

Botanikkens og biologiens historie

Halvor Aarnes

“..., at Mennesket nedstammer fra en eller anden mindre højt organiseret Form. Den Grundvold, paa hvilken denne Slutning er bygget, vil aldri blive rokket,..... “Det er utroligt, at alle disse Kendsgerninger ikke skulde tale Sandhedens Sprog”

Charles Darwin: *Menneskets afstamning og parringsvalget*. 2. Udgave Gyldendalske boghandel. Nordisk forlag. 1909

Innholdsfortegnelse

Land- og hagebruk - grunnlaget for vår sivilisasjon.....	3
Grekerne i antikkens Hellas la grunnlaget for vestlig vitenskap	6
Astronomi og verdensbilde	11
Skapelsesmyter	16
Gresk-romersk kultur og vitenskap.....	20
Renessansen - ny interesse for den antikke tradisjon	26
Akademier, planteanatomi og tidsskrifter	29
Linné skapte det latinske tonavnsystem.....	32
Frankrike og biologi.....	35
Zoologi, anatomi og fysiologi.....	37
Reiser, handel, krydder og innsamling av planter.....	46
Botanisk hager.....	53
Liv oppstår ikke spontant	56
Mikrobiologi og virus	58
Darwin og evolusjonsbiologi.....	63
Evolusjonslæren i Norge.....	78
De første plantefysiologer.....	82
Celle teori, celler og organeller	89
Osmose.....	90
Enzymer og nitrogenforbindelser.....	91
Kjemi og plantefysiologi	91
Vekststoffer og plantehormoner.....	95
Cellekulturer	96
Biokjemiens oppblomstring.....	97
Genetikks historie	100
Hva går i arv ?.....	102
Artsdannelse og evolusjon.....	104
Biometri, statistikk og neodarwinisme.....	106
Atferdsbiologi og sosiobiologi.....	109
Den nye tid - genenes tidsalder	118
PCR - polymerase kjedereaksjon - biologenes kjernereaksjon.....	120
Fysikk som forutsetning for biologiens utvikling	121
Filosofi, samfunn, religion og biologi.....	131
Biologiske ressurser og global økonomi.....	154
Miljøbevegelse og økologi	155
Naturvitenskapens framtid	158

Biologi i Danmark-Norge	170
Plantefysiologien i Norge	175
Zoologi og medisin	178

Land- og hagebruk - grunnlaget for vår sivilisasjon

Vitenskap er et resultat av menneskelig nysgjerrighet. Overføringen av den første erfaringskunnskapen skjedde muntlig. Seinere overtok skriftmediet. Leire og stein ble brukt som skriveplater i Babylonia og Mesopotamia, hieroglyfer i Egypt og runer i norden, skrifttegn hamret ut med "meisel" og "hammer", et språk av piktogrammer og fonetiske tegn. Helleristninger fra steinalder og bronsealder er bergkunst med religiøst tilsnitt som viser dyr, jaktscener, båter, soltegn og andre geometriske symboler, og vitner om jakt- og reiseskildringer. Det ble en overgang fra piktogrammer til lydskrift. Kileskriften fra Assyria og Babylonia var en hieroglyfskrift. Sivrer med flat spiss og blekk ble brukt til skrijving på potteskår. Papyrus ga egypterne et mer velegnet skrivemedium som kunne rulles sammen. Dette ble seinere utkonkurrert av pergament (e. Pergamon), tørket og rensset dyreskinn fra sau, kalv, gris eller esel. En hieroglyf tilsvarer en til tre bokstaver og man brukte symboler fra naturen i Egypt: Ibis, ugle, vaktel, hare, falk, bie, skarabé, okse, fisk, slange, hare, katt, lotus og blomstrende siv. Den egyptiske guden Anubis hadde sjakalhode og menneskekropp. Den minoiske kultur på Kreta med prestekongen Minos som hersket over Knossos var en avansert kultur 2200-1400 f.kr. Det ble brukt tegn presset inn i myke leirtavler med en spiss gjenstand, med skriften linear A og B som var utviklet fra hieroglyfene. Den eldste skriften linear A er det funnet rester på Knossos, Mallia og Faistos. Kineserne brukte remser av bambus og oppfant papiret i ca. år 105 e.kr. Innerbarken til morbærtreet ble knust i væske til en fiberblanding som deretter ble tørket til papir. Papir ble også laget av palmeblad, bjørkenever, lin og hamp. Via arameisk og gammelgresk utviklet det seg en rekke skriftspråk som kunne brukes til å overføre kunnskap og viten fra en generasjon til den neste: hebraisk, arameisk, indisk, arabisk, gammelsyrisk, semittisk, gresk, etruskisk, italisk, latinsk, kyrillisk, og gotisk. Talespråket ble overført til skrift. Fra Fønikia (kysten Egypt til Israel/Libanon) 800 f.kr. stammer et skriftspråk med bokstaver som fonetiske tegn basert på uttale og dette alfabetet kunne brukes til å skrive alle ord. Fønikia (gr. *foinos* – rød) har fått navn etter den rødfiolette purpurfargen fra purpursnegl. Kjente Fønikiske byer var Sidon, Tyros og Byblos, og Karthago var en fønikisk koloni. Konsonantinskrift med fønikisk opphav i Byblos ga det greske navnet på bøker, biblia. Den sumeriske kileskriften trykket inn med kiler som ga rette linjer ble mindre brukt etter at Ninive falt i 612 f.kr. med resulterende nedgang i det assyriske rike og oppgang i det babylonske. Kileskrift ble brukt i undervisningen i astronomi i Uruk i Mesopotomia i Sør-Irak. Det episke heltesagnet om heltekongen Gilgamesj fra Uruk med opprinnelse fra sumerisk, assyrisk og babylonsk stammer fra 200 f.kr. Assyrerkongen Assurbanipal (669-630 f.kr.) hadde et stort bibliotek med kileskrifttavler.

De første menneskelige sivilisasjoner i paleolittisk tid drev jakt, fiske og samlet spiselige ville planter og insekter. Nomader levde i små familiegrupper med en arbeidsdeling mellom kvinner og menn. Mennene var hovedansvarlig for jakt, mens

menn og kvinner samlet frukt, bær, rotknoller med høyt innhold av karbohydrater, og kvinner sørget for barnepass og matdeling. De første mennesker brukte redskaper, utarbeidet jaktstrategier og delte informasjon via talespråk. Matlisten inneholdt insekter, pattedyr, fugl, krypdyr, amfibier og fisk, med mye protein og fett. I yngre steinalder (neolittisk) ble folk fastboende. Fra den neolittiske tid kom bronsealderen ca. 3500 f.kr. i midtøsten og ca. 2000 f.kr. i Europa. Det var kjent at oppvarming av mineraler med trekull kunne gi kobber, og i forbedret utgave som bronse.

Gruvedrift og metallurgi ga metaller til våpen og redskap. Fyrsetting gjorde at fjellet sprakk og gruvesteinen kunne heises opp med paternosterverk. Kobber og gull smelter ved henholdsvis 1083 °C og 1064 °C, men jern smelter først ved 1539 °C og krever en masovn med blåsebelg. Blåsebelgen gir høyere temperatur, og fra seige jernklumper ble slagget fjernet med hammer. Jern smelter ikke over ild, men kan bli rødglødende og hamres og bearbeides til redskaper, og slik at det meste av slagget ble fjernet. Jern med høy karboninnhold smelter først, men høy karboninnhold gjør at jernet ikke kan smis. Råjern inneholder mer karbon enn støpejern. Det var handel med kobber og tinn, en forutsetning for å lage legering av bronse. Håndverkere og handelsmenn sammensluttet i laug hindret konkurranse utenfra. I Kina ble ulven temmet til jaktbruk, og kunnskaper om dette spredde seg vestover.

Bruk av ild ga mulighet for steking og koking som gjorde maten mer lettfordøyelig, og ga mindre giftstoffer fra plantekosten. Ild kunne brukes til å skremme ville dyr, og til rydding av dyrkningsjord. Det skjedde en utvikling fra samlere- og jegersamfunn til land- og husdyrbruk. De første og eldste sivilisasjoner med økende befolkning ble raskt avhengig av jordbruk som ga stabil overføring av kunnskap. Utvikling av landbruk som har en 10.000 årig historie skjedde langs store elver som var viktige transportveier. Indus og Ganges i India, Nilen i Egypt, Yangze og den gule flod (Hwangho) i Kina og Eufrat og Tigris i Mesopotamia. Elvene ga næringsrikt slam og vann til irrigasjon i et tørt klima. Ørken kunne bli fruktbar hvis den fikk nok vann. Elveslettene ga muligheter for utvikling sivilisasjoner. Domestisering av kveg, gris, sau, geit ga tilgang på kjøtt og melkeprodukter, hunden ble brukt til jakt, og hesten, okse og kamel til transport eller trekraft. Hesten ble i førstningen brukt til å ri, men første de siste 1000 år gjorde forbedret seletøy, hvor trekket ble flyttet fra nakken til sidene på dyret, at hesten mange steder etter hvert utkonkurrerte oxen som trekkdyr. Stigbøylen gjorde at hesten kunne brukes i krigføring. Husdyrhold kombinert med åkerbruk ga naturlig gjødsel. Kyrne kunne beite på jordene som var høstet. Selv om man ikke kjente til at erter og bønner kunne binde luftas nitrogen, så hadde erfaringskunnskap vist at jorden ble forbedret ved at erterplanter inngikk i vertsskifte. Jorden kunne også ligge brakk. I pottemakerverksteder med brennovn ble det laget leirkrukker, også med kunstneriske dekorasjoner. Det var fruktbarhets- og offerkulturer. Lur, harpe, trompeter og trommer kunne gi musikk ved seremoniene. Knust bark ble brukt til garving av lær. Loddrett vev hvor kjedetrådene henger rett ned fra rennebommen ble erstattet med horisontal vev. Vanddrevne sagbruk og kornmøller ble tatt i bruk fra 1200-tallet, med vannhjul med skovler og rennende vann som energikilde. Det ble bygget dammer for å kunne regulere vanntilførselen, og for å sikre høyt nok fall på vannet. I samme perioden kom det vindmøller i det flate landskapet i Europa. Vinden blåser fra forskjellig retning, og vindmøllene ble laget slik at de kunne dreie omkring en sentral akse. Kamakselen var en viktig oppfinnelse for fram- og tilbakedrift. Kamaksel ga løftekraft slik at vanddrevet knusing av stein ble mulig. Vann via vannhjul og vind via vindmøller kunne utføre det arbeid som tidligere

ble gjort av dyr eller slaver. Det ble laget kunsthåndverk i elfenben, gull, sølv, jade, bronse og kobber, og tekstiler ble i vevstoler. Paleolittisk kunst (eldre steinalder) er kjent fra huler i Lascaux (Frankrike), Altamira (Spania) og Coa (Portugal).

Etter år 1000 økte befolkningen i byer som Venezia, Genova, Firenze og Paris, og markedsplassene blir viktig for handel i byene. Håndverkere ble sammensluttet i laug for å kunne beskytte sine interesser. Handel krevde mynt og penger. Klostre i byene ble lærdomssentre, og det ble behov for leger, apotekere, lærere og prester. Mekaniske nyvinninger gjorde det mulig å lage maskiner. Sol- og vannur ble etterfulgt av mekanisk ur med hjul og skiver som etterlignet solens gang. Kina var den delen av verden som var mest teknologisk utviklet med kunnskaper om papir, krutt, silke, kompass og metaller. Krutt og skyting av metallkuler gjorde at bymurer ikke lenger ga nok beskyttelse av innbyggerne. Gjennomsiktige stoffer førte fram til briller på 1200-tallet som gjorde at man kunne lese bøker selv om man var gammel.

Plantene er grunnlaget for vår sivilisasjon, og gir mat, husly, brensel, klær og medisiner. Livsnødvendig kunnskap om plantene har fulgt menneskets utvikling. Nomadene samlet planter der de fant dem. Feil ved identifisering av spiselige eller giftige planter kunne få fatale konsekvenser. I Mesopotamia var ettårige gras med spiselige frø forløperne for bygg og hvete, kornslag som sammen med rug og havre ble spredd fra Asia til Europa. Frø ble samlet og sådd ut igjen. Menneskene plukket ut planter som beholdt kornene i akset under modningen og som hadde de beste høytvarende egenskapene og lot dem sette frø. Fra disse ble de beste valgt ut, og ble tilfeldig krysset med en annen god art. Dette ga litt større frukt, litt bedre smak, og gjennom århundrene ble de utvalgte sortene bedre og ga større avling. Kornet ble skjært med sigd og tresket med slåing av treskestav. Treskingen kunne også skje ved at dyr trampet på kornet for å skille agner og korn. Grus fra maling av kornet kunne gi stor slitasje på tennene. Maten ble lagret i spesielle kornkammere.

Kokosnøtter, taro og yamsrot ble spredd fra SØ-Asia til Afrika, og fra Latin-Amerika fikk Afrika kassava /maniok og søtpoteter. Bruken av mais, squash, bønner, peanøtter, poteter og tomater dyrket i åkerbruk på terrasser spredde seg fra indianerne i Mellom-Amerika til andre deler av verden. Bønner var en viktig proteinkilde, og europeerne brakte med seg bønner fra den nye verden til den gamle verden og Europa. Soyabønner og appelsiner var arter som kom fra Kina. Kolumbus hadde med seg mais tilbake til Spania. Pizarro hadde tatt med potetplanten til Europa i ca. 1570. Den franske agronomen **Antoine August Parmentier** (1737-1813) arbeidet med å innføre potet som mat i øvre samfunnslag i Frankrike, etter å ha sittet som krigsfange i Tyskland etter 7-årskrigen. Potetprester i Norge var **Peder Harboe Hertzberg** (1728-1802) og **Hans Carsten Atche** (1708-1771). Araberne tok med seg ris til Europa, og risdyrkingen ble mest populær i S-Amerika. Dyrking av sukkerrør og bananer kjente man til i India, og banandyrkingen spredde seg til Afrika og Latin-Amerika. Aleksander den stores verdensrike, arabernes handelsreiser, og reisene til Columbus, Vasco da Gama, Cabral ga spredning av planter over det meste av verden. Omtrent alle matplantene vi benytter i dag, var også med i det opprinnelige landbruket, men som mindre høytvarende sorter. Inntil det forrige århundre hadde man kornsorter som hadde lange stengler, og det meste av solenergien og biomassen gikk til strå (halm) og ikke korn. I områder med kald vinter krever husdyrbruk at man har vinterfôr av gras.

Landbruket har en erfaringsmessig og praktisk styrke som hindrer det fra forfall

gjennom skiftende historiske perioder. Matrikkel (l. *matricula*) var et register over landeiendommer som basis for innkreving av fiskalskatt til konge, adel eller kirke. Skatten kunne være i form av naturalier (species) som korn, smør eller fisk. Skyldmål var verdien av avkastningen av jorda. Hartkorn (likt og ulikt) ble brukt om hardt korn som bygg og rug innbetalt som skatt. Forpaktere måtte betale avgift til jordeier.

I
Kina har det vært drevet landbruk i over 5000 år. Selv om historiefortellingene fra den tid er fragmentariske antar man at den kinesiske keiser **Shen Nung**, født 2737 år f. kr., oppfant en plog dratt av trekkdyr. Det var sermonier for såing og høsting av ris, hirse og sorghum (dhurra). Nung skrev en bok om bruk av medisinplanter, gjengitt i den kinesiske farmakopéen *Pen-ts'ao*, publisert i det 17-århundre i 40 bind. Kineserne kjente til bruken av opium fra opiumsvalmuen for å kurere smerte. Opiumskapsler finnes gjengitt på Sumeriske tegninger fra år 2500 f.kr. Efedrin ble brukt til å kurere astma. Marihuana fra hamp ble brukt til anestesi. Under Han dynastiet i Kina fra ca. 206 f.kr. - 220 e.kr. ble prydhager vanlig. Silkespinner som blir brukt til å lage natursilke kan ikke leve uten bladene fra morbærtreet, et tre som også gir spiselig frukt. Allerede 3000 f.kr. drev Sumererne jordbruk. En oversikt over urter brukt som medisiner finnes i Hammurabis skrifter, leirtavler laget av kongen av Babylon. **Hammurabi** (1730-1688 f.kr) bygget vanningsanlegg og vannkanaler til jordbruket i Babylonia. Vannet fra elvene ble ført i kanaler utover marker og åkerlapper. Ifølge legender var det dronning Semiramis som fikk anlagt hageterassene "De hengende hager i Babylon". *Papyrus Ebers* fra Egypt 1500 f.kr., funnet av egyptologen **Georg Ebers**, inneholdt mange medisinoppskrifter basert på urter. I Egypt ble det dyrket primitive former av bygg og hvete allerede 5000 år f.kr. På den tiden var det grassletter og skog i N-Afrika. Flommen i Nilen steg tidlig i juli, og i oktober trakk den seg tilbake og etterlot seg næringsrikt slam. Diker og sluser holdt kontroll med vannet i vanningsgrøfter. Det skjedde forbedringer i landbruket. På tørr og lett jord var bare enkel overflatepløying med en lett plog nødvendig. På dyp og fuktig jord som er tung og vende var det nødvendig med større plog og mer trekraft fra flere trekkdyr. Et hjul sørget for å holde dybden på plogskjæret. En tung plog er verre å snu, og jordene ble lengre. Pløying skjedde med okser i plogspann trekkdyr, vannbøffel ble brukt på rismarker i Asia. En type lett plog var en trestokk med håndtak, og med et plogskjær av et hardt tre f.eks. eik. Planter som ble dyrket var fiken, vindruer, dadler, oliven, sesam, erter, løk, salat, melon, agurk og lin. På greske amforer fra 500 f.kr. kan vi se avbildninger av høsting av oliven. Jorden lå i hvile hvert annet år for å hindre utpining. Svedjebruk ved å svi av skog og vegetasjon blottla jord som det kunne dyrkes i.¹

Grekerne i antikkens Hellas la grunnlaget for vestlig vitenskap

Biologi er vitenskapen om organismene, men ordet biologi ble først tatt i bruk på begynnelsen av 1800-tallet, sannsynligvis først av **Gottfried Reinhold Treviranus**

¹Harris, M.: Seed to Civilization: The Story of Man's Food. Freeman 1973.

(1776-1837) i boka *Biologie oder Philosophie der Lebended Natur*. I 1802 mente Treviranus at mer avanserte organismer ble dannet ved gradvis utvikling fra enklere. De opprinnelige grunnleggerene av faget biologi holdt til i Hellas, og hadde evnen til å koble vitenskap og filosofi. Ordet botanikk kommer fra det greske ordet *botanikos* eller *botane* som betyr plante eller urt, og *boskein* som betyr å spise. Egeerhavskulturen fra før år 1000 f.kr. bestod av kultursamfunn med sentrum bl.a. i Knossos, Faistos og Malia på Kreta, og Mykéne på Peloponnes. I dronningens palass i Knossos var det freskomalerier av blomster og dyr, bl.a. delfiner, og det berømte smykket med to veps på et bær er fra 1500 f.kr. Bystatene Aten satset ca. 600 f.kr. på et eksportjordbruk med vin og olivenolje, og import av korn. Småbøndene fikk etter kamp mot godseierene eiendomsrett til jorda. Ved Middelhavet vokste oliventrær og man kjente til vegetativ formering av trærne. Dadler fra daddelpalmen var næringsrike og lette å spise. Enkjønnete daddelpalmer trives i det varme klimaet, og ett hanntrær kan pollinere mange hunntrær, dette var kjent av Sumererne. Etter perserkrigene hadde Aten sin storhetstid under ledelse av Perikles fra 450 f.kr. Gresk filosofi hadde sitt arnested i joniske byer i Lilleasia, og naturfilosofene forsøkte å finne grunnprinsippene og en fornuftig forklaring på fenomener man observerte i naturen. Det ble stilt spørsmål om tidligere oppfatninger. Naturfilosofen **Thales** fra Miletos (639-544 f.kr.), grunnleggeren av jonisk naturfilosofi, mente at liv oppstod i urstoffet vann og at "vann er alle tings opphav", inkludert luft. På den tiden trodde man at alt stoff kunne omdannes til vann. Man søkte etter opprinnelse, fornuft og orden i naturen (gr. *logos* - fornuft, redskap, lære). Filosofi betyr å elske visdom. I vår tid betyr filosofi hvordan forstå og leve, og omfatter logikk (definisjoner, bevis, bevisresonnement), epistemologi, etikk (godt-ondt, rett-galt), metafysikk (gud, eksistens) og estetikk (kunst, språk).

Anaximander (611-547 f.kr.), elev av Thales, hevdet at livet bestod av luft, jord og et eterisk og evig stoff *apeiron*. Ifølge Anaximander var jorden tyngst, og i sentrum av verden. Vannet dekket jorden omgitt av et lag av tåke. Ilden var lettest og lå på utsiden av verden. Stjernene på himmelen trodde Anaximander var resultat av hull i rør som ilden fløt på utsiden av, og sol og måne var laget av ild. Troen var at livet kunne oppstå spontant ved omvandling. Anaximander trodde at slam kunne utvikle seg til enklere organismer og videre til høyere former for liv. Ilden kunne virke på søle og gi tørt land og tåke. Sola varmet opp søle og ga opprinnelsen til fiskene, de første organismene på jorda. Menneskene var først som fisk, som deretter gikk opp på land. **Anaksagoras** (500-428 f.kr.) fra Klazomenae mente at frøet var det første prinsipp, og at verden var spirer som ble ordnet fra et kaos. Alle ting inneholdt en del av alt, bortsett fra sinnet som var rent. Maten inneholdt frø som ga opphav til delene av kroppen, mente Anaksagoras. Evolusjonstanken dukket opp med jevne mellomrom. **Xenophanes** (576-490 f.kr.) fra Kolophon, elev av **Pythagoras** (570-500 f.kr) fra Samos, studerte fossiler, rester av tidligere arter og ble en representant for panteisme, dvs. Gud er i alle ting i naturen. Eller at alt i naturen har sjel (animisme), og sjelen er uforgjengelig. Ifølge Xenophanes kom alt fra vann og jord, og fossilene viste at jorda hadde vært dekket av slam. Pytagoreerne mente at tall og tallforhold var det innerste og fundamentale i alt vesen i universet, og de trodde på sjelens udødelighet. Pytagoreerne oppdaget de irrasjonelle tall, f.eks. i et kvadrat med side 1 meter blir diagonalens lengde lik kvadratrotten av 2. De oppdaget pi (π) som forholdstall mellom lengden av omkretsen i en sirkel og diameteren. "Alt er tall", sa Pythagoras. Oppbygning ifølge det gyldne snitt ble funnet i geometriske figurer og arkitektur.

Sjelen kunne reinkarneres som dyr. Noen naturfolk mente at himmelen var en kuppel over den flate jord som flyter på vannet. Pythagoras mente at det var åtte himler i kosmos som gjennomsiktige skall for sol, måne, og vandrestjerner som Merkur, Mars, Jupiter, Saturn og fiksstjerner. Det var fast forhold mellom tonene i en oktav, som kunne gi en himmelsk musikk og harmoni. **Alkmaeon** fra Kroton (500 f.kr.) var elev av Pythagoras, og mente at sjelen var udødelig. Han utførte disseksjoner, og mente at mennesket forstod verden, mens dyr bare kunne se verden. Helse var en balanse mellom fuktighet og tørt, og mellom kaldt og varmt. **Anaximenes** (570-500 f.kr.) mente at luft og tåke var de primære urstoffene. Luft kunne trekke seg sammen og gi regn. Lufta var i bevegelse, alt utviklet seg fra dette, og ingen forandring skjedde uten bevegelse. **Heraklit** (556-460 f.kr.) fra Efesos, "Den dunkle", mente at ild var den fundamentale enhet i alt. Ilden fortærte og ga liv. *Panta rhei* - alt flyter, sa Heraklit, og verden var en flytende elv. Ild var koblet til liv og helse, og vann til død og nedgang. "Det er død for sjelen å bli til vann". **Empedokles** fra Agrigentum på Sicilia (494-434 f.kr.) hevdet at verden besto av de 4 elementene vann, luft, ild og jord. Universet svingte mellom skapelse og destruksjon, drevet av tiltrekning og frastøting. Han var inne på tanker om evolusjon, og barnet var et produkt fra faren. Empedokles mente at først kom plantene og deretter ble dyrene utviklet fra knopper i plantene. Bare de som får avkom gir etterkommere. Empedokles mente at plantene kom fra slam etter at jorden ble laget, og seinere ble det laget ufullkomne dyr. Først ble det laget legemsdeler som hals, hode og øyne. Det ble derfor mulig å få oksehode på en løvekropp, men slike dyr døde ut. Blodet var som tidevann og drev luft ut og inn av kroppen. Empedokles så betydningen av eksperimenter, og hadde både Pythagoras og **Parmenides** (515-445 f.kr.) som forbilder. Peleoponneserkrigen som startet i 431 f.kr. skulle etter hvert vise seg å være ødeleggende både for Aten og Sparta. **Demokrit** (470-380 f.kr.) fra Abera i Thrakia formulerte den første atomteori, universet var laget av atomer og atomene (gr. *atomos* - udelelig) var kompakte, uendelige og usynlige, og han var inspirert av **Leucippus** ca. 440 f.kr.. Demokrit mente at egenskapene til tingene var et resultat av våre sanser. All sansing av objekter var ordning av atomer som kunne variere i form og størrelse. Smak, farge og lukt var ikke i gjenstandene, men de var effekter av gjenstandene på våre sanseorganer. Sjeleatomene som var konsentrert i sjelen kunne unnsnippe kroppen. Dyrene ble delt inn i blodløse (dagens invertebrater) og de med blod (vertebrater). Både Demokrit og Epikur fikk etter renessansen rett i antakelsen om at all materie er satt sammen av atomer. Demokrits atomteori var et steg på veien til **Johan Daltons** (1766-1844) atomteori. Demokrit levde samtidig med **Hippokrates** (460-361 f.kr.). Hippokrates satte pasienten i sentrum i stedet for sykdommen. Det var 4 kroppsvæsker i kroppen: Svart galle som var avføring og koagulert blod assosiert til melankoli; rødt blod assosiert med sorgløshet og forventninger; gul galle fra galleblæren ble koblet til hissighet og ilterhet; og flegma var slim og koblet til selvbeherskelse. Ubalanse i kroppsvæskene førte til sykdom, og ved likevekt var man frisk. Hippokrates anla en skole for legekunst på den greske øya Kos. Hippokrates kjente til sykdommen kreft, som han kalte cancer, kan dannes i alle typer kroppsvev. **Arkimedes** (287-212 f.kr.) fra Syrakus studerte oppdrift av legemer i vann (Arkimedes lov). Arkimedes var kjent for sitater som: "Gi meg et fast punkt utenfor jordkloden, og jeg skal flytte jorden!"; "Heureka"; og "Trå ikke mine sirkler". Arkimedes konstruertetaljer, trinser, vektstenger, vannskruer og et odometer til å måle avstand. Arkimedes roterende skrue ble brukt til å løfte vann fra et reservoir til et

høyereleggende område. **Epikur** fra Samos (341-270 f.kr.) mente, påvirket av Demokrit og hans atomlære, at mennesket var en opphopning av atomer og alt ville bli oppløst ved døden. Det var ikke noe liv etter dette, verken for kropp eller sjel, og det var ingen grunn til frykt for gudene, ifølge epikurerne. Dette i motsetning til stoikerne, inspirert av filosofen **Zenon** fra Kition (335-264 f.kr.), som mente at mennesket var styrt av en gudommelig makt, fornuften. Begjær, redsel, sorg og sinne virker forstyrrende på den fullkomne indre ro og må kontrolleres av fornuft og intellekt. Zenon priste egenskapene utholdenhet og sparsommelighet. Zenon underviste i *Stoa poikile* i Aten. En stoa som var en søylegang med tak. Må ikke forveksles med **Zenon** fra Elea (490-430 f.kr.), elev av Parmenides, som er kjent for sine paradokser, resonnmenter og argumentasjonsrekker som kunne ende i selvmotisigelser, bl.a. Akhillevs og skilpadda. Epikurererne mente at etikkens mål var nytelse og at et godt liv ga mental ro, altså hedonisme (gr. *hedone* - nytelse).

Sofistene kritiserte tidligere moralske og religiøse betraktninger, og fremmet veltalenhet, retorikk, spissfindig argumentasjon og ordkløyveri. Sofistene drev undervisning og mente at moral og religion var noe som bare var skapt av menneskene og derved ikke var allmenngyldig. **Sokrates** (469-399 f.kr.) var uenig med sofistene og mente moral var en objektiv sannhet. Det ble ført diskusjon og samtale på agoraen i Aten, og ifølge Sokrates var mennesket i sentrum (gr. *antropos* - menneske). Han ble beskyldt for å være sofist og med sin ironi skaffet han seg flere fiender. Sokrates ble anklaget for å korrumpere ungdommen i Aten, fornekte gamle guder og innføre nye, og som straff ble han dømt til døden ved å drikke et giftbeger med skarntyde. Sokrates hjalp andre til å tenke, og han hadde stor innvirkning på **Platon** (427 - 347 f.kr.). Platon mente at våre sanser ikke kunne gi noe klart og sant bilde av hvordan tingene virkelig er. Det er bare idéverden som viste tingenes sanne vesen, og vi har bare et gjenskinn av den i oss. Det er to verdener, og vår er en illusjon og ufullstendig kopi av den virkelige usynlige verden, mente Platon. Ifølge Platon var det bare to måter å finne sannhet, via logos (vitenskap, fornuft, viten) og mythos. Både Platon og Sokrates var opptatt av moralfilosofi. Velkjent er Platons dialoger, og *Timaeus* (kosmologisk verk med skapelsesmyter), *Faedo* og *Apologin* om henholdsvis Sokrates død og forsvarstaler, *Protagoras* om dyden, og *Symposium* om kjærlighet, samt *Staten*. Ifølge hulelignelsen i *Staten* sitter vi en mørk hule og ser skyggebilder av den virkelige verden. I *Timaeus* fortalte Platon at verden var laget av en demiurg (gr. *demiurogos* – arbeide for folket). Ifølge Platon skulle vi ha minner om en føreksistensiell tilværelse (gr. *anamnesis* – hukommelse).

Platons fire kardinaldyder var visdom (*prudentia*), rettferdighet (*justitia*), mot (*fortitudo*), og måtehold (*temperantia*). Gregor den store utvidet disse med i tillegg tro (*fides*), håp (*spes*) og kjærlighet (*caritas*).

Aristoteles (384-322 f.kr.), født i Stagira i Makedonia, hadde sitt virke på Platons skole - Akademiet i Aten, med navn fra det greske *akademeia*. Akademiet var en lærdomsskole for retorikk, filosofi og naturvitenskap, og var seinere utgangspunkt for universitetene i det romerske verdensriket. Aristoteles var antikkens mest betydningsfulle naturforsker med kunnskaper i biologi, legevitsenskap, logikk og etikk. Hans teorier og observasjoner virket så fullkomne at ingen våget å utfordre dem, og de fikk derved en autoritet som varte helt fram til renessansen. I stedet for å telle hvor mange tenner en hest hadde, så gikk man til Aristoteles skrifter for å se hva han hadde sagt. Ironisk nok har vi ikke et ord etter Aristoteles, men han anses allikevel for å være en av tidenes største biologer. Oversettelser bl.a. til arabisk har gjort fragmentene av

hans skrifter overførbare til vår tid. Aristoteles forsøkte å lage en teori om at alle levende organismer, -livsformer, var ordnet i en hierarkisk livstrapp- *Scala Naturae*, med gradvis overgang fra ikkelevende til levende, en utviklingshypotese fra det ufullkomne til det fullkomne, - fra planteriket til dyreriket og på toppen: mennesket med en rasjonell sjel. Han tilla plantene vegetativ sjel, noe som kunne forklare det ukjente. Ifølge Aristoteles i *De anima* (Om sjelen) var sjelen form og essens i alt levende, og forskjellig fra kroppen. På samme måte som Demokrit delte Aristoteles dyrene inn i dem som hadde blod og de som ikke hadde. Fugl og krypdyr, som la egg, var varme og tørre, men dyr med avkommet innvendig i moren var varme og fuktige, og amfibiene var kalde. Jord og vann var kaldt; jord og ild var tørt; ild og luft var varmt; og luft, tåke og vann var fuktig. "Vermin", fluer og mygg ble skapt spontant. Hannen var mest fullstendig og hunnen var bare en deformert hann. Når man gjorde disseksjoner var ikke funksjonen selvsagt ut fra strukturen. Aristoteles mente at hjernen kjølte ned blodet, og fjernet varmen som kom fra hjertet. Hjertet var stedet for sjel og intellekt. "Naturen gjør ikke noe uten hensikt", ifølge Aristoteles. Teleologi/teleonomy vil si at noe skjer med et bestemt formål eller hensikt. Naturkunnskap ble intimt koblet sammen med filosofi, og sammenhengen mellom observasjon og teori ga grunnlaget for den vitenskapelige metode. Da **Platon** døde i 347 f.kr. dro Aristoteles på flere studiereiser langs Middelhavets kyster. Seinere returnerte han til Aten hvor han grunnla den første botaniske hagen vi kjenner til. Aristoteles mente at plantene fikk all sin næring tilberedt ut fra jorda via røttene. "Derfor gir de ingen ekskrementer fra seg, fordi jorden og den varme som er i den tjener dem som mage. "Moder jord", et begrep som har holdt seg opp til vår tid. Røttene tilsvarte munnen hos dyrene, mente Aristoteles. Plantene ble oppfattet som dyr som stod på hodet, og røttene var et mellomledd mellom planten og næringen i jorda. Alle dyr behøver to deler, en hvor de kan ta opp næring, og en hvor de kan føre ut ekskrementer. "Fordi uten næring kan de verken eksitere eller vokse. Men plantene har ingen steder for den unyttige rest. Fordi av jorden tar de næringen tilberedt og avsetter i stedet for den frø og frukter." Aristoteles mente altså at siden det ikke var noen ekskrementer fra plantene kunne ikke næringen bli omdannet i plantene. Det måtte skje i jorden, plantenes mage. "Fostrene betjener seg av livmoren liksom plantene av jorda". Ernæringsteorien til Aristoteles ble beholdt i lang tid. Linné skriver i *Philosophia botanica* 1751: "Plantarum ventriculus est terra - jorden er plantenes mage".

Aristoteles etterfølger var **Theophrastus** (371-286 f.kr.) fra Eresus som overtok den botaniske hagen, den peripatetiske skole (gr. *peripatos* - søylegang, vandregang) i Lykeion og biblioteket. Theophrastus, som opprinnelig kom fra Lesbos, hadde en rekke elever bl.a. **Eudemos** (350-300 f.kr.) fra Rhodos. Theophrastus skrev mer enn 200 bøker, hvorav to botaniske verker har blitt overlevert til vår tid *Historia plantarum* (*Plantenes historie*) - 9 bøker, og *De causis plantarum* (*Om plantenes årsaker*) - 6 bøker. Theophrastus la grunnlaget for faget botanikk og innførte en botanisk terminologi. Botaniske studier omfattet morfologi og geografisk botanikk. Det fantes kunnskap om vegetativ formering av trær, busker og urter fra frø, rotknoller, avleggere, samt ved poding. Det ble gjort studier av vekst og reproduksjon, vær, jord og plantesykdommer. En egen yrkesgruppe, kalt rhizotomer, hadde til oppgave å samle inn røtter og planter til medisinsk bruk. Theophrastus innførte inndeling i enfrøbladete og tofrøbladete planter, og han brukte begrepene *perikarp* om fruktvegg og *metra* om sentrum i en stamme. Myrra og røkelse kunne samles inn etter snitt i barken på utvalgte busker. På den tiden skjønte man at høyere planter kom fra frø,

men lavere planter trodde man oppstod spontant ved omvandling. Generelt trodde de greske filosofene på abiogenese - at alle levende organismer ble utviklet fra ikkelevende stoff.

Astronomi og verdensbilde

Astronomi har gitt mennesket en plass i kosmos. Livet på jorda er avhengig av sola, og årstidene påvirker organismene. **Aristarkhos** (310-230 f.kr.) fra Samos var den første som hadde en idé om et heliosentrisk verdensbilde med sola i sentrum, og slik kunne han forklare årstidene. Aristarkhos gjorde beregninger av avstanden fra jorda til sola og månen. I motsetning til den geosentriske modell som plasserte sola, månen, plantene og stjernene i roterende baner med jorda i sentrum. Grekerne kjente til planetene Merkur, Venus, Mars, Jupiter og Saturn, som sterkt lysende objekter på natthimmelen. Sol, måne og planetene kommer på østhimmelen og forsvinner i vest. Noen av planetene bryter med dette mønsteret og går en periode baklengs (retrograd).

Eratosthenes (275-194 f.kr.), leder av biblioteket i Alexandria, forsøkte å måle jordas omkrets. Eratosthenes observerte at ved høst- og vårjevndøgn stod sola rett opp når han var ved Syene, den øvre Nilen (vendesirkelen). Ved sommersolverv skinte sola rett ned i en brønn i Syene, nær dagens Aswan, men i Alexandria var vinkelen til sola 7.2° ved samme tidspunkt, som han målte som skyggen til en obelisk. Forskjell i breddegrad er lik vinkelskyggen. Dette tilsvarte ca. $1/50$ del av 360° ($360/7.2$) og ut fra avstanden mellom Alexandria og Syene (=5000 stadion) kunne han regne ut omkretsen av jorda ganske nøyaktig.

Hipparkhos (190-125 f.kr.) av Nikea gjorde nøyaktige målinger av månebanen. Han laget en stjernekatolog med 800 stjerner inndelt etter forskjellig lysstyrke, og innførte lengde- og breddegrader for å kunne måle geografisk lengde. Til sjøs ble loggline brukt til å beregne hastighet. Med Jakobsstav, astrolabium eller kvadrant kunne man måle vinkelen til sol eller stjerner og således beregne breddegrad. Lengdegraden var vanskeligere å beregne. Triangulering ble en viktig målemetode. Det var Ptolemaios som sørget for at Hipparkhos oppdagelser ble bevart for ettertiden.

Klaudios Ptolemaios plasserte, i sin *Almagest* (*Syntaxis Mathematica - Den matematiske sammenheng*) fra 140 e.kr., jorden feilaktig i sentrum, men han ga en oversikt over oldtidens astronomi. Ptolemaios utnyttet grekernes geometri til å beskrive planetbevegelser, og han oppdaget eveksjonen. I det ptolemeiske system ble planetene plassert i små sirkler (episykler), sirkler inne i sirkler. *Almagest* ble en viktig lærebok i astronomi i flere hundre år. Aristoteles mente at universet var kuleformet med jorda i sentrum. **Georg Peurbach** (1423-1461) var astronom i Wien som gjorde beregninger av formørkelser, eklipser, i *Tabulae eclipsium*, og kunne forutsi en måneformørkelse i 1457, observerte Halleys komet i 1456. I *Theoricae Novae Planetarum* (1454) (Ny teori om planetene) tok Peurbach for seg deler i en epitome, sammendrag, av *Almagest* og forsøkte å forbedre det ptolemeiske system. Peurbach betraktene planetene som krystallinske kuler og laget en episykelteori med bevegelser av planetene kontrollert av sola. Peurbach skrev også en bok i regning, *Algorismus*, og samarbeidet med sin elev **Johann Müller Regiomontanus** (1436-1476) om verket *Epitome in ptolemaei almagestum* (1462).

Peter Apian (1495-1540) viste i et tresnitt i *Practica* (1531) at komethalen fra Halleys komet peker vekk fra sola. Dette var en oppdagelse som også ble gjort av Fracastoro og Regiomontanus. Apian skrev en bok om matematisk geografi, *Cosmographia* (1574). **Georg Joachim Rheticus** (1514-1574) var matematikklærer i Wittemberg, en venn og beundrer av Koperikus som presenterte Kopernikus' tanker om et heliosentrisk verdensbilde i *Narratio prima* (1540).

Det geosentriske verdensbilde skulle vare til **Nicolaus Copernikus** (1473-1543) brakte tilbake det heliosentriske system med verket *De Revolutionibus orbium coelestium* (Om de himmelske sfærers bevegelse), men først beskrevet i *Commentariolus* (1514). Kopernikus observerte at Merkur og Venus alltid var nærmest sola, og kom enten som aftenstjerne (lengst øst) eller morgenstjerne (lengst vest). De andre planetene kunne man finne mye høyere på natthimmelen. Mars var høyest på natthimmelen i opposisjon (motsatt av sola), og lettest å se ved midnatt, men bak sola i konjunksjon over horisonten på dagtid. Hvordan var dette mulig? Konklusjonen var at jorda ikke var i sentrum av solsystemet, det var sola. Imidlertid mente Kopernikus at planetbanene var sirkler. **Giordano Bruno** (1548-1600), som kjente til Kopernikus' arbeid, mente at heller ikke sola var sentrum i universet, og naturen kan forstås via observasjoner og eksperimenter. I Oxford i 1583 publiserte Bruno *Del l'infinito, universi e mondi* (Om det uendelige), et verk som inneholdt teorier som var svært nær sannheten. I Italia ble Bruno offer for den katolske kirkes inkvisisjon, og ble år 1600 brent på bålet ved Campo de' Fiori (Blomstertorget) i Roma. Den allmektige kirken har aldri tålt ny kunnskap. **Galileo Galilei** (1564-1642), som hadde sitt virke i Pisa og Firenze, gikk fra gammel autoritetstro over til den frie tanke. Galilei studerte fallhastigheter av legemer og akselerasjonslovene, et område av fysikken kalt bevegelseslæren (dynamikk). Han viste at et prosjektil følger en parabolisk bane. Ved universitetet i Padua konstruerte Galilei et stjerneokkultert med plankonveks objektiv og et plankonkav øyestykke, og var den første som rettet et kikkert mot stjernehimlen. Galilei oppdaget fire måner rundt Jupiter. Venus hadde faser og han oppdaget en roterende sol med mørke flekker (solflekker). Redegjørelsene presenterte han i skriftet *Sidereus nuncius* (Budbærer om stjerneverdenen) (1610). Fra astronomiske undersøkelser forstod Galilei at jorda beveget seg rundt sola. Galilei støttet Kopernikus heliosentriske verdensbilde til tross for kirkens syn. Galilei kom derved også i konflikt med inkvisisjonen, dømt til fengsel for livstid, og sa de berømte ord om jordas bevegelse rundt sola: "*Eppur si muove*" - allikevel beveger den seg, en sannhet han måtte fornekte. Galilei fortsatte kampen for sitt syn i *Dialogo sopra i due massimi sistemi del mondo* (1632) (Dialog over de to største verdenssystemer), men måtte til slutt gi seg for inkvisisjonen og avsverge den Kopernikanske lære. Galilei samlet sine resultater i *Discorsi intorno a due nuove scienze* (1638). Den danske astronomen **Tycho Brahe** (1546-1610) beskrev planetbevegelser, og laget sitt eget astronomiske system hvor jorda fremdeles var universets sentrum, men hvor 5 planeter gikk omkring sola. Brahe oppdaget en supernova i Kassiopeia i 1572 (*De Nova Stella, Den nye stjerne*, 1573), og en komet i 1577. Tyskeren **Johannes Kepler** (1571-1630), elev av Tycho Brahe i Prag, oppdaget at planetene gikk i elliptiske baner rundt sola. Før trodde man at planetene hadde sirkelbaner. Kepler oppdaget at planetene beveger seg raskere når de er nærmere sola. En imaginær linje mellom planet og sol sveiper over like arealer over like tidsintervaller, og det er et forhold mellom planetbane og tiden det tar å gå rundt sola, presentert i *Astronomia nova* (1609) (Ny astronomi) samt *Ad vitellioem*

paralipomena quibus astronomiae pars optica traditor (1604)(Den optiske delen av astronomien). Mars beveger seg unormalt fram og tilbake i en elliptisk bane. Kepler skrev *Dissertatio cum nuncio sidero* (1610), *Epitome astronomiae copernicanae* og i *Harmonic mundi* (1619) kommer Keplers tredje lov. *Tabulae rudolphinae* er basert på Tycho Brahes oppdagelser og egne lover for planetbevegelser ga nøyaktige astronomiske tabeller, og i *Dioptics* (1611) viste Kepler hvordan et nytt øyestykke med bikonveks linse (plankonveks) gir et nytt optisk prinsipp som forbedret teleskopet til Galilei. *Somnium* (1634)(Drømmen) utgitt etter Keplers død omhandler en reise til månen, og er en av de første bøkene om science fiction.

Isaac Newton (1643-1727) skrev *Philosophiae naturalis principia mathematica* (*Naturfilosofiens matematiske prinsipper*) (1687) som omhandlet et matematiske univers bygget på oppdagelsene til Kopernikus, Bruno, Galilei og Kepler. Galilei hadde funnet ved å rulle objekter ned et skråplan og opp et annet, at objekter beholder sin bevegelsesenergi. Newton oppdaget sammenhengen mellom gravitasjon (tyngde) og treghet. Et legeme i bevegelse fortsetter sin bevegelse i rett linje inntil det påvirkes av en kraft. Aksellerasjon er proporsjonal med kraften (kraft= masse x aksellerasjon). For enhver kraft finnes det en motkraft. Bevaring av bevegelsesmengde = masse x hastighet. Universets bevegelsesmengde er den samme, det vil også si at totalrotasjonen i verdensrommet er konstant. Gravitasjonsloven og tre bevegelseslover (treghetsloven, kraftloven, kraft-motkraftloven) ga en samlet forklaring på hvordan vårt solsystem fungerer, og kan forutsi hendelser. De kan forutsi flo-fjære, måne- og solformørkelser, og kometpasseringer. Newton var alkymist, hvor de filosofiske grunnstoffene svovel og kvikksølv ble tillagt spesiell betydning. På Newtons tid kjente man til fem planeter og disse var koblet til grunnstoffer: Merkur (kvikksølv), Venus (kobber), Mars (jern), Jupiter (tinn) og Saturn (bly). I tillegg sol (gull) og måne (sølv). Newton viste at gravitasjonskreftene avhenger av massen til objektene. Tiltrekningen mellom to objekter er proporsjonal med massen til de to objektene, og omvendt proporsjonal med kvadratet av avstanden mellom dem. Doblet avstand gir fire ganger svakere tiltrekning. Jordens sentrifugalkraft gjør Jorden flatttrykt ved polene. Imidlertid skulle det seinere vise seg at den Newtonske klassiske mekanikk ikke kunne forklare rotasjon og endringer i perihelbevegelsen til planeten Merkur. Merkurs bane er ikke en fullkommen elipse, fordi punktet i Merkurs bane nærmest Sola, perihel, roterer rundt sola (perihelpresesjon). Einsteins generelle relativitetsteori gir imidlertid forklaringen på banen til Merkur. Merkur er den av planetene som påvirkes sterkest av gravitasjonsfeltet, tyngdekraften, fra sola.

Tyngdekraften er den svakeste av alle kjernekreftene (sterke og svake kjernekrefter, radioaktivitet og elektromagnetisme), men den virker over hele verdensrommet, og det er den vi forstår minst. Det er en intellektuell utfordring å beskrive den. Den er svak nok til at vi klarer å løfte en stein selv om Jordens tyngdekraft virker i motsatt retning. Jo større masse, desto større virkning av tyngdekraften. Månen ble laget og slynget løs i en kollisjon mellom Jorden og en annen planet. Vi vet at Månens tyngdekraft lager flo og fjære på Jorden to ganger i døgnet. Imidlertid virker Jordens tyngdekraft på månen, og mye kraftigere slik at fjellet på Månen som vender mot Jorden får en bulk på flere meter, hele tiden vendt mot Jorden. Dette gjør at månens rotasjon etter hvert hemmes, og med tiden følger Jordens rotasjon, og vi ser aldri Månens bakside. Einstein viste med sin generelle relativitetsteori at tyngdekraften rundt store objekter krummer tidrommet. Planetene

faller i rette baner i tidrommet. Alle satelitter rundt Jorden faller og faller. Det er derfor vi blir vektløse i fritt fall, selv om vi har samme masse, tyngdekraften blir tilsynelatende opphevet. Galakser roterer, inkludert vår galakse, Melkeveien. Tyngdekraften gjør at Melkeveien, Andromedatåken og en del andre galakser henger sammen, og avstanden mellom dem øker ikke, men derimot minker. Andromedatåken kommer om noen milliarder år til å kolliderer med Melkeveien. Det er spesielt store stjerner, mange ganger større enn vår sol som roterer raskt rundt sorte hull i sentrum av galakser, rester etter supernovaeksplosjoner. I sorte hull er gravitasjonskreftene så sterke at ingenting slipper ut, ikke engang lys. Tidrommet blir uendelig krummet og massen blir uendelig stor. Vi forstår bare hva som skjer på overflaten av sorte hull.

Professor i Oxford **Edmund Halley** (1656-1742) kunne i 1705 gi forklaringen på den periodiske banen til Halleys komet (1456, 1531, 1607, 1682, 1758). Halley utviklet en dykkerklokke, studerte tidevann, og kunne også beregne avstanden til sola ved hjelp av Venus passering over solskiven (Venuspassasje). James Cooks ekspedisjon til Tahiti i 1769 hadde til formål å studere Venuspassasje. Siste Venuspassasje var 8. Juni 2004, en stor begivenhet, og den neste blir i 2012. **Anders Jonas Ångström** (1814-1874) gjorde spektralanalyse av sollyset og Ångström fant at nordlyset, aurora borealis ikke skyldes reflektert sollys. Ångström har gitt navn til måleenheten Ångström, $1 \text{ \AA} = 0.1 \text{ nanometer} = 10^{-10} \text{ meter}$. **Pierre Simon Laplace** (1749-1827) behandlet himmelmeknikken matematisk i *Mecanique céleste* (1799), en deterministisk verden. **William Herschel** (1738-1822) laget et speilteleskop, oppdaget Uranus i 1781 og flere stjernetåker. Man mente det var en lysbærende eter i verdensrommet. For å undersøke dette fikk Michelson laget et interferometer for måling av lyshastighet og hastigheten var alltid den samme. I 1887 kunne **Albert Abraham Michelson** (1852-1931) og **Edward Morley** vise at jorda beveget seg rundt sola med ca. 30 km per sekund. Michelsons interferensforsøk viste at lyshastigheten var uavhengig av jordas hastighet. Objektene i verdensrommet følger geodetiske kurver (storsirkler). En geodetisk linje er en rett linje i rommet. Den korteste vei er ikke langs en rett linje på et flatt kart, men langs storsirkelen. Merkur er den planeten som har størst avvik i forhold til Newtons gravitasjonsteori. Gravitasjonen avbøyer lys. Seinere fant astronomene pulsarer, kvasarer og sorte hull, men ingen oppdagelse fikk større betydning for vår forståelse av verdensbildet enn da **Edwin Powel Hubble** (1889-1953) fant fra Mount Wilson teleskopet L.A. California på 1920-tallet at melkeveien med sine spiralarmene med vårt solsystem er bare en av mange millioner galakser i verdensrommet. Rødforskyvningen i spektrumet (Doppler-effekt) indikerer at galaksene beveger seg vekk fra hverandre, et ekspanderende univers og for hver millioner lysår vekk så øker hastigheten med 10-15 km per sekund. I dag tror man det er 140 milliarder galakser. Hvor stort og hvor gammelt er universet? Hubble-teleskopet ble sendt opp i verdensrommet i 1990.

Ifølge teorien som ble utviklet av **Georges Henri Lemaître** (1894-1966) startet universet som et punkt som utvidet seg. I begynnelsen var det en singularitet, en enorm masse uten dimensjon. Det store braket (Big-bang) skjedde for ca. 20 milliarder år siden og i starten var det det bare elektroner, nøytrinoer, fotoner, neutroner og protoner. Det finnes partikler og antipartikler. Tyngdekraften oppstår. Først lages gassene hydrogen og helium, samt noe litium. Klokker i forskjellig høyde over jordoverflaten går med forskjellig hastighet. Universet er styrt av fire fysiske naturkrefter: gravitasjon, elektromagnetisme (lys og elektrisitet), svake kjernekrefter (radioaktiv stråling) og sterke kjernekrefter som holder kjernene sammen. Heisenberg,

Schrödinger og Diracs kvantemekanikk viser at vi bare kan angi en sannsynlighet for et mulig utfall. **Arno Allan Penzias** (1933-) og **Robert Woodrow Wilson** (1936-) ved Bell-laboratoriet oppdaget den kosmiske bakgrunnstrålingen med mikrobølger i universet. I 1965 rettet de en antenne mot verdensrommet og registrerte en vislende lyd som var overalt, og skyldtes ikke feil med måleutstyret. Den svart legeme strålingen ved 2.735 K er rester etter det store smellet (Big Bang) og er jevnt fordelt i alle retninger av universet med ufattelig utbredelse. Den kosmiske mikrobølgestrålingen og infrarød stråling ble undersøkt av COBE-satelitten (Cosmic Background Explorer) som NASA sendte opp i 1989. Den russiske fysikeren **George Gamow** (1904-1968), en av grunnleggerne av Big Bang-teorien hadde på 1940-tallet forutsett den kosmiske bakgrunnstrålingen. **Hans Bethe** (1906-2005) og medarbeidere undersøkte energiproduksjonen i stjerner og fant i 1938 at fusjon av protoner ga energi og en stor fluks av neutrinoer. **Wolfgang Pauli** (1900-1958) mente at det måtte være en hypotetisk partikkel som fraktet vekk overskuddsenergi når et nøytron i kjernen ble omdannet til et proton og et elektron. Denne partikkelen uten masse ble døpt neutrino, et navn den fikk av Enrico Fermi. I sola produseres nøytrinoer og kortbølget stråling, og gammestråling. Gammastrålingen bruker tusenvis av år på å komme ut til overflaten av sola, får mindre energi og blir sendt ut av den 500 kilometer tykke fotosfæren som UV, synlig lys og varmeenergi. Partikkelstrålingen fra sola, solvinden, gjør at komethaler vender vekk fra sola.

For fem milliarder år siden da melkeveien ble en galakse ble det nok energi til å tenne stjerner. Fra jorda kan vi se ca. 6000 stjerner (soler) med det blotte øye. I sola omdannes hydrogen til helium og det er nok hydrogen til at sola skal skinne i fem milliarder år. Hydrogen har høy bindingsenergi i kjernen slik at mye energi blir frigitt i fusjonsreaksjonen. Hydrogen er det letteste og mest vanlige grunnstoffet i universet. Helium er avfall i reaksjonen, og ved en kritisk masse kollapser kjernen, helium omdannes til karbon, grunnlaget for alt liv. Kjernerreaksjonen på Sola lager energi som får den til å utvide seg, men motsatt vei virker tyngdekraften. Når vår sol etter hvert går tom for hydrogen trekker den seg sammen og blir den til en rød kjempe. De tyngre elementene som dannes har ikke nok energi og gravitasjonen omdanner vår sol videre fra en rød kjempe til en hvit dvergstjerne. Vår sol er for liten til å bli en supernova, og derfor vil den heller ikke danne de tyngre grunnstoffene etter jern i det periodiske systemet. En supernova er en gigantisk kollaps og eksplosjon av en krympende stor stjerne hvor tyngre grunnstoffer blir dannet og slynget langt ut i verdensrommet, hvor det på nytt blir samlet av gravitasjonskreftene. En supernova ble observert i Krabbetåken i 1054, Tycho Brahes nova (1572). Supernovaer er også observert i andre galakser bl.a. Andromeda (1885) og Den store magellanske sky (1987). Pulsarer (nøytronstjerner, elektroner og protoner omdannes til nøytroner) roterer svært raskt og er rester etter supernovaeksplosjoner. Pulserende cepeheider (funnet i Cepehus) pulserer og brukes som standard referanselyskilder. Vi og livet på jorda er bygget opp fra grunnstoffer dannet ved kollaps av utdøende gigantiske stjerner.

De mest stabile atomkjernene finnes rundt jern i det periodiske system, mens tyngre grunnstoffer enn jern kan spaltes og frigi energi.

Sola roterer rundt på 27 dager og SOHO (Solar Heliospheric Observatory) som ble sendt opp av NASA og ESA i 1995 blir brukt til å studere solvind, solatmosfæren og det indre av sola. Solguden finnes ikke. Vi bruker mange ressurser på å forstå verden. I Gallex-eksperimentet er det laget en 30 tonn stor galliumdetektor i en

saltgrupe for å filtrere vekk kosmisk bakgrunnsstråling. Neutrinoer i reaksjon med gallium vil gi radioaktiv germanium. I Superkamiokande-eksperimentet i Japan brukes 50.000 tonn ultrarent vann og man studerer Tsjernekov-strålingen. Ingenting kan bevege seg raskere enn lys i vakuum, men når partikler, f.eks. betastråling eller neutrinoer beveger seg raskere enn lys vil det sendes ut lysglimt fra vannet, Tchernkow-stråling. Neutrinoer har mye mindre masse enn elektroner og blir også studert ved Sudbury Neutrino Observatory.

Tidligere trodde man at alt vannet på Jorden kom fra kollisjoner med kometer. Undersøkelser av Halleys komet, Hyakutake (1996) og Hale-Bopp (1995-1997) viser imidlertid at forholdet mellom hydrogenisotopene deuterium og vanlig hydrogen er forskjellig i komethalene enn i vannet på Jorden. Vannet på Jorden må også ha en annen opprinnelse, kanskje krystallinsk.

Livet slik vi kjenner det er avhengig av vann, men ikke av lys. I 1880 kunne franske biologer med *Talisman* og *Travailleur* hente opp bakterier som lever på 5000 meters havdyp. I 1977 kunne **John Corliss** og **John Edmond** vha *Alvin* studere underjordiske vulkaner ved Galapagosøyene hvor det lever bakterier i stummende mørke som skaffer seg energi ved kjemosyntese med hydrogensulfid som elektron- og protonkilde og oksygen som elektron- og protonakseptor. Energien fra kjemosyntesen danner grunnlag for en skog av hvite rørormer med røde gjeller (*Riftia pachyptila*), skjell og sjøanemoner. Det er denne typen liv man kan forvente å finne på planeter eller måner i andre solsystemer. Er vi alene i universet? Neppe. Det finnes andre solsystemer med planeter som burde ha grunnlag for liv slik vi kjenner det.

Skapelsesmyter

Myter om verdens skapelse og tilblivelse, kosmogoni, har fulgt menneskets kulturelle utvikling. En overnaturlig makt griper inn og lager en skapelse eller det er en selvskapelse fra et uorganisk stoff som danner et urslim med organisk stoff. Det har ikke vært lett for mennesket å akseptere døden som en endelig avslutning på livet, og det har derved oppstått myter om det hinsidige, udødlighet og uendelighet. I diktet *Gilgamesj* fortelles det om Gilgamesj, konge av Uruk, halvt gud og halvt menneske, om syndeflod og oversvømmelse (jfr. Noa i bibelhistorien) og gudenes evige liv, og det ble spurt om meningen med livet. Mange av fortellingene og mytene i *Gilgamesj* kan vi finne igjen i seinere skrifter i gresk og norrøn mytologi, noe som indikerer en felles kontakt mellom folkegrupper, og felles kulturarv formidlet via reiser til fremmede land og kyster. Hos babylonerne var Marduk en oppgående sol, men også en vegetasjonsgud og visdomsgud. Sjøhyret og dragen og sjøhyret Tiamat var uorden, opprørt hav, og en pil fra Marduk delte kroppen til Tiamat i to deler som ble til himmel og jord. Hos perserne var Ormusd den godes gud. Ahriman det onde. Også her treffer man på fortelling om en syndeflod. I de hinduistiske *Upanishadene* er det skapelsesberetninger. Jødene har Jahve som skapte sol og stjerner. Hos sumererne var Nammu havgud med to avkom, himmel og jord (Eia). I *Theogonien* (gudenes tilblivelse) av **Hesiod** ca. 700 f.kr. fortelles det i heksameterform om starten fra Kaos, et mørkt uendelig rom, som ga gudinnen Gaia (jord) (Tellus hos romerne) som føder sønnen Uranos (himmel), havet (Pontos) og fjellene (Orea). Grekerne forestilte seg

gudene i menneskelige skikkelser. I ekteskap med Uranos fødes Rhéa og titanen Kronos. Kronos giftet seg med søsteren Rhèa og de fikk avkommet Demeter, Hestia, Hera, Zeus, Poseidon og Hades. Fra Kaos oppstod et velorganisert harmonisk Kosmos. En av Gaias sønner, titanen Okeanos, var urhavet som fløt rundt, ifølge gresk mytologi, og Okeanos giftet seg med sin søster Tethys (jfr. Tethyshavet). Solguden Helios kjører med vogn over himmelen om dagen. Zevs er den øverste av gudene, himmelens hersker, med en tordenkile, Poseidon (Neptun) styrer havet og i underverden bestemmer Hades.

Demeter, en av Zevs hustruer, var gudinne for landbruk og dyrking av korn (korngudinne), ofte gjengitt sammen med tre kornaks i en høyre hånd og en fakkel. Demeter tilsvare romerske Ceres (jfr. cerealier). Demeter lette etter datteren Persefone (Kore, romerske Proserpina) som ble bortført av Hades (katabasis - nedstigning) mens hun plukket blomster. Da Demeter sørget ville ingenting spire og det var hungersnød. Helios fortalte hvor Persefone var. Persefone blir sendt tilbake igjen av Hermes og gjenoppstår om våren. På denne måten mente man å forklare og symbolisere vår og høst, liv og død i naturen. Våren kom med Demeters glede over å se Persefone igjen, og høsten når Persefone (Kore) måtte tilbake til dødsriket. Kore spiste kjernen av et granateple og glemte aldri Hades underverden hvor hun var 1/3-del av året. Demeter ga kornet til Triptolemos, sønn av kongen i Eleusis, som hun lærte opp til å utbre korndyrkingens kunst hos menneskene. Dette er et tema i de Eleusinske mysterier som ble feiret i september. Eleusis var en by utenfor Aten i NØ-Attika. Det var Promethevs som skapte de første menneskene av leire (terra mater, moder jord). Promethevs stjal litt av gudenes ild og ga den til menneskene. Det var rituelle bryllup og kulter for fruktbarhet, blotgilder, og offerfester hvor blod fra offerdyr ble stenket på stein og annet. Besøk til paradiset og underverden var mulig, og det var voktere ved dødsriket og fergemenn over dødens hav og elver. Styx var en elv i underverden, og fergemannen Kharon brakte en over til den andre siden (Hades). Det samme var elven Lethe, og drakk man av den ble det jordiske liv glemt. Kerberos (l. *cerberus*) var en trehodet hund som vokter inngangen til underverden (Jfr. hunden Garm som stod bundet ved Gnipheller ved inngangen til Hel, "Garm gjør kraftig ved Gnipheller", *Voluspå* i norrøn mytologi). Underverden Tartaros var sted for pine, sykdom, sorg og redsel. Det fantes skjebnegudinner (moirer) hvor livstråden spinnest av Klotho, lengden av livstråden bestemmes av Lakheis og klippes av med en saks av Atropos.

Likhetstrekk i mytene går igjen fra vår norrøne historie beskrevet i *Voluspå*, volvens spådom fra den eldre edda og i *Gylvaginning* fra den yngre edda. I begynnelsen var tomrommet Ginnungagap før himmel, jord og hav.

*I opphavs tider
var ingen ting,
ikke sand, ikke sjø
eller svale bølger;
jord fans ikke
og opphimmel,
bare ginnungagap
og gras ingen steder.
Fra Voluspå*

Muspelheim i syd ga hete og livgivende stråler og i nord var tåkeheimen, Nivlheim. I

møte mellom disse ble urjotnen Yme (Ymir) skapt. Audhumbla var en ku fra Ginnungagap som ga melk til Yme. Da Audhumbla slikket salt ble hun svanger. Hav, himmel og jord ble dannet fra kroppen til Yme. I Ymes kjøtt levde marker som ble til dverger. Bivrost, regnbuen, var en bro mellom jord og himmel. Det var over regnbuen Pandora gikk da hun tok med seg ulykkene til menneskene.

Ifølge norrøn mytologi ble menneskene skapt fra trærne ask og alm, Ask og Embla, tilsvarende Adam og Eva i bibelhistorien. Høne ga mennesket vett, Odin ga ånd, og Lodur ga blod til menneskene. Guder, æser, jotner og vaner var regin (makt) med skapelseskraft. Verden er materiell og man mente at det fantes overnaturlige krefter og sjeler. Menneskene holdt til i Midgard og gudene på Idavollen. Guder ble tilbedt i gudehov. Kybele i gresk mytologi hadde en vogn trukket av to løver, mens Frøya hadde en vogn trukket av to katter. Tor hadde en vogn trukket av to bukker, Tanngjnost og Tanngriske, omgitt av lyn når de for over himmelen. Njord var guden for fruktbarhet. Verdenstreet, asken Yggdrasil strakk seg fra jord til himmel. Ved roten bodde Hel, jotner (rimtusser) og menn. Nidhogg gnagde på rota, og ekornet Ratatosk løp og brakte beskjeder mellom rota og en ørn i toppen av Yggdrasil. Verdenstreet Yggdrasil var et symbol på verdensaltet, ifølge Grimnismål et kosmisk univers av ni verdener. Yggdrasil kalles også visdomstreet og ved basis var Odins kunnskapskilde, Mimes brønn. Norner, skjebnegudinner, bestemmer over menneskenes skjebne, og nornen Urd hadde en visdomskilde, Urds brønn. Norner holder regnskap over et menneskes levetid, teller dager og kan klippe over livstråden. Geita Heidrun beitet på Yggdrasil. Loke var svikeren som fikk Hod til å drepe sin bror Balder med en misteltein. Seidmenn kunne kaste gand, trolldom, over et annet menneske. Volven spår at verden ender i et apokalyptisk Ragnarok: "*Sola svartner, jord siger i havet...; røyken velter fra veldige bål,..*" Tanken om "endetid" og messianisme lever i beste velgående den dag i dag. Før Ragnarok kommer ondskap og misunnelse inn i verden med tre tussemøyer. Det blir fimbulvinter. Sola blir slukt av ulven Skoll (eller Fenre), månen av Hate, stjerner slukner, Fenrisulven slippes løs og Midgardsormen går eitrende på land, Jorden revner og skjelver, trær løsner. Loke og de døde fra dødsriket Hel seiler ut med skipet Naglfar laget av menneskenegler. Muspels sønner fra Muspelheim rir ut gjennom Mørkved og ødelegger, det samles til kamp på Vigridsvollen. Heimdal vekker med Gjallarhorn gudene til kamp. Surts ild lar alt gå til grunne, men en ny jord stiger opp og menneskeslekten fortsetter via Liv og Livtrase som overlever i morgendugget ved Hoddmimesholt. Gudene kan etter striden samles i gullfagre Gimle. Eskatologi omhandler evighet og verdens siste dager, om kampen mellom engler og djevler, det gode mot det onde, verdens undergang, dommedag, fortapelse eller frelse og at det oppstår et nytt paradys. Det er kort vei mellom mytologi og bibelhistorie.

Ifølge mytene var det mytiske dyr, drager og guder i naturen. Satyrer var mannlige naturguder, fauner, med hestehale, hestebein, fallos og spisse bukkehører og som elsket kvinner. Enhjørningen hadde hestekropp og et snodd horn i pannen. Kentauren hadde menneskehode og hestekropp. Sfinks hadde menneskehode og løvekropp. En margyger eller havfrue hadde en kvinnelig forkropp, men nedenfor midjen var det bakparten av en fisk med finner og hale. Basilisk var et fabeldyr med slangekropp og krone på hode. Griff var halvt ørn og løve. Furier var gamle skrekkinngytende kvinner med slangehår og blodstenkte øyne. Fugl Fønix var udødelig og kunne oppstå på nytt fra aske. Pegasus var en hest med vinger. I Kina hadde dragene et spesielt symbol. Dyresymbolene finnes helt til vår tid, hvor løven (Markus-løven), oksen og

ørnen var tilknyttet spesiell symbolikk. Kjærlighets- og fruktbarhetsgudinnen og gudinnen for planeten Venus og årstidskretsløp fikk forskjellige navn: Afrodite (grekerne), Venus (romerne), Astarte (fønikerne), og Istar (babylonerne). Afrodite, også kalt Antheia, blomstergudinnen, finnes i gresk diktning og skulptur. Skulpturene framstilte en naken vakker Afrodite. Afrodite omgis av gratier (gudinner for kvinneynde), årstidene (horaer), savn (Pothos), og lengsel (Himeros), samt vakre blomster og dyr. Artemis omgis av naturguder for vannkilder (najader), trenymfer (dryader) og fjellnymfer (oreader). Ifølge myten ble bergnymften Ekko forelsket i Pan, nå er bare stemmen igjen. Dryader var skytsgudinner som levde i og blant trærne og døde samtidig med trærne. I romersk mytologi var blomstergudinnen Flora, skogguden Faunus, fruktgudinnen Pomona og skogguden Pan var en fløytespillende jeger.

I norrøn mytologi var galten Særimne mat. Odins hest Sleipener hadde åtte bein, og Odins ravner Hugin og Munin dro hver dag ut for å speide. I gildehallen Valhall for de falne ga Odin mat til de grådige ulvene Freke og Gere. Loke stod for svik, og Lokesønnene var Fenrisulven og Midgardsormen. Frøy ble trukket av galten Gyllenbuste og hadde en kjerre dratt av to katter. Idunn, Brages kone, hadde vidunderlige epler som gudene spiste av. Jfr. Nattens døtre, Hesperidenes epler i greske sagn. I Villemann og Magnill hentes Magnill av nøkken til vassheimen, men reddes av Villemanns harpespill, det samme tema som i Orfeus og Evridike. Den som drakk av Suttungsmjøden fikk visdom og evne til dikterskap.

Shamaner (den som vet) trodde de kunne kurere sykdom. Totemer i N-Amerika kunne være bjørn, ulv, ørn eller ravn, og ble beæret med seremonier og dans. I Japan ble det laget blomsteroppsatser (Ikebana) med spesielle krav til farge, form og linjer. Blomster ble ofret til de døde sjeler. Hagene i Japan var et sted for meditasjon. Eviggrønne trær var populære da de ga signal om evig liv, i motsetning til blomsterplanter som visnet og døde. Fra min egen barndom husker jeg hvordan vi la granbar ved hovedveien før gravfølget kjørte forbi.

Suzhou i Kina kjent var byen med hagene. Her var det blomster, trær, vann med fargerike fisker, terrasser, og paviljonger. Taoisme var en underliggende religion. Generelt hadde trærne religiøs betydning, spesielt eik, og hvert tre og plante hadde sin kraft. Druidene, eike-menn, med keltisk opprinnelse, hadde religiøse og magiske riter. Animisme (l. *anima* - pust, sjel), med tro på sjel og ånd i alle organismer ga grunnlag for mange religioner. Trær, planter og totempeler kunne ha rituell betydning. Jfr. Yggdrasil og "Livets tre".

Mennesker uten naturvitenskapelig kunnskap tror fremdeles på okkulte og skjulte krefter i naturen, og disse tankene lever videre i okkultisme (tro på en annen verden), sjamanisme, spiritisme (bankelyder, poltergeist), tungetale, svartebøker, trylleformler, trolldom (seid, gand), klarsynte, "varme hender", parapsykologi (utenomsanselig erfaring, ekstrasensorisk persepsjon), tankeoverføring (telepati, fornemme hendelser, prekognisjon (framsyn), clairvoyance, antroposofi og teosofi. Med astrologi, tarotkort, krystallkuler, tyding av kroppslinjer i ansikt, hals eller panne (metoskopi) og spådom i hender (kiromanti) og kaffegrut mente man å kunne forutsi hendelser og komme med profetier. Den franske astrologen Michael Nostradamus (1503-1566) publisert 600 orakelvers og spådommer som har blitt tolket helt opp til vår tid. Troll, trollkvinner, hekser, nisser, dverger, vetter, hulder, draug, varulv, djevler, alver, rimtusser, riser, gygrer, jotner, valkyrier, norner, engler (kjeruber, skytsengler,

erkeengel) og satan hørte med til de over- eller underjordiske, de fleste hørte skumringen og natten til, og noen av dem tålte ikke lys og kunne sprekke i sollys. Mennesket kunne bli forvandlet til varulv eller vampyr. Amuletter kunne gi beskyttelse eller lykke ("bank i bordet", "kryse fingrene"). Redsel for mørket er et av instinktene som ligger dypt i oss, og man kan forstå at i tidligere tider hvor det ikke var elektrisk lys, var det lett å innbille seg eksistensen av de underjordiske. I dag vet vi at de ikke finnes, og er kun et produkt av menneskelig fantasi. Mange handlinger er styrt av følelser og ikke på basis av rasjonell kunnskap, og i noen sammenhenger benyttes spillet på følelser som viktigere enn kunnskap. Basert på empiri og modeller kan vi med en viss sannsynlighet forutsi hendelser e.g. værmeldinger, men ut over noen dager er været bli uforutsigbart ("sommerfugleeffekten"). Generelt er all framtid uforutsigbar, bortsett fra at alt som er født vil en dag dø. Mennesket er ikke et rasjonelt vesen. Selv om man har kunnskap og erfaring om at man bør ikke gjøre sånn og slik, så vil alle mennesker en eller mange ganger i livet begå en eller flere irrasjonelle handlinger.

Følgende historie er fra vårt "moderne kunnskapssamfunn", hentet fra *Bladet Forskning* 2/2007 s. 30 og fra *Aftenposten* 10. juni 2006 (*Åndene sa ja i Kautokeino*) hvor Statsbygg ønsket å be åndene og de underjordiske om tillatelse i forbindelse med bygging av et Samisk vitenskapsbygg i Kautokeino: "*..rektor for Samisk Høgskole, Mai-Britt Utsi, overnattet i en lavvo på byggetomten sammen med en representant for Statsbygg - for å spørre de underjordiske om lov til å reise bygget. Det var et skikkelig ruskevær om natten da forespørselen ble fremført. Et dårlig varsel. Men utpå morgenkvisten kom en diger edderkopp krabbende og la seg til rette i en firkant markert utenfor lavvoen. Det varslet godt, og rektor kunne gi klarsignal for byggingen*". Ifølge *Aftenposten* ble det en god natts søvn for rektor og representanten for Statsbygg, som betydde at åndene sa ja til bygging.

Var det kunnskapssamfunn vi kalte det? Troen på allah, gud, profeter, paradiset, helvete og lignende er basert på samme fundament som tidligere tiders tro på æser og olympens guder, et stadium jeg trodde vi hadde passert, men dessverre lar altfor mange seg fremdeles lure.

Den store dagsavisen VG skal være en moderne avis, men sannelig inneholder den horoskoper. Et flyselskap som har fjernet seterad 13 ville jeg ha vært skeptisk til.

Gresk-romersk kultur og vitenskap

Gresk og romersk kultur var dominerende i Middelhavsområdet fra 300 f.kr. til 500 e.kr. Med utgangspunkt fra Makedonia nord for Hellas ble **Alexander den store** (336 - 323 f.kr) hersker over et rike fra Hellas til N-India, som omfattet områder fra Alexandria i Egypt, Seleukia og Pergamon i Lilleasia og til Antiokia i Syria. Alexander hadde stor interesse for gresk kultur, diktning, filosofi og vitenskap, og hadde hatt Aristoteles som lærer. Etter Alexander den stores død 323 f.kr. mister grekerne militær og politisk innflytelse, men gresk litteratur, filosofi og vitenskap ble et forbilde for romerne. Bystaten Roma lå ved elven Tiber. Romerne lå i krig med etruskerne,

men i allianse med latinerne la romerne under seg den italienske halvøy. Romerne seiret over kartagerne i tre puniske kriger om herredømmet over Middelhavet fra 264 f.kr. - 146 f.kr., og erobrede landområder ble omgjort til provinser. I 146 f.kr. ble også Makedonia og Hellas provinser. Folketribunene Tiberius og Gaius Gracchus forsøk på å gi jord til fattige småbønder endte med borgerkriger. Det første triumvirat med Cæsar, Pompeius og Crassus resulterte i at Cæsar ble enehersker i romerriket i 45 f.kr. Etter mordet på Cæsar i 44 f.kr. fikk Oktavian (seinere kalt Augustus) makten etter å ha slått Antonius i slaget ved Actium (31 f.kr.).

Ved siden av Aten ble Alexandria i Egypt det store senteret for kultur og vitenskap. Dette skyldtes bl.a. kongerekken ptolemeierne som styrte Egypt i 250 år, først Ptolemaios I Soter som var stattholder i Egypt. Alexandria var byen for lærdom og kunnskap, et intellektuelt sentrum mellom Asia, Afrika og Europa. I Alexandria fantes et bibliotek med tusenvis av bokruller, men som ødelagt i kriger og oppstand bl.a. av kristne vandaler 33 e.kr., og av muslimer på 600-tallet. Museion var huset til musene, de 9 gudinner for litteratur, kunst og vitenskap (Everterpe, Erato, Kalliope, Kleio, Melpomene, Terpsikhore, Thaleia, Polyhymnia, Urania), og inneholdt botaniske og zoologiske hager. Egypterne kjente til en gammel praksis med mummifisering. Matematikeren **Euklid**, som skrev det store verket *Stoikheia (Elementer)* ca. 300 f.kr., kom også til Alexandria. Evklids geometri, aksiomer og deduksjon har preget matematikken helt til vår tid.

Den romerske dikteren **Marcus Porcius Cato** (234-149 f.kr.) skrev i *De re rustica/De agricultura (Om landbruk)* som inneholdt metoder om hagebruk, frukt dyrking, pløying, og bruk av husdyrgjødsel. Han satte latinske navn på planter. Catos *De agricultura*, en håndbok for gårdbrukere er bevart til vår tid. Den greske filosofen og historikeren **Nicolaus Damascenus (Nikolaos fra Damskus)** (f. 64 f.kr.) skrev *De plantis*. Boken ble oversatt til arabisk og latin, og den latinske oversettelsen har eksistert fram til vår tid. De første botaniske illustrasjoner av medisinerplanter ble laget av **Krateuas** år 120 f.kr. **Marcus Terentius Varro** (116-29 f.kr.) skrev *De Re Rustica (Om landbruk)* (37 f.kr.) som en samtale mellom Varro og vennene, og temaene var generelt om landbruk, poding, gjødsling og dyrking av druer. **Lukrets (Titus Lucretius Carus)** (97-55 f.kr.) skrev *De rerum natura (Om tingenes natur)* i 6 bøker/sanger som tok for seg livets opprinnelse, datidens epikureiske fysikk og budskapet var at mennesket behøvde ikke frykte døden eller gudene. Lukrets kjempet mot religionens makt over menneskene, og mot antikk religion og overtro. Kunnskap i naturfilosofi ville beskytte folk mot demagoger og politikere. Mennesket var et produkt av naturen. Naturfilosofi (*philosophia naturalis*) var et begrep innført av Seneca. Greske filosofer før sofistenes tid var naturfilosofer. I de første hundreårene etter Kristi fødsel var det to bøker som påvirket botanikken i særlig grad. Den første var romeren **Gaius Plinius Secundus**, også kalt **Plinius den eldre** (23-79 e.kr.) med *Historia Naturalis (Naturhistorie)* bestående av 37 bøker, skjønt vi vil vel heller kalt det kapitler, hvorav 12-19 omhandlet botanikk relatert til landbruk, og bok 20-27 var om medisinerplanter. *Historia Naturalis* var et naturleksikon, en encyklopaedia, og inneholdt alt som var kjent fra gresk og romersk tid, kunnskap som ellers ville ha forsvunnet. Plinius den eldre ga oversikt og beskrivelse av de urtene romerne brukte. Hvitløk var en viktig ingrediens. *Asphodelus* kunne brukes mot vorter og magesår. Plinius den eldre døde under vulkanutbruddet av Vesuv som begravde Pompeii og Herculaneum.

Det andre viktige verket var grekeren og legen **Pendanius Dioskorides** (54-68 e.kr.)

illustrerte bok *Materia Medica (Om legekunsten)* oversatt til latin på 500-tallet, 5 bøker med beskrivelse av medisinerplanter fra landene rundt Middelhavet. Selv om Dioscorides bok var unøyaktig, lite vitenskapelig og illustrasjonene sterkt stiliserte, i samsvar med datidens avbildningstradisjon, ble den prototypen på fremtidige farmakopéer - bøker som lister opp medisiner og hvordan de ble laget. Urtekunnskap og kjennskap til legeurter var en viktig disiplin for legene.

I ca. år 60 e.kr. beskrev **Lucius Junius Moderatus Columella**, som var født i Spania og bodde i Italia, hvordan landbruket ble drevet. I *De Re Rustica (Om landbruk)*, bestående av 13 bøker (kapitler), forteller Columella hvordan grønnsakbed kunne holde varmen ved å bli dekket med gjennomskinnelig stein slik at det kunne dyrkes agurker året rundt. Det var mye overtro og hvis planter, spesielt agurker, ble berørt av kvinner kunne veksten ødelegges. Det var kjent at oliven kunne podes på fiken og det var mulig å lage sektorhybrider av druer med forskjellige farger. Andre verker som omhandlet landbruk var **Vergilius** *Georgica* og **Solinus** med *Collectanea rerum memorabilium*.

Kopistene både endret, og i visse tilfeller forbedret, de gamle manuskriptene som fikk nye utgaver i form av urtebøker. **Galen** (Galenos) fra Pergamum (129-216 e.kr.) var en gresk lege og filosof. Galen har gitt navn til galenisk farmasi, og var den siste store biologen fra antikken. Ifølge Galen ville en ubalanse mellom kroppsvæskene blod, flegma og gul og svart galle gi sykdom. Aristoteles hadde vært teleolog, og han mente at alle organer hadde et formål og hensikt, men Galen gikk lenger og mente at det var en hensikt planlagt av en gud. Teleologi er den trosretning om at alt skjer med målrettet hensikt, og ikke på en irrasjonell og tilfeldig måte.

Etter romerrikets Tiberius og Nero kom de gode keiserne Trajan, Hadrian og **Mark Aurel** (161-180). Mark Aurel var stoiker og skrev dagboka *Til meg selv*. En periode med uro fulgte før Diokletian tok makten, som igjen ble etterfulgt av keiserne Konstantin og Teodosius. Under Teodosius ble kristendommen statsreligion. Biskopen i Roma, kalt papa (far/ pave), ble betraktet som etterfølger etter apostelen Peter, den første biskop i Roma. Jfr. Peterskirken i Roma. Kirkefader **Augustin** (- 430) skrev *Guds stat*, hevdet at guds stat var evigvarende og overordnet den verdslige. Den kristne skapelsesberetningen var at gud skapte verden og satte den i bevegelse. Pave **Gregor den store** fra 590 -604 ga paveembetet i Roma økt makt, men patriarken i Konstantinopel var opposenten i det østromerske riket, en polarisering som etterhvert skulle resultere i skisma i 1054 mellom østkirken (den gresk-ortodokse kirke), og vestkirken (den romersk-katolske). **Benedikt av Nursia** (ca. 480-547) deltok i grunnleggelsen av Benediktinerklostere i Europa. Munkene skrev av gamle manuskripter og noterte hendelser i klosterannaler. Romerrikets grenser ble truet av germanere, hunere, vandaler, frankere, burgunderere og gotere. Vestgoterne ble herskere i Spania inntil de ble erobret av araberne i 711. I middelalderen etter Romas fall ble det romerske riket delt i et gresk Bysantisk rike og en latinsk del. En av kristenhetens store byer, Konstantinopel, det norrøne Miklagard, tok vare på restene av den klassiske greske antikken. Germanerhøvdingen Odovaker avsatte den vestromerske keiser i 476, men den østromerske keiser Zeno beholdt sin makt. Østgoterne under Teoderik slo seinere Odovaker, og Teoderik tok herredømme i Italia fra 488. Keiseren i Konstantinopel ble den som med det østromerske riket bar arven fra de store romerske keisere videre. Under keiser **Justinian** i Konstantinopel, ble deler av det vestromerske riket gjenerobret. Justinian

forbedret lovverket og den romerske lovsamlingen *Corpus Iuris* ble brukt i andre europeiske land. Føydalsamfunnet fra 700-tallet var basert på naturalhusholdning med et storgods med godseier (seigneur) og landbruksteknologi som kunne bli overført til serfer med pliktarbeid på storgodset og til leilendingene.

Araberne hadde den svarte steinen i tempelet Kaba i Mekka som helligdom. **Muhammed** (570-632) mente han fikk budskap fra en gud. Læresetningene ble skrevet ned i Koranen som ga grunnlaget for religionen Islam. Muhammed og hans trofeller ble ikke tatt vel imot i Mekka, og Muhammed rømte i stedet til Medina i år 622. Islam ble utbredt med rå makt og massehenrettelser over hele Arabia, og etter Muhammeds død overtok kalifene. Araberne hadde budskapet om at kampen for islams utbredelse ville føre dem til et paradys, noe som ga økt stridsslyst. Budskapet brukes også flittig i vår tid. Abu Bakr (573-634) etterfulgte profeten som kalif og det første kalifatet varte fra 632-634. Khalid Ibn al-walid (584-) var en muslimsk general som erobret Perserriket i 631 og det bysantiske østromerske rike med Alexandria i år 646. Mot øst ble arabernes framstøt stoppet ved Konstantinopel på 670-tallet. Den romerske keiser brukte "den greske ild" i krigføringen, ild laget fra salpeter, svovel og trekull. Maurerene (navnet på arabere i Spania og NV-Afrika) kom over til Spania, og til sammen ble dette et arabisk storrike. Granada ble maurerenes kultursenter i Spania. Vestgoterne i Spania ble slått i 711, men araberens videre framstøt mot frankerriket ble stoppet av Karl Martell i 732 ved Poitiers. Som takk for hjelpen med å gjøre Martells sønn Pipin den lille til konge fikk paven landområder rundt Roma som ga grunnlaget for Vatikanstaten. Arabisk språk erstattet latin i N-Afrika og arabisk ble snakket fra Spania til Indus. Mange greske manuskripter ble oversatt til arabisk, og ble på denne måten bevart. De arabiske folkevandringene førte til økt utbredelse av bomullsdyrking. Bomullsplanten kom opprinnelig fra India. Daddelpalmen var en annen kulturvekst araberne brakte med seg der de slo seg ned. De arabiske tallene hadde sin opprinnelse fra India og var mer velegnet til regning enn romertallene. Safran, spinat, sjasmin og sukker er ord som kommer fra arabisk. Araberne kunne også lage papir fra bomull, hamp og lin. Araberne lå i krysningspunktet mellom Europa, Persia og India, og formidlet kunnskap mellom Asia og Europa. Det var biblioteker i tilknytning til moskeene. Med araberens erobring av Samarkand fikk de kunnskap om å lage papir fra kineserne, og det fantes en papirfabrikk i Bagdad i år 794. Kunnskapen om å lage papir ble overført til Europa. Det arabiske storriket ble delt opp i kalifater bl.a. i Kairo, Bagdad og Cordoba. Den arabiske kulturen hadde sin storhetstid fra 700-1200-tallet, med hovedsteder som Kairo, Damaskus og Fés. Araberne var inspirert av gresk vitenskapstenkning, og fungerte som bindeledd mellom Europa og India. Arabisk vitenskap hadde utgangspunkt i Bagdad, grunnlagt i 762, og seinere hovedstad i det arabiske riket. Skrifter ble oversatt fra sanskrit, gresk og kinesisk til arabisk. Man kunne regne vha. knuter på en snor. Araberne begynte å bruke tallet 0 sammen med de indiske tallene 1-9, indisk-arabisk regning med brikker. Romertall og abacus ble utkonkurrert når det skulle foretas enkle regnearter som addisjon og substraksjon. Araberen **al- Ali Hysayn ibn Abdullah ibn Sina** (980-1037), også kalt **al-Husain Avicenna**, skrev det medisinske verket *al-Quan*, en bok om helbredelse og medisinplanter. Avicennas og Galens arbeider bestod helt til renessansen. Parfyme ble laget av roser og sjasmin, røkelse, myrra, kardemomme, kanel, rosmarin, moskus, ambra og sandeltre var handelsvarer. **Muhammad Ibrahim Ibn Bassal** (1038-1075) fra Toledo i Spania skrev *Diwan al-filaha* (1080), en bok om landbruk. Korstogene med korsfarere som skulle befri det såkalte hellige land varte fra

1096-1291.

Grekerne hadde vært opptatt av hva som var nytt, mens man seinere i middelalderen mer eller mindre kritikkfritt aksepterte kvasimagiske fenomener og trolldom. Benediktinermunken **Walahfrid Strabo** (808-849) skrev *Liber de Cultura Hortorum* (*Bok om hagekunst*), et lyrisk poem i heksameterform om 23 planter i en klosterhage og deres legende betydning. Naturvitenskapen på den tid var både poetisk og mytologisk, og man mente at greske guder deltok i naturens virke. Skolastikken i middelalderen kombinerte gresk filosofi med kristen tradisjon, og ble utøvet i katedralskoler og klostere, samt ved studiereiser til kunnskapssentrene. På 1200-tallet skrev **Macer Floridus** *De viribus herbarum* (*Om urtenes kraft*) i heksameterform, og verket omhandlet medisinske effekter av flere urter, seinere oversatt til dansk. Urtemedisinen har hatt stor betydning for botanikkens utvikling. **Rutilius Taurus Aemilianus Palladius** skrev i det 14. århundre 14 bøker *De Agricultura* som fungerte som hagekalender. Han ga råd om bruk av tang og tare som gjødsel. **Roger Bacon** (1220-1292) introduserte Aristoteles vitenskapelige arbeider og eksperimenter i Vest-Europa. **Petrus de Crescentiis** (1233-1321) fra Bologna skrev *Liber Ruralium Commodorum*, en samling med praktisk kunnskap om landbruk. Den hellige **Hildegard von Bingen** (1098-1179) var benediktinernonne som beskrev planter med navn også på tysk, *Ursachen und Heilung der Krankheiten. Subtilitatum diversarum naturarum creaturarum* (*Om de naturlige skapningers finhet*). **Karl den store** (768-814), sønn av Pipin den lille, gjenerobret store deler av det vestromerske riket. Delingen av Karl den stores verdensrike ved freden i Verdun i 843 var med å etablere språkgrensene og landegrensene i Europa. Nordfra kom skandinaver inn i Normandie i 911. Madjarer (ungarere), som tilhørte den finsk-ugriske folkegruppen, og andre folkeslag kom med stadige angrep mot Vest-Europa. De mange krigene førte til utviklingen av lensvesenet. Vitenskapen hadde en svært tilbaketrukket tilværelse i klostere. Klostere fra cistersienserorden ble lagt til ofte utilgjengelige områder. Andre klosterordener var Birgittinerorden, Johanitterorden og Benediktinerorden.

Botanikken ble ikke tilført mye ny kunnskap i middelalderen fra 400 til 1400 e.kr. På 1600-tallet ble signaturlæren dominerende. Ifølge nytteaspektet skulle formen på en plante eller et blad gi mennesket beskjed om hva den skulle brukes til. Et hjerteformet blad kunne brukes bot mot hjertesykdommer, et leverformet blad mot leversykdommer. Det var mange mytiske forestillinger, bl.a. om mandrake hvor rotstokken lignet et torso. **Philippus Aureolus Theophrastus Bombast von Hohenheim** (1493-1541), kalt **Paracelsus**, var en av signaturlærens tilhengere hvor naturen var læremester. Paracelsus var sveitsisk lege og kjemiker, og selv om han var opptatt av mystikk, okkulte fenomener, kabbala, astrologi og alkymi, var han en brobygger mellom gammel og moderne vitenskap. Alkymistene søkte å omvandle metaller (lage gull fra uedle metaller), helbrede sykdommer, og finne "de vises sten", livseliksirer og ungdomskilder. Paracelsus skrev *Buch von den natürlichen Dingen* (1525). Paracelsus mente at for å kurere voldsomme sykdommer krevdes remedier av metaller og salter. Laudanum, opium i vin, var et av midlene som ble brukt.

Italia blir etterhvert kulturens nye fødested. **Matteo Silvatico**, italiensk lege og botaniker skrev i 1474 en materia medica kalt *Pandectae* hvor han ga plantene navn på latin, gresk og arabisk. Han grunnla også en botanisk hage i Salerno. **Bartholomaeus Anglicus** skrev *De Proprietatibus Rerum* i perioden 1230-1240.

Bøkene, mest teologi, ble oversatt til en rekke språk og ble brukt på universitetene i nesten 300 år. Bok 17 omhandler trær og urter. Domikanermunken **Albertus Magnus (St. Albert den store)** (1193-1280) ble kanonisert, og var en av middelalderens kjente personligheter. Hans *De Vegetabilibus et Plantis* (1260) bestod av 7 bøker hvor han gjorde egne undersøkelser av bladanatomi og bladnervatur, og inneholdt sitater tilbake til Hippokrates, Empedokles og Anaxagoras. **Thomas fra Cantimprée** (1204-1280) skrev et naturleksikon - *De Natura Rerum*. I 1256 laget **Ch'en Ching-i** et botanisk leksikon på 58 bøker som i poesi og prosa beskrev planter, landbruk og medisin. Tyskeren **Konrad av Meigenburg** (1309-1374) skrev på tysk et naturhistorisk verk *Das Buch der Natur* som også tok for seg botaniske plantebestemmelser. Mye ble oversatt fra latin. **Al-ʿAbbas al-Rasuli**, sultanen av Yemen som regjerte fra 1362-1376, hentet sin informasjon fra gresk, og skrev om jord, gjødsel, vann, årstider, krydder, parfyme, frukt, formering og om å unngå plantesykdommer. I det 14. århundre var Kina et viktig område for vitenskap fra Yuan- til Ming-dynastiet. **Wang Chens** bøker fra 1314 omhandlet landbruk, landbruksredskaper og kornsorter. **Chu-Hsiao**, en av sønnene til keiseren av Kina, laget i perioden 1392-1400 en botanisk hage med importerte og aklimatiserte ville planter.

Før **Johann Genzfleisch zum Gutenbergs** (1400-1468) boktrykkekunst basert på løse metall typer (typografi), var bøkene bare for et lite mindretall. Mangfoldiggjøring av bøker skjedde ved avskrift, og pergament var kostbart og krevde mange dyreskinn per bok. Kopisten kunne også endre originalen. Bøkene var kunstverk med integrerte tegninger i teksten. Flyttbare metaltyper var kjent fra Korea på 1300-tallet, og i Kina hadde man hatt boktrykkerkunst basert på treplater med utskårne tegn. Kruttet, kompasset som muliggjorde seiling i overskyet vær, samt trykkekunsten, alle fra Kina, var tre store oppdagelser som fikk store konsekvenser. Et skrivesystem basert på bokstaver var bedre enn det kinesiske symbolspråket. Det var imidlertid Gutenberg fra Mainz som realiserte den eksisterende idé om boktrykkerkunst. Den trykte boka ble en kulturell fakkell. Bøkene samlet og formidlet viten og i undervisningen ble det økt behov for bøker. Trekullpulver, lampesot og linolje ga trykksverte som ble smurt på trykkplaten som ble presset mot papir. Bokstavene ble støpt i tinn og bly, lagret i sette-kasser. Det ble behov for korrekturlesere. De første trykte bøkene ble kalt incunabula (l. vugge). Trykkekulturen med masseproduksjon av bøker gjorde det mulig for studenter å lese på egen hånd. Man trengte ikke lenger å huske alt utenat, og var ikke lenger bare avhengig av muntlig overføring av kunnskap. Fra 1500-tallet var det massiv økning i antall trykte bøker, og prisene på bøker sank drastisk.

Osman var grunnleggeren av det tyrkiske riket og han ble etterfulgt av sønnen Orchan. Orchans sønn Soliman gikk over Bosporos og inn i Europa i 1356. Det var de italienske byene Venezia og Genova som kontrollerte handelen med Bystants. I 1347 kom det et skip til Genova med rotter som var smittet med pest, og svartedauen utryddet store deler av Europas befolkning. Tyrkerne angrep kulturhovedstaden Konstantinopel (Bysants) i 1453, og dette ble slutten på det bysantiske østromerske keiserrike, og starten på det osmanske rikets storhetstid. Veksten skjedde i byene og den nye verden ble oppdaget. Krigsteknologi krevde økt innkreving av skatter.

Renessansen - ny interesse for den antikke tradisjon

I renessansens Europa fra 1300-1650 med overgang til den moderne tid begynte man igjen å studere greske skrifter og urtebøker, med ny interesse for kunst og vitenskap. Roma, Pisa og "blomsterbyen" Firenze (Florence) ble sentere for renessansen. Firenze fikk samme betydning som antikkens Aten. Florin var en florentisk gullmynt fra Firenze allerede fra 1252, med navn etter liljen i byvåpenet. **Leonardo fra Pisa** (Fibonacci), kjent for Fibonacci-tallene som man kan finne igjen i solsikkeblomst, blekkspruts skall o.l. skrev *Liber abaci* (Avhandling om abacus) i 1202. Det skjedde en overgang fra naturalhusholdning til kapitalisme og pengehusholdning. Fra 1400-tallet var det Medicifamilien, Giovanni de' Medici med sønnen Cosimo Medici etterfulgt av Lorenzo il Magnifico, med et forretningsimperium med sans for kunst og kultur, som regjerte i Firenze. Fra 1300-tallet hadde **Giotto di Bondone** (1267-1337) skapt tredimensjonalt perspektiv og rom i bilder. Det samme hadde **Filippo Brunelleschi** (1377-1446) kjent for å laget kuppelen til kirken i Firenze og San Lorenzo. **Donatello** (1386-1466) skapte en naken David-statue i bronse. Tidens berømte kunstnere var Michelangelo, Rafael og Tizian. **Dante Alighieri** (1265-1321) skrev *Divina commedia*. **Niccolo Machiavelli** (1469-1527) skrev *Il principe (Fyrsten)* (1532) om at statens og maktherrrens opprettholdelse av makt helliger alle midler. Bystatene erstattes av større territorialstater i renessansen. Ifølge Machiavelli følger makten egne naturlover, og veien til makt skjer ved hjelp av grusomhet utøvet over kort tid. Fyrsten må "unngå å bli hatet og foraktet, må vinne ry, behøver ikke holde ord hvis det er formålstjenelig, må søke råd, og unngå å smigre". Menneskets natur er begjær, grådighet og forfengelig og fyrsten kan spille på dette.

Universalgeniet (*uomo universale*) **Leonardo da Vinci** (1452-1519) tegnet nøyaktige avbildninger av planter, dyr og mennesker, gjorde disseksjoner, konstruerte maskiner, studerte fossiler, telte årringer, og skrev bøker som *Quaderni d'anatomia* som viste disseksjoner av muskler, fostere og kjønnsorganer. Leonardo da Vinci hadde fått opplæring av **Andrea del Verrochio** (1435-1488) i Firenze. På bildet *La Primavera* (Våren) malt av **Sandro Botticelli** i 1497, nå i Uffizimuseet, kan man identifisere en rekke forskjellige blomster.

Renessansefilosofen **Michel Eyquem de Montaigne** (1533-1592) skrev om menneskenaturen med seg selv som utgangspunkt i *Essais* (1580-88). Essay betyr "forsøk" og er en kort innholdsmettet, kompakt, presis samling av ordnet tanke. En samling av objektive iakttagelser. Francis Bacon skrev *Essays* i 1598, og essayet har linjer tilbake til Seneca og Cicero.

Blomstermaling ble etterhvert en egen kunstart som nådde sin topp på 1600-tallet med hollandske malere som **Ambrosius Bosschaert**, **Jan Davidszoon de Heem**, **Jan Breughel** og **Jan van Huysum**. Motivene var blomsterbuketter med stor detaljrikdom, og viser spraglede virustulipaner som var svært populære på den tiden. Italienerene **Niccolo Niccoli** (1364-1437), **Vespasiano Bisticci** (1421-1498) og **Poggio Bracciolini** (1380-1459) var bokhandlere i Firenze med boksamlinger med antikke håndskrifter. Pavens makt gjorde Roma til en sentral kulturby. **Otto Brunfels** (1488-1534) publisert i perioden 1530-36 en urtebok *Herbarium vivae eicones (Plantenes levende bilder)* med tekst fra Dioscorides, og **Hans Weiditz** laget tresnittillustrasjoner. Brunfels blir ansett for å være en av grunnleggerne av moderne botanikk. **Hieronymus Bock** (1498-1554), også kalt Tragus, reiste rundt og beskrev planter. Bocks urtebok *Kreuterbuch, darin de Kreuter, so in deutschen Landen*

wachsen, aus langwiriger und gewisser erfahrung beschreiben werden (Urtebok, hvor uti de urter som vokser i tyske land, etter lang og sikker erfaring beskrevet) utkom i 1539. På denne tiden pågikk det en diskusjon om plantenes greske og latinske navn og om det f.eks. var de samme plantene som vokste i mellom-Europa som ved Middelhavet. **Leonhard Fuchs** (1501-1566) skrev *De Historia Stirpium Commentarii Insignes* i 1542. Oversatt til tysk i 1543 (*New Kreuterbuch*). **John Gerard** (1545-1607) skrev en bok om plantenes alminnelige historie, vesentlig om legeplanter (*Herbal and General History of plants*) i 1597. **Valerius Cordus** (1515-1544) var farmasøyt og botaniker. Cordus *Dispensatorium* inneholdt tekster om medisinplanter, og i *De Historia Plantarum* fra 1540 ble blomstene beskrevet med frukt. Tegningene av blomster har alltid hatt stor betydning for gjenkjennelse av arter. Cordus forsøkte å lage et klassifiseringssystem for planter. Han oppdaget noder på røttene hos erteplanter. **Nicholas Culpepper** (1616-1654) koblet urtelære sammen med astrologi, og i *The English Physitian* ga han nyttig informasjon om urter .

Det ble opprettet en rekke universiteter i Europa. Lærere med fakulteter for et fag ble samlet i grupper kalt universitas. Det første universitetet ble opprettet i Bologna i 1088, og deretter fikk Pisa og Padua i Italia sine universiteter, etterfulgt av Salamanca, Leida og Palencia i Spania; og Oxford og Cambridge i England. Fra England kom botanikeren og presten **William Turner** (1510-1568). Han drev botaniske studier i Italia. Turner skrev *Libellus de re Herbaria Novus* i 1538. Den ble seinere utvidet og skrevet på engelsk *The Names of Herbs*. Turners urtebok *A New Herball* utkom i 3 deler i perioden 1551-1568. Boka var viktig, fordi praktisk botanisk kunnskap ble tilgjengelig på et annet spåk enn latin. **Conrad Gesner** (1516-1565) er blitt kalt den første zoolog, og ble kjent for 4-bindsverket *Historia animalum* (*Dyrenes naturhistorie*). Han rakk imidlertid ikke å fullføre sin *Opera botanica*.

Plantesamleren og hortikulturisten **John Parkinson** (1567-1650) skrev *Paradisi in Sole* i 1629 og *Theatrum Botanicum* i 1640. Sveitseren **Gaspard (Casper) Bauhin** (1560-1624) skrev i 1623 *Pinax Theatri Botanica*, og katalogiserte over 6.000 planter. Bauhin var med å introdusere det binomiale klassifiseringssystemet - et system med to navn. Et bilde av en potetplante var av Bauhin navngitt som *Solanum tuberosum* allerede i 1619. **Matthias de L'Obel** (1538-1616), som var botaniker og lege for kong James I og har gitt navn til *Lobelia*, forsøkte å klassifisere bladene ut fra deres form. Et sitat fra L'Obel var "for enhver sykdom finnes det en plante som kurerer". Italieneren **Andrea Caesalpino** (1519-1603) forbedret Bauhins plantetaksonomiske system. I hovedverket *De Plantis libri XVI* (1583) blir blomst og frukt brukt i klassifikasjonen av plantene. *De plantis* markerer atskillelsen mellom botanikk og landbruk, og Caesalpino regnes for en av dem som gjorde botanikken til en egen vitenskap.

Gaspard Bauhin hadde en bror, **Jean (Johannes) Bauhin** (1541-1613), som var lege og botaniker og grunnla den botaniske hagen i Lyon. Jean Bauhin fikk publisert *Historia Plantarum Universalis* (*Plantenes generelle historie*) etter sin død i 1650. Boka inneholdt plantebeskrivelser, klassifikasjon og økologi. Den franske legen og botanikeren **Joseph Pitton de Tournefort** (1656-1708) laget et vakkert illustrert verk *Éléments de Botanique* (1694). Klassifiseringen av slekter baserte seg på strukturen av blomst og frukt, og var med å gi grunnlaget for utvikling av det binomiale systemet til Linné. Tournefort utviklet sitt system videre i *Institutiones rei herbariae* (1700), men det var kunstig og dårligere enn det John Ray brukte. **John Ray** (1627-1705) var en av

grunnleggerne av botanisk systematikk. Han forsøkte å klassifisere den kaotiske mengden plantenavn og plantebeskrivelser. Plantene delte han inn i ufullstendige, kalt kryptogamer, og fullstendige kalt fanerogamer. Ray atskilte plantene i familier, og ga det første forsøk på et vitenskapelige artsbegrep. Selv om klassifikasjonen Ray brukte ikke var perfekt, var den allikevel et stor fremskritt i forhold til det som hadde vært brukt før. Tidligere hadde man trodd på transmutasjon dvs. en art kunne bli til en annen art. Ray beskrev alle plantene som vokste rundt Cambridge i sitt dr.gradsarbeid publisert i 1660. Han laget den første flora med oversikt over alle planter i Storbritannia. Ray oppdaget variasjon innen artene som hvit- og blåblomstrete former av fjellflokk, og rødfiolette og hvite blomster hos myrklegg. Seinere viste det seg at hvite blomster er en recessiv karakteregenskap. Ray skrev en rekke bøker bl.a. *Catalogus Plantarum Anglia* (*Katalog over engelske planter*) i 1670. Ray endret klassifiseringen i *Methodus Plantarum Nova* fra 1682, hvor han brukte blomsterstruktur, morfologi, anatomi og fysiologi som utgangspunkt for klassifikasjon. Dette ble revidert i 1703 (*Methodus Plantarum Emendata*). Ray påpekte viktigheten av å kunne atskille enfrøbladete og tofrøbladete planter i taksonomisk sammenheng omtalt i det store trebindsverket *Historia Generalis Plantarum* (*Plantenes generelle historie*) utgitt i perioden 1686-1704. I dette siste verket beskrives nesten 19.000 arter, deres fysiologi, morfologi, geografisk fordeling og farmakologisk bruk. Bl.a. ble papaya beskrevet som dioik med egne hanntrær og hunntrær. Ormetelg (*Polystichum filix-mas*) ble beskrevet som hannbregne og skogburkne (*Athyrium filix femina*) som hunnbregne. Ray hadde også andre interesser. Sammen med vennen og zoologen **Francis Willughby** (1635-1672), som arbeidet med å systematisere fugl og fisk, publiserte han det plantefysiologiske arbeidet *Experiments concerning the motion of sap in trees* i *Philosophical Transactions*. I *Ornithology* (1676) ble fuglene gruppert etter nebbform, og etter om de var landfugl eller sjøfugl. **Michel Adanson** (1727-1806) laget et "naturlig" klassifikasjonssystem for planteriket i *Familles des plantes* (1763), først verdsatt i ettertid. Basert på erfaringer fra den botaniske hagen i Paris ordnet **Antoine-Laurent de Jussieu** (1748-1836) planter i slekter og familier i *Genera Plantarum* (1789). Dette systemet ble videreutviklet av systematikeren og plantefysiologen **Augustin Pyramus de Candolle** (1778-1841) i (1813) og sønnen Alphonse de Candolle. A.P. de Candolle skrev en plantefysiologibok *Physiologie végétale* (1832) hvor han slutter seg til Senebier og Saussure. Den sveitsiske botanikeren **Alphonse Louis Pierre Pyramus de Candolle** (1806-1893) skrev i 1883 *L'Origine des Plantes Cultivées* der han tok for seg historiske opptegnelser, arkeologiske og etnografiske data for økonomisk viktige planter. Dette arbeidet ble forbedret av russeren **Nicolai Vavilov** (1887-1943) som samlet planter fra hele verden, lette etter nytteplanter og fant opprinnelsesstedet til mange matplanter. A.L.P.P. de Candolle skrev i 1867 *Lois de la nomenclature botanique adoptées par le congrés international de botanique tenu á Paris*. Alphonse .L.P.P de Candolle var sønn av **Augustin Pyramus de Candolle**. Faren hadde skrevet ferdig *Prodromus systematis naturalis regni vegetabilis* i 7 bind, og sønnen fortsatte arbeidet. Hele serien endte i 17 bind med 9 supplementsbind. Faren hadde også hatt ansvar for 3. utgave av Lamarcks *Flore Française*. Plantesystemet som ble brukt i flere botaniske hager ble videreutviklet av **Robert Brown** med *Prodromus Florae Novae Hollandiae* (1810) og **John Lindley** med *Introduction to the Natural System* (1830) og *Vegetable Kingdom* (1846).

På slutten av 1800-tallet ble det også gjort forsøk med å flytte planter.

Franskmannen G. Bonnier brukte klonmateriale i slike studier. Plantematerialet vokste til en viss størrelse, ble deretter delt i mange ramets som deretter ble plantet ut i forskjellig høyde i Alpene og Pyreneene og i Paris. Plantene som ble flyttet til fjellet ble kortere og blomstret rikere enn lavlandsplantene. Det samme hadde **Anton Joseph Kerner von Marilaun** (1831-1898) beskrevet i den berømte boken *The Natural History of Plants, their Forms, Growth, Reproduction and Distribution* fra 1895. Kerner brukte frø i sine eksperimenter i motsetning til Bonnier.

Akademier, planteanatomi og tidsskrifter

De første akademier var Platons akademi og Aristoteles lykeum. Fra midten av 1600-tallet hadde universitetene en anonym rolle, og det ble opprettet vitenskapsakademier med formål å drive forskning, eksperimenter og demonstrasjoner. Universitetene overførte bare gammel kunnskap og søkte ikke ny. De første akademiene ble opprettet i Italia. *Accademia Platonica* ble opprettet i Firenze i 1442. *Accademia Secretorium Naturae* i Napoli (1560), og *Accademia dei Lincei* (l. lynx - gaupe; "de skarpsyntes akademi") i Roma (1603-1630) av Frederigo Cesi. . Ved *Accademia del Cimento* (Akademiet for Den eksperimenter) i Firenze i 1657 var både Galilei, Borelli og Redi medlemmer. Den styrtrike handelsmannen og bankier Thomas Gresham (1519-1579) grunnla Gresham College i London.

Vitenskapelige oppdagelser innen astronomi, elektrisitet, magnetisme, lys, varme, atmosfære, trykk, mekanikk, disseksjon og anatomi ble presentert i akademiene som hadde fyrstelige og kongelige støttespillere. Men ingen kunne konkurrere med det franske og engelske vitenskapsakademi. The Royal Society åpnet sin offisielle virksomhet i 1660. Det franske vitenskapsakademi (*Académie Royal de Sciences*) ble åpnet i 1666, men skiftet navn til *Académie des Sciences* i 1699 med budskapet om at forskningen skulle tjene staten og det ble derav bare utført trivielle oppgaver. *Académie der Wissenschaften* i Berlin i 1700. *Vitenskapsakademien* i Stockholm ble grunnlagt i 1739, Det kongelige danske Videnskaberenes Selskab i 1742, og *Det trondhjemske selskab* ble stiftet i 1760 av Gerhard Schøning (rektor ved Trondhjems katedralskole), Peter Frederik Suhm og Johan Ernst Gunnerus, og skiftet i 1767 navnet til *Det norske Kongelige Videnskaberens Selskab*. Det keiserlige russiske vitenskapsakademi i St.Petersburg ble stiftet i 1725. Benjamin Franklin tok initiativ til å få opprettet *American Philosophical Society* i Philadelphia i 1743.

Ludvig Holberg skriver i *Moralske tanker* (1744, Libr. III Epigramm. 68): "De nye Akademier, som udi dette og forrige Seculo ere stiftede, synes at være anrettede for at bøde paa den Mangel, som findes hos de gamle Universiteter. Og kand man sige, at man haver samme Akademier at takke for den store Fremgang, Videnskabe have haft udi vor Tiid."

Akademiene var forbeholdt for menn jfr. **Margaret Cavendish** (1623-1673) som skrev stykket *The Female Academy* (1662).

Robert Hooke (1635-1703) var en av de første lederne og sekretær i *The Royal Society* i London opprettet i 1662, uavhengig av universiteter og statlige myndigheter. Hooke konstruerte et refleksjonsteleskop og så at Jupiter roterte rundt sin akse, og han

observerte den røde flekken på planeten. Han laget meteorologiske instrumenter, og foreslo at null var temperaturen for frysepunktet for vann. Hooke forklarte en rekke naturfenomener: Sirkulasjon i atmosfæren. Fall i barometertrykket før uvær. En mekanisk teori for varme og elastisitet. Årsaker til fossiler og jordskjelv. Kratere på månen, som resultat etter vulkaner eller meteoritter. Hooke oppdaget lysdiffraksjon, og at jorda og månen gikk i elipsebaner rundt sola. Hooke kom fram til den inverse kvadratloven for planetbevegelser, som seinere ble brukt av Newton, uten at Hooke ble kreditert for dette. Han var assistent for den velstående **Robert Boyle** (1627-1691) som kom fra Irland. Hooke konstruerte en luft- og vakuumpumpe som Boyle brukte i sine eksperimenter med å utvikle gassloven om at trykk ganger volum er konstant ved en gitt temperatur, presentert i *Experiments Touching the Spring of the Air* (1660). Boyle gjorde også det samme veksteksperimentet som van Helmont, men sannsynligvis uten å kjenne til van Helmonts arbeid. Boyle mente at alle stoffer er satt sammen av grunnstoffer. Han oppdaget at syrer smaker surt, og at syrer farget blått lakmus til rødt. Både van Helmont og Boyle gjorde et viktig oppgjør med alkymien, Boyle i verket *The Sceptical Chymist* (1661). Hooke hadde også ansvar for å utføre eksperimenter i Akademiet. Hooke var god venn med Sir **Christopher Wren** (1632-1723). Wren var en av Englands største arkitekter, med ansvar for konstruksjonen av en rekke kirker i London, bl.a. St. Pauls katedralen. Wren deltok ved etableringen av Royal Society. Etter den store brannen i London i 1666, kom både Hooke, Wren og **John Evelyn** (1620-1706) med planer til kongen om hvordan byen skulle gjenoppbygges.

På 1500-tallet ble det oppdaget at slipte linser kunne gi forstørrelse, og det ble laget enkle briller og forstørrelsesglass. Hooke skrev *Micrographia* i 1665 da var han 29 år gammel, og den inneholdt 60 bilder. Til mikroskopet brukte Hooke lys fra en liten oljelampe, som ble konsentrert gjennom en glasskule fylt med vann, og videre gjennom en konveks samlelinse. Studier av planter i mikroskopet viste at plantene var satt sammen av et stort antall kammerer som lignet på en bikake. Hooke brukte ordet celle i sin biologiske betydning for første gang om de kammerene han observerte i kork. Det var lettest å konsentrere seg om celleveggene, men det skulle ta enda noen tid før spørsmålet ble stilt om hva som var inne i cellehulrommene omgitt av vegger. Hooke studerte også brennhårene hos brennesle. *Micrographia* inneholdt også astronomiske observasjoner. Newton måtte vente til Hookes død i 1703 før han ble president i Royal Society. Hooke var en av verdens store genier og gjorde mange oppfinnelser. Vi vet ikke hvordan Hooke så ut eller hvor han ble begravet.

De første mikroskopene ga liten forstørrelse, men ble brukt med stor begeistring til å studere lopper, og de små forstørrelsesglassene fikk navnet *vitrum pulicare* (loppeglass).

Nehemiah Grew (1628-1711) var engelsk lege og botaniker og en av grunnleggerene av fagområdet planteanatomi. Grew skrev *The Anatomy of Vegetables begun* i 1672. Verket viste blant annet detaljerte strukturer av bønnefrø og embryo. I *The Anatomy of Plants* fra 1682 presenterte Grew anatomien til rot, stengel, blad, plantevev fra blomster, frukt og frø. Grew skjønnte ikke betydningen av cellen, men fant at pollen befrukter blomsten. Grew foreslo, etter en idé av legen T. Millington, at pollenbærerne var hannkjønn og at griffelen var hunnkjønn. Grew mente at plantene lever av og tar opp luft. Den italienske legen og professor i medisin ved universitetene i Pisa og Bologna, **Marcello Malpighi** (1628-1694), gjorde anatomiske studier av dyr, insekter og planter ved hjelp av det nyoppfunnete mikroskopet. Han kalte cellene for *utriculi*, og observerte vedrør, fibre og spalteåpninger på blad. Malpighi skrev *Anatome Plantarum* i 1675 hvor

han tar for seg planteorganenes oppbygning og funksjon. Malpighi mente at røttene tok opp "rå næringsstoff" som ble fraktet til bladene og omdannet til "tilberedt næringsstoff" som ble brukt til vekst eller lagring. Plantene trengte luft. Malpighi gjorde ikke eksperimenter, men kom til at bladet var både lunge og mage. I 1691 dro Malpighi til Roma hvor han ble livlege for pave Innocens XII. Grew og Malpighi var grunnleggerne av planteanatomi. Planteanatomi er ingen selvstendig vitenskap, men en del av plantefysiologien, studiet av plantenes livsyttringer.

Hollenderen **Anton van Leeuwenhoek** (1632-1723) var den første som observerte levende celler og bakterier som han fant i sin egen munn. Leeuwenhoek laget en linse fra en glassdråpe plassert i en messing- eller sølvplate, og linsen ble holdt opptil øyet. Dette ga opptil 300 gangers forstørrelse. Beskrivelsene og illustrasjonene av hva han så i mikroskopet ble sendt til Royal Society i London. I 1677 kunne Leeuwenhoek observere spermatozoider, kalt *animalcula seminis*. Den enkle linsen til Leeuwenhoek ga bedre oppløsning enn et sammensatt mikroskop. Alle Leeuwenhoeks funn ble samlet i *Arcana naturae (Naturens hemmeligheter)*. Introduksjonen av briller viste at mennesket hadde fysiske begrensninger som det kunne bøtes på.

De første mikroskopene laget i messing hadde både kromatisk og sfærisk abberasjon. **John Dollond** (1706-1761) konstruerte akromatiske linser, og fysikeren **Ernst Abbe** (1840-1905) laget apokromatiske linser, forbedret av bl.a. **Carl Zeiss** (1816-1888). Etter hvert kom det flere forskjellige fargeteknikker for lysmikroskopiske preparater basert på fargestoffene safranin, metylgrønt, anilinblått og krystallfiolett, beskrevet av **Joseph von Gerlach** (1820-1896) i hans *Handbook of General and Special Histology* (1848). Fasekontrastmikroskopet ble utviklet av **Fritz Zernike** (1888-1966). **Ernst Ruska** (1906-1988) og **Max Knoll** (1897-1969) konstruerte et elektronmikroskop i 1933 som forstørret opptil 12.000 ganger. Elektronmikroskopet ga helt nye muligheter til å studere cellestrukturer.

Det kom pulikasjonsserier fra Akademiene. Først ute var *Journal des Savants* i 1665 fra Paris-akademiet (*Académie des Sciences* 1666), og *Philosophical Transaction* fra The Royal Society i London, grunnlagt i 1662) kom 3 måneder seinere. Vitenskapelige arbeider av Malpighi, Hooke og Grew ble publisert i *Philosophical Transaction*. Botanikeren og hagebrukeren **Thomas Andrew Knight** (1759-1838) publiserte et arbeid i *Phil. Transactions An account of some experiments on the fecundation of Vegetables*. Det omhandlet eksperimenter med retningsbestemt vekst av rot og stengel, floemtransport og effekten av sentrifugalkraft på spirende frø som han monterte på et roterende hjul. Knight krysset en hvit varietet av erter med pollen fra en grå varietet. Avkommet var grå. Ennå var det en tid fram til Mendel. Knight arbeidet også med landbruk og gjødsling. Oppsiktsvekkende mente han at "incest" mellom hannlige og hunnlige deler i blomsten ledet til ufruktbarhet. **William Withering** (1741-1799) var lege, geolog og botaniker, og skrev *Botanical Arrangement* i 1776. Withering var opptatt av bruken av drogen digitalis fra revebjelle, publisert i *Account of the Foxglove* i 1785. Mineralet witheritt (barium karbonat) er oppkalt etter han.

Det skjedde en spesialisering av tidsskriftene og **Sir William Jackson Hooker** (1785-1865), direktør i den botaniske hagen Kew i London startet publikasjonsserien *The Botanical Magazine*. Sønnen Sir **Joseph Dalton Hooker** (1817-1911) overtok både direktørjobben i Kew og ansvaret for tidsskriftet. Joseph Dalton Hooker var interessert i botaniske reiser og ga bl.a. støtte og oppmuntring til Charles Darwin. J.D. Hooker var i perioden 1839-1843 med *HMS Erebus* i en Australia-Antarktisekspedisjon med **James Clark Ross** (1800-1862) som kaptein. Formålet var å finne den magnetiske sydpol og

utforske isbarrieren. På reisen kom de til New Zealand, Tasmania og Falklandsøyene. De botaniske studiene på reisen resulterte i verket *Flora Antarctica*. Hooker utforsket floraen i India, Himalaya og Nepal beskrevet i *Himalayan Journals*, *Flora Indica* og *Flora of British India*. Kew ble under Hookers ledelse utviklet til å bli et senter for botanisk forskning. *Genera Plantarum*, som J.D. Hooker skrev sammen med **George Bentham** (1800-1884) i perioden 1862 - 1883, inneholdt taksonomisk beskrivelse av alle planter fra hele verden, 9.700 frøplanter fordelt på nesten 7.600 slekter. *Index Kewensis*, som ble startet i 1883, ble et nyttig hjelpemiddel i arbeidet med navnsetting og identifisering av planter. Sveitseren **Augustin Pyramus de Candolle** (1778-1841) startet tidsskriftserien *Annales du Museum d'Histoire Naturelle*. I 1791 startet *Linnean Society Transactions* og i 1856 *Journal of the Linnean Society of London*. Tidsskriftet *Science*, fra American Association of the Advancement of Science, utkom første gang i 1880. Jo mer kunnskap som ble tilgjengelig dessto lenger tid tok det før man kom fram til forskningsfronten, og resultatet ble en økende spesialisering på alle områder også når det gjaldt tidsskrifter.

Linné skapte det latinske tonavnsystem

Prestesønnen **Carl (Carolus) Linnaeus** (1707-1778) tilbrakte barneårene i Stenbrohult, Smaaland i Sverige. Hos Dr. Chilian Stobæus fikk Linné for første gang se et *Herbarium vivum*, en samling av tørre planter oppklebet på papir og med navn. De latinske navnene var lange og omstendelige, og som Linné erstattet med et tonavnsystem for hver art med en kortfattet latinsk beskrivelse. Linné begynte med en plantesamling som skulle bli den største i Europa. Provinsmedikus **Johan Rothman**, som var en av Linnés hjelpesvenner, hadde lært Linné at det var ikke bare plantenavnet som var viktig, men også plasseringen av plantene i system. Linné lærte seg latin. Han tilbrakte først en tid ved Universitetet i Lund før han kom til Universitetet i Uppsala, hvor han ble kjent med domprost **Olof Celsius**. Et nyttårsskrift som Linné skrev til Celsius i 1729 *Praeludia sponsaliorum plantarum (Plantenes brudeferd)*, vakte stor oppsikt. Den var skrevet på svensk og i poetisk form. Blomsterkronen ble kalt brudeseng, støvbærerne var "brudgom" og griffelen "brud". Først brukte Linné blomsterstrukturen, også kalt seksualsystemet, for klassifiseringen av plantene. Plantene var ufruktbare i ung alder, ble fruktbare, visnet og døde akkurat som dyrene. Skulle planten ha forplantingsorganger måtte disse finnes i blomsten, for uten blomst ingen frukt. Begerblad og kronblad var uten avgjørende rolle for å bære frukt. Støvvei og pollenbærere kunne finnes i samme eller forskjellige blomster, men det var bare blomster som hadde støvvei som satte frukt. Slike observasjoner førte fram til Linnés seksualsystem for inndeling av plantene i grupper. Han forsøkte å skille planter ut fra deres seksualitet. Planter med en pollenbærer ble klassifisert som *Monandria*, de med to pollenbærere som *Diandria*. Innenfor disse gruppene hørte de som hadde en pistill (støvvei) til *Monogynia*, de med to til *Digynia*. Moser, bregner, sopp, alger og slimssopp ble samlet i de blomsterløse *Cryptogamia* (Hemmelig gifte). Amøber og denslags ble samlet i Chaos.

Linnés Lapplandsreise i 1732 og til Dalarna i 1734 ble gjort for å samle planter, og resultatet ble gjengitt i *Flora Lapponica* (1737). På denne reisen oppdaget Linné planten *Linnea*, en liten krypende plante med små eviggrønne blad, og med to små velluktende tvillingblomster på tynne opprette stengler. *Linnea* ble Linnés yndlingsblomst. Han hadde den i knapphullet eller i hånden når han ble malt, og den var også i våpenskjoldet til Linné da han ble adlet og skiftet navn fra Linneaus til von Linné.

I 1735 fikk Linné den medisinske doktorgraden ved universitetet i Hardewijk i Nederland, et universitet som seinere ble nedlagt. Der fikk han den spesielle doktorhatten, ringen med minervahode og en laurbærkrans. Linné dro videre til Leiden og besøkte den kjente hollandske naturforskeren og legen **Hermann Boerhaave** (1668-1738). I 1710 hadde Boerhaave utgitt *Index plantarum* og hans *Historia plantarum* inneholdt en samling med botanikkforelesninger. Boerhaave utga også en samling kjemiforelesninger *Elementia chemiae* (1732). Til Boerhaaves bekjentskaper hørte handelsmannen **George Clifford**, ordfører i Amsterdam og direktør Det Østindiske Kompani. Linné hadde et opphold hos George Clifford på godset Hartecamp utenfor Leiden hvor Clifford hadde en botanisk hage med importerte planter. Linnés *Hortus Cliffortianus* (*Cliffords hage*) beskrev blomstene i hans hage. Linné besøkte også den første botanikkprofessoren i Oxford, **Johan Jakob Dillenius** (1687-1747). Linné ble i 1741 professor i botanikk ved Uppsala universitet etter Rudbeck.

Erfaringen tilsa at artene var konstante. Sådde man ertre, kom det opp erteplanter, men at det var variasjoner var man klar over. Vekstforholdene kunne påvirke størrelsen, men variasjoner kunne også fremkomme etter kryssing. Linné skjønnte at seksualsystemet ikke var ideelt og han ville heller forsøke å finne et naturlig system hvor plantene ble gruppert etter naturlig slektskap med hverandre. I *Ficus* fra 1744 tar han for seg den spesielle pollineringen som finnes hos fiken. *Sponsalia Plantarum* fra 1746 omhandler seksualitet i planter og *Plantae Hybridae* (*Plantehybrider*) utkom i 1751. I 1759 får Linné en pris fra akademiet i Petersburg for artikkelen *Disquisitio de Sexu*. Førsteutgaven av *Systema Naturae* utkom i 1735 og inneholdt 14 sider. 10. utgaven fra 1758 ble svært omfattende med 2.500 sider og inneholdt et binomialt system for dyr. Spesielt 10. utgaven av *Systema Naturae* fra 1758 ble svært omfattende. Linné introduserte ordet flora om et lands planter, og fauna om dyreriket. De astrologiske symbolene for hann (σ , Mars), hunn (φ , Venus) og hermafroditter som en kombinasjon av disse, ble innført av Linné. Den 13. utgaven av *Systema Naturae*, som utkom etter Linnés død, bestod av 10 bind og var på 6.000 sider. Andre kjente verker fra Linné var *Fundamenta Botanica*, med 365 setninger om plantenes grunnlov. I *Critica Botanica* (1737) anga Linné hvordan plantene skulle beskrives og gis navn. Linné samlet erfaringer og iakttagelser fra forskjellige tidsperioder og stadfestet at samme plante kunne være beskrevet med forskjellige navn. I 1751 utga han en lærebok i alminnelig botanikk *Philosophia Botanica*. I *Species Plantarum* fra 1753 beskrev Linné alle kjente planter med binomial nomenklatur. Dette ga grunnlaget for det botaniske språket og taksonomi, som erstattet den tidligere kompliserte og tungvinte navnsettingen. I 1758 flyttet Linné til gården Hammarby ikke langt fra Uppsala. Linné var en av opplysningstidens store skikkelser. En av kritikerne til Linnés navnesetting var **Jean-Jacques Rousseau** i hans *Lettres élémentaires sur la Botanique*. Imidlertid var Rousseau med sitt "tilbake til naturen" begeistret for Linné, spesielt for *Philosophia Botanica* (1750) som inneholdt sammendrag av Linnés verker og botaniske regelsetting. Rousseau holdt forelesninger i botanikk i Frankrike.

Noen sitater fra Rousseau:

....; ble jeg igjen grepet av en botanisk raptus som var voldsommere enn første gang; snart var jeg alvorlig opptatt av det fornuftige prosjekt å lære utenat hele *Regnum vegetabile* av Murray* og å kjenne alle de planter som var registrert i verden. Siden jeg er ute av stand til å kjøpe bøker om botanikk, har jeg satt meg fore å skrive av dem jeg har lånt, og siden jeg er bestemt på å lage et større herbarium enn mitt første og foreløpig ikke kan sette inn alle strandplanter og alle fjellplanter og heller ikke alle Indias trær, begynner jeg forsiktig med fuglegress, kjørvæl, hjulkrone og svineblom; jeg presser omhyggelig på fugleburet mitt, og for hvert nytt gresstrå jeg kommer over, sier jeg fornøyd til meg selv: så, det er i det minste én plante til. Jean-Jacques Rousseau. Den ensomme vandrers drømmerier." *Les Rêveries du promeneur solitaire* (1782). Bokvennen forlag 1995 s. 115.

“Alle mine botaniseringsturer, inntrykkene fra voksestedene til de plantene som fanget min interesse, tankene de gav støtet til, hendelsene i forbindelse med innsamlingen, alt sammen etterlot seg inntrykk hos meg som dukker opp på ny når jeg ser på de pressede plantene fra disse stedene.” s. 132

“Jeg gikk i gang med en *Flora petrinsularis*, en flora for øya St.Pierre, og med å beskrive alle planter på øya uten å utelate en eneste,...” “.....dro vi hver morgen etter frokost på en tur til en del av øya, jeg med lupe i hånden og min *Systema naturae* av Linné under armen. Jeg hadde delt inn øya i små kvadratiske parseller, og jeg hadde til hensikt å besøke dem alle etter tur i de ulike årstider. Jeg følte en spesiell ekstatisk henrykkelse ved hver observasjon jeg gjorde om plantenes struktur og innretning og om kjønnsdelenes spill under befruktningen; systemet var for meg helt nytt.” ..., massevis av befrukningsmekanismer som jeg observerte for første gang, fylte meg med glede,...” s. 91

* **Johan Anders Murray** (1740-1791) var professor i Göttingen og skrev innledningen til 13. utgave av *Systemae naturae*. *Systema vegetabilium* het *Regnum vegetabile*. Plantene skulle studeres og observeres i den frie natur, og ikke i botaniske hager, mente Rousseau. Han hadde lite til overs for bruk av plantene til medisinske formål.

“Trærne, buskene og plantene er jordens pryde og klesdrakt” sa Rousseau.

Linné var også opptatt og åpning og lukking av blomster til spesielle tidspunkt og laget en blomsterklokke *Somnus Plantarum* (*Blomstenes søvn*) (1755), også publisert i *Horologium Florae* (*Blomsterur*). Siden blomstringstiden ble påvirket av klimaforskjeller og breddegrad, måtte plantene tilpasses lokale blomstringstidspunkt. Linné oppdaget at det måtte være en sammenheng mellom blad og blomsterblad, angitt i *De Prolepsis Plantarum* fra 1763. **Johann Wolfgang von Goethe** (1749-1832), som begeistret av Linné, var opptatt av sammenhengen mellom former og var forut for sin tid da han skrev om overgangen fra blad til blomsterblad i *Versuch die Metamorphose der Pflanzen zu erklären* (1790). Han introduserte idéen om at alle planteformer kan avledes fra en opprinnelig plante, urplanten. Ifølge Goethe var frøbladene først i en utviklingsserie, bladene klatrer deretter opp stengelen og blir fullkomne i en blomsterkrone bestående av omdannede blad. Goethe skrev Faust, samt om fargelæren (*Zur Farbenlehre* (Til farvelæren, 1810) som utfordret Newton med et poetisk syn på fargene: blå er kald, rød er varm. Linné ble professor i medisin ved Uppsala universitet, og var første president i det nyopprettede Kungliga Svenske vitenskapsakademi fra 1739. Linné grunnla den botaniske hagen i Uppsala, som ble en av de fremste i Europa. Linné oppkalte også planter etter venner f.eks. *Rudbeckia*.

Linné hadde selv måtte reise utenlands for å ta sin doktorgrad, men deretter strømmet vitenskapsmenn til Uppsala. Den dansk-norske botanikeren **Martin Vahl** (1749-1804) var elev hos Linné. Vahl ble ansatt som professor i botanikk og direktør for den botaniske hagen i København. Vahl hadde ansvaret for bind 16-21 av *Flora Danica*, men ble ikke selv ferdig med sitt ambisiøse verk *Enumeratio Plantarum*. Adam Oehlenschläger skrev et vakkert dikt ved Vahls død².

*Dækker Graven, grønne Urter smaae!
Eders Ven, som elskte jer saa saare.
Han er død. O, ryst fra Himlens Blaa,
Høie Gran! Din tunge Veemodstaare.
Hvide Rose med det blege Smiil!
Sødt indslyng dig dem den friske røde;
Osv.*

²Oehlenschläger, Adam: Vahl. Fra Udvalgte digtninger. Lyriske digte. Gyldendalske Boghandel, Nordisk forlag 1905.

Godseieren og politikeren **Peder Anker** (1749-1824) var også på besøk hos Linné. Det var også **Peter Ascarius** (1723-1803) som ble professor i København.

Linnés samlinger ble solgt av familien til legen **James Edward Smith** for 900 guineas, og ble brakt til England før svenskene oppdaget hva som hadde skjedd. Samlingen ble et verdifullt grunnlag for det vitenskapelige selskapet *The Linnaean Society* til vitenskapens fremme, som hadde til formål å studere Linnés arbeider.

Frankrike og biologi

Den franske zoologen **Georges-Louis Leclerc Comte de Buffon** (1707-1788), levde samtidig med Linné, og utgav encyclopedien *Histoire Naturelle, générale et particulière* i 44 bind, med flere hundre fargeillustrasjoner av biologisk materiale. **Louis Jean-Marie Daubenton** (1716-1800) skrev om pattedyr og **Lacépède** om krypdyr og fisk. Buffon ble 34 år gammel leder av den kongelige botaniske hagen Jardin du Roi, som etter revolusjonen ble omdannet til det naturhistoriske muséet Muséum d'Histoire Naturelle og den botaniske hagen Jardin des Plantes i Paris. Buffon mente at det ikke var noen fundamental forskjell mellom planter og dyr, bestanddeler fra alle organer forenes i egg og

sperm, misdannelser skyldtes at noen parikler manglet, og han observerte at områder med samme klima ikke nødvendigvis hadde samme dyre- og planteliv. Han mente at jorda og organismene måtte være mye eldre enn 6000 år. Basert på avkjøling av jernkuler konkluderte han med at jorden måtte være ca. 75.000 år gammel. Buffon oversatte Stephen Hales *Vegetable Statics* til fransk. Buffon ble også opptatt av Benjamin Franklins tanker om en sammenheng mellom lyn og elektrisitet, at lys var elektriske utladninger. Newton og andre hadde også vært inne på slike tanker, men Franklin gjorde praktiske eksperimenter. I 1746 hadde **Pieter van Musschenbroek** oppdaget prinsippet ved Leydenflasken som ga en mulighet til å lagre elektrisitet. Etter Franklins idé og påtrykk fra Buffon satte i 1752 **Thomas François d'Abilard** opp en lang metallstav isolert nederst fra bakken med et trebord på vinflasker. Etter et tordenvær ble metallstaven ladet og det ble mulig å trekke gnister ut av metallstaven. Buffon ble i 1753 foreslått innvalgt til det franske vitenskapsakademi (Académie des Sciences) - grunnlagt i 1666. **Richelieu** hadde opprettet *Academie français* i 1635 for å beskytte fransk språk. Buffon forstod ikke betydningen av Linnés arbeid og kalte klassifikasjonssystemet til Linné for kunstig. Buffon trodde på spontan skapelse, og at liv kunne skapes av inert materiale. Frankrike var et kultursentrum på denne tiden, og Buffon skrev om naturvitenskap i *Encyclopédie, ou Dictionnaire raisonné des sciences, des arts et des métiers* som kom ut i 28 bind i perioden 1751-1772. **Jean Baptiste Pierre Antoine de Monet, Chevalier de Lamarck** (1744-1829) ble først engasjert av Buffon som lærer. Lamarck ble ansatt som botanisk assistent i det franske vitenskapsakademiet og han ble korrespondent for Jardin de Roi. Lamarck skrev en fransk flora i 3 bind, *Flore Française* i 1778. I 1793, da Ludvig XVI ble halshogd, ble Lamarck, selv om han var botaniker, ansatt som professor i naturhistorie for insekter og ormer, egentlig invertebrat zoologi. Naturhistorie er biologi uten cellebiologi, biokjemi, formler og tall. Mennesket er et biologisk vesen som viser nysgjerrighet overfor sine medskapninger, noe som kan synes å stå i motsetning til den vitenskapelige biologi med artskunnskap, livssykluser, og kretsløp.

Etienne Geoffroy Saint-Hilaire (1772-1844) ble ansatt som professor i zoologi med ansvar for vertebratene, og det pågikk en diskusjon om det var form eller funksjon hos individene som var viktigst. Saint-Hilarie hadde undersøkt skjelettene til mange typer virveldyr, men han mente å finne at også insekter og mollusker var bygget over samme lest som vertebratene, noe Cuvier var sterkt uenig i. Saint-Hilarie mente også at drivkraften for evolusjonen var omgivelsenes påvirkning som ga egenskaper som ble nedarvet.

Lamarcks teori om evolusjon ble kalt Lamarckisme, og var ingen dårlig teori på det tidspunkt den ble fremsatt, egentlig den beste evolusjonsteorien før Darwin. Lamarcks evolusjonsteori tok for seg sammenhengen mellom livsformer og deres miljø, og hans *Philosophie Zoologique (Zoologisk filosofi)* fra 1809, samme år som Darwin ble født, og *Histoire naturelle des animaux sans vertebres* (1815) inneholdt Lamarcks teorier. Lamarck mente at artene i dyreriket ikke var konstante, men i stadig endring. Han observerte at armene på flaggermus og sveivene på hval var laget over samme lest. Han mente videre at når et organ ble brukt ble det bedre tilpasset til formål, og organer som ikke ble brukt ble rudimentære. Han trodde at giraffen fikk langs hals ved å strekke seg mot høye greiner, og at kenguruen fikk kraftige bakbein fordi de ble brukt til å flykte fra predatorer. Lamarckismen sa at alle streber etter å forbedre og tilpasse seg, og at de nye ervervete egenskapene kunne nedarves. Lamarck overlot evolusjonen til individets vilje til å gjøre noe, og dette ble nedarvet, dvs. nedarving av ervervede egenskaper. Lamarck tok

feil da han trodde at en vanlig høy plante som flyttet til fjellet og fikk dvergvekst, også ville gi dverger i avkom. Bonsai er ingen egen art, og avkom fra en bonsai gir ikke nye bonsai uten videre. Lamarck sa i 1809 "no body can have life if its constituent parts are not cellular tissue or are not formed by cellular tissue". I 1824 støtter en annen franskmann **René Joachim Henri Dutrochet** (1776-1847) dette synet. Dutrochet fremkastet også tanken om at bare celler som inneholdt klorofyll kunne ta opp karbondioksid. Dutrochet studerte også fenomenene osmose, respirasjon, gravitropisme og fototropisme hos planter.

Dansken **Nicholas Steno (Niels Stensen)** (1638-1686) arbeidet med disseksjoner av dyr bl.a. av hodet hos hai. Stensen laget også et system for lagdeling og fossiler, og var en av grunnleggerne av læren om stein (mineralogien) og læren om jordas egenskaper og tilblivelse (geologi). **Georges L.C.F.D. Cuvier** (1769-1832), en av grunnleggerne av moderne paleontologi og komparativ anatomi, og som rekonstruerte fossiler fra store invertebrater, hadde ingen sans for Lamarcks evolusjonsteori. Cuvier mente at utdødde livsformer var bindeledd til dagens nålevende former, og at det fantes en nedstammingslinje fra en stamform. Sedimentære bergarter kunne betraktes som et museum hvor individer ble samlet tilfeldig og med lange mellomrom i tid og rom. Cuvier forstod ikke at det var evolusjon det dreide seg om og han mente dog at gud laget katastrofer som utryddet og utslettet faunaen med jevne mellomrom, og skapte bedre former via gjentatte skapelser. Diskusjonen mellom Cuvier og Lamarck åpnet opp for nye tanker om alderen til jorda og levende organismer. Også **Leonardo da Vinci** (1452-1519) og Robert Hooke hadde studert fossiler.

Zoologi, anatomi og fysiologi

De to anatomene **Herophilus** (320 -260 f.kr) og **Erasistratus** (310-250 f.kr.) fra Alexandria hadde god oversikt over menneskets blodårer, innvoller, nervesystem med senter i hjernen, fordøyelsessystem, og det reproduktive system. Tidligere hadde man trodd at vener fraktet blod og arteriene luft.

Belgiske **Andreas Vesalius** (1514-1564) var professor ved universitetet i Padua. Han dissekerte dyr og mennesker, studerte struktur og laget et anatomisk atlas *De humani corporis fabrica* (1543) (*Om menneskekroppens bygning*) hvor **Jan van Calcar** laget bildeplatene til tresnittillustrasjonene. Verket som kom ut i samme år som Copernicus *De Revolutionibus* viste muskler, skjelett, blodårer og nervesystem, og illustrasjonene var mer omfattende enn de skriftlige beskrivelser. *Epitome* var en kortere versjon beregnet for studenter. Vesalius viste at mannen hadde et partall med ribbein, noe som var i strid med kirkens tro om at en gud hadde tatt ett ribbein og skapt Eva. Disseksjoner ble en viktig del av undervisningen, og studentene kunne lære mer om anatomi hos en slakter enn å høre gammel lærdom fra Galen. Vesalius viste hvordan den tradisjonelle galeniske anatomi inneholdt feil. Vesalius trodd imidlertid at blodet ble laget i leveren. **Santorio Santorio** (1516-1636) var professor ved Padua og arbeidet med eksperimentell fysiologi. Fysiologi er læren om livsyttingene. Han laget et termometer, et feberkart, og et instrument for å måle puls. Santorio arbeidet med svetting gjennom huden, og gjorde forsøk på seg selv med veiinger av mat, drikke og ekskresjon. Han skrev *Ars de medicina statica aphorismi* (1614). Den franske legen **Ambroise Paré** (1511-1553) var en kirurg som innførte nye metoder for sårbehandling etter skuddskader og bruk av livreddende amputasjoner.

Matteo Realdo Colombo (1516-1559) omhandler lungesirkulasjon i *De re anatomica* utgitt etter hans død i 1659. Colombo observerte også at høyre nyre er plassert lavere enn den vesntre. *De re anatomica* ble oversatt til engelsk i 1578 og til tysk i 1609. Colombo var lege for Michelangelo. **Michael Servetus** (Miguel Serveto) (1511-1553) beskrev lungesirkulasjonen, blodets lille kretsløp. Han stod i opposisjon til både katolikker og protestanter. Han trodde ikke på treenigheten og angrep barnedåpen i *De Trinitatis Erroribus (Om treenighetslærens villfarelser)* (1531), og den ble for radikal selv for reformasjonen. Servetus ble brent på bålet av den spanske inkvisisjonen sammen med det teologiske verket *Christianismi Restitutio (Gjenopprettelsen av kristendommen)* (1553) rundt halsen. Dette var på den tiden **Jean Calvin** (1509-1564) ledet reformasjonsbevegelsen med streng kirketukt i kirke og samfunnsliv. Calvin fjernet helgenbildene, og representerte et tilbakeskritt med et kaldt, gledesløst liv preget av strenghet, og med tro på predestinasjon. **Sebastian Castellio** (1515-1563) var i opposisjon til Calvin, talte om trosfrihet og skrev *De haereticis, an sint persequendi (Skal kjettere forfølges)* (1554). Betydning for toleransen fikk **Jacobus Acontius** (Giacomo Aconcio)(1500-1566) med verket *Satans krigslist* (1565), hvor forfølgelse av kjettere ble beskrevet som satans verk. Hekser tjente satan, og det ble satt i gang hekseprosesser med tortur. Pave Innocens 8. utstedte i 1484 et dekret om at hekser skulle finnes og drepes. Dominikanermunkene Heinrich Kramer og Jacob Sprenger skrev *Malleus malificarum* (1486) (Heksehammeren) som ga råd om hvordan man kunne identifisere hekser og ved inkvisisjonen bringe dem til straff ved å brenne dem levende på en stake i bålet. Heksejakten var seksuelt preget, og man mente at heksene og trollkvinnene hadde seksuelt samkvem med djevelen som hadde en hov i stedet for fot. Kvinners seksualitet har alltid representert en trussel mot patriarkatet. For prester pålagt et meningsløst sølibat har seksualiteten alltid forblitt et mørkt kapittel. Massehysteriet spredde seg og presteenken **Anne Pedersdatter** ble brent på bålet i Bergen i 1590. **Jan Hus** ble brent på bålet i 1415. Hekseprosessene i Europa varte fra 1200- til 1800-tallet. Den franske legen **Jean Fernel** (1497-1558) skrev boka *Physiologia. On the Natural Part of Medicine* (1554). Fernel oppdaget at mennesket kan stå på hodet og svelge. **Gabriele Fallopio** (1523-1562) skrev *Observationes anatomicae* (1561), oppfant kondomet, og oppdaget egglederene, som i dag kalles fallopiske rør (*tuba Fallopii*). Fallopisk graviditet er graviditet utenfor livmoren i egglederne. **Bartolomeo Eustachio** (1520-1574) gjorde disseksjoner og undersøkelse av øret, og øretrompeten kalles idag det eustachiske rør (*tuba Eustachii*). Fallopios elev **Girolamo Fabrici d'Acquapendente** (Fabricius) (1537-1619), professor i Padua, publiserte embryoutviklingen fra egg til kylling i et plansjeverk laget med etsete kobberplater. Tidligere hadde man brukt tresnitt. Fabrici skrev *De venarum ostiis (Om klaffene i venene)* (1603), og bidro med kunnskap om blodsirkulasjon. **Andrea Cesalpino** (1519-1603) var professor i medisin og botanikk i Pisa og lege for pave Clement VIII. I verket *Quaestionum perpateticarum* viste Cesalpino at blodet gikk fra arterier til vener og fra vener til hjerte. Hjertet var det viktigste organet i kroppen. Den franske legen **Ambroise Paré** (1510-1590) kunne med erfaring fra krigskirurgi legge grunnlag for sårbehandling og mer moderne amputeringsteknikker.

Kenelm Digby (1603-1665) skrev *Nature of Bodies, og Immortality of Reasonable Souls* og stilte spørsmålet om alle delene i et individ er dannet ferdig på forhånd. Han mente at utviklingen av egget var en fysiokjemisk prosess. **Nathaniel Highmore** (1613-1685) bragte fram en atomistisk teori, og skrev *The History of Generation*. **Thomas Browne**

(1605-1682) behandlet egg med væsker og så hva som skjedde. Browne er en av de første som sår tvil om biogenese i *Pseudoxia Epidemica* (1646). I middelalderen trodde man at embryo ble dannet i en prosess som lignet på å lage ost med løype, en teori fra Aristoteles dager. Aristoteles lurte også på hvorfor gravide kvinner ikke menstruerte, og kanskje ble barn laget av oppsamlet blod. **Conrad Gesner** (1516-1565) forsøkte å beskrive alle levende dyr i 5-bindverket *Historia animalium*, men der var også dyr som han bare hadde hørt om bl.a. basilisk. Den franske naturviteren **Pierre Belon** la grunnlaget for komparativ anatomi ved å plassere et skjelett av en fugl og et menneske ved siden av hverandre. **William Harvey** (1578-1657) ga forklaringen på puls, hjerteslag og blodtransport, og beregnet hvor mye blod hjertet kunne transportere. Harvey skrev *Exercitatio anatomica de motu cordis et sanguinis (Anatomisk behandling om bevegelse av hjerte og blod)* (1628) som omhandlet teorien for blodets kretsløp. Med eksperimenter fant Harvey at noe blod gikk fra hjertet og noe kom til hjertet, en mekanisk betraktning. Blodet måtte gjennom lungene for å komme fra høyre til venstre side av hjertet, og hjerteslaget ga sirkulasjon av blodet. Fra hjerte gikk blodet til arteriene og via venene tilbake til hjerte i en kontinuerlig sirkel. Man trodde imidlertid at egenskaper kunne overføres med blod. **Giovanni Alfonso Borelli** (1608-1697) ved universitetet i Pisa studerte bevegelsen hos dyr og mennesker ut fra et mekanisk synspunkt, bl.a. tungen hos hakkespetter. Borellis verk *De motu animalium (Om bevegelsen i dyr)* ble publisert etter hans død. Samtidig med Borelli levde **Nicolaus Steno** (1638-1686) som studerte muskelstrukturen ved hjelp av mikroskop. Legen **Julien Offroy de la Mettrie** (1709-1751), en av Boerhaves elever, betraktet mennesket som en maskin *L'homme machine* (1748). Mettrie mente at det ikke var noen fundamental forskjell mellom mennesker og dyr, og mennesket var en spesiell ape, men overlegen pga. spåket. Sjelen var ikke udødelig, og det var ikke nødvendig med en gud. Man burde velge den nytelsen som ga lykke. Mettrie skrev *Observations de médecine pratique* (1743) som var et angrep på legene, og stor furore gjorde hans *Histoire naturelle d l'âme* (1745). **Marcello Malpighi** (1628-1694) undersøkte ikke bare plantenes anatomi. Han observerte at lunger har rør og hulrom og små kapillærer (hårrør) med blod. Han så blodceller og fant forbindelser mellom vener og arterier. Han studerte ånderør, trakeer, hos silkeorm, og disse kalles fremdeles Malpighiske rør. Dyrevev gjorde han hardt ved å koke det. Han oppdaget et nettverk av rør i nyrene, og rørene i nyrene kalles fremdeles Malpighiske follikulære legemer. Malpighi studerte tungen og tungemusklene, leveren og han observerte pyramideceller i hjernebarken. Embryologien utviklet seg med studier av hønseegg. Han så neuralrøret og den optiske vesikkel som ble til øye. **Nehemiah Grew** (1628-1712) studerte planter, men skrev også zoologiske arbeider som *Comparative Anatomy of Stomachs and Guts* (1681). Grews religiøse overbevisning preget *Cosmologica Sacra* (1701).

Francis Glisson (1597-1677) studerte muskelsammentrekning og viste ved hjelp av Arkimedes prinsipp at det ikke skjedde noe økning i volumet under sammentrekningen. Nederlenderen **Jan Swammerdam** (1637-1680) gjorde studier av silkeormer som var viktig i tekstilindustrien, samt komparativ anatomi. Han studerte planter og dyr i mikroskopet og dissekerte ut med pinelig nøyaktighet hele nervesystemet hos insekter. Sæden inneholdt en aura, *aura seminalis*. Hva metamorfosen hos insekter skyldtes var omdiskutert. I det franske vitenskapsakademiet arbeidet anatomen **Claude Perrault** (1613-1688) som dissikerte og beskrev anatomien hos en lang rekke dyr, som kameleon, bjørn, dromedar. Perrault var arkitekt og ble kjent for å bygge østfasaden på Louvre. **Frederik Ruysch** (1638-1731) laget anatomiske preparater ved å sprøyte fargestoffer inn i årer og rør.

Ruysch og Swannerdam kjente hverandre. Ruysch hadde et anatomisk museum i Amsterdam, et nekropolis. *Ab utero ab tumulum* - fra livmor til grav, med kunstnerisk fremstilte samlinger av organer og skjeletter (diorama). ³Han fant metoder for å bevare vev og organer, ved å lagre preparatene på sprit. Ruysch oppdaget at det gikk små kapillærer til alle deler av kroppen. Den berømte legen Boerhaave skrev *Institutiones medicae*. Legen **Gasparo Aselli** (1581-1626) laget fargete anatomiske illustrasjoner bl.a. av tarmen hos hunder etter at de hadde spist, publisert etter hans død i *De lactibus sive lactei venis* (1627). Der beskrev Aselli hvite tråder som det tørt hvit væske ut (*venae albae et lacteae*). Det skulle seinere vise seg å være lymfevev og ble seinere studert av dansken **Thomas Bartholin** (1616-1680) i København (jfr. bartholinske kjertler) , og av svensken **Olof Rudbeck** (1630-1702) i Uppsala, sønn av biskop Rudbeckius. Resultatene ble framvist for dronning Kristina i Sverige. Thomas Bartholin var sønn av **Caspar Bartholin den eldre** (1585-1629) som skrev boka *Anatomicae institutiones*.

³Rosamond Wolff Purcell and Stephen Jay Gould: *Finders, Keepers: Treasures and Oddities of Natural History*. W.W. Norton, 1992.

Ole Worm (1588-1654) var professor ved universitetet i København og samlet inn planter, dyr og mineraler. Det ble opprettet et *Museum Wormiarum* i 1655 året etter han døde. **Richard Lower** (1631-1691) med hovedverket *Tractatus corde* (1669) drev med blodoverføringer mellom tamme og ville dyr, og mellom unge og gamle. Lower var en av grunnleggerne av The Royal society. Lower dissikerte hjernen og laget plater for hjerneanatomi i **Thomas Willis** *Cerebri Anatome* (1664). Lower viste at det gikk nerver til hjertet. Han observerte at hvis han blåste luft inn i en hundelunge så ble det mørke blodet lysere. **Robert Boyle** hadde observert at både fugler og mus døde hvis han pumpet luft ut av et kammer med nyoppfunnet luftpumpe. Dyr tar opp noe når de puster viste Lower, dette var de første studier av respirasjon, men det var først Scheele, Lavoisier og Priestley i neste århundre som oppdaget oksygen. **René Antoine Ferchault de Réaumur** (1683-1757) studerte fordøyelsen hos dyr, skrev et stort verk om insekter i perioden 1734-1742, og studerte fosforescens hos marine dyr.

Lazaro Spallanzani (1729-1799) studerte fordøyelse og befruktning. Spallanzani gjorde eksperimenter som viste at det skjedde en ytre befruktning av froskeegg, og at det måtte være direkte fysisk kontakt mellom egg og sperm. Froskehannen sprøyter ut sæd rett etter at hunnen legger egg. Fortynnet sæd var mindre effektiv enn konsentrert, og et partikulært stoff i sæden var virkningsfullt. **Albrecht von Haller** (1708-1777) fra Sveits, elev av Hermann Boerhaave (166-1738), hadde stor arbeidskapasitet, var anatom, fysiolog, botaniker, poet, historiker, teolog og laget en gresk og hebraisk ordliste. I universitetet i Göttingen laget han en botanisk hage. Atlas over blodårer ble laget ved å injisere fargestoff. Von Haller studerte hvordan vev reagerte på stimuli, hvordan galle deltok i fordøyelsen og observerte at hjerteslaget skjedde i hjertemuskelen. von Haller skrev *Elementa physiologiae*. Haller og entomologen **Charles Bonnet** (1720-1793) som levde i Genf i Sveits oppdaget partogenese. Bonnet studerte også bladenes nytte, *Recherches sur l'usage des feuilles* (1754), bladstilling, dreining av stengler og blad, observerte at det ble dannet luftblærer fra avskårne blad neddykket i vann og at det var forskjeller i bladets over- og underside. Det var flere luftblærer på undersiden enn på oversiden og blærne forsvant om natten. **Stephen Hales** (1677-1761) studerte blodsirkulasjon og målte blodtrykket. Hales oppdaget at det var en sammenheng mellom stimulering av nerver og muskelbevegelser, og skrev *Haemastatics* (Blodstatik)(1733). **John Hunter** (1728-1793) var lege og gjorde studier av blodsirkulasjon. Hunter inokulerte seg med puss fra en pasient som hadde gonorré, og samlet kuriositeter i et museum. Hans bror **William Hunter** har gitt navn til et annet museum, "The Hunterian Museum".

Pierre Louis Moreau de Maupertuis (1698-1759) var matematiker og biolog og ledet en ekspedisjon til Lappland hvor han skulle måle lengden av grader langs meridianen og vise at jorden var flatere ved polene. Han skrev *Système de la nature* (1751) og i *Essai de cosmologie* er han inne på tanken om at den sterkeste overlever. I *Venus physique* (*Den jordiske Venus*)(1745) mente Maupertuis at begge foreldrene bidro til sæd som ble blandet i mors liv og deretter ga grunnlag for utvikling. **Marie François Xavier Bichat** (1771-1802) organiserte kroppen i organer og cellevev, grunnlaget for fagområdet histologi beskrevet i *Traité de membranes en général, et diverse membranes en particulier* (1800). Han gjorde studier av evnen til å reagere på stimuli (irritabilitet) og evnen til å motta signaler (sensibilitet). Naturfilosofen **Lorenz Oken** (1779-1851) sammenlignet dyr med en arketype og postulerte begrepet "Urschleim" som seinere ble byttet ut med "protoplasma". Oken skrev det store verket *Naturgeschichte für alle Stände*(1833-1841). Oken utga tidsskriftet *Isis*.

Allerede på 1700-tallet hadde man tanker om et manglende trinn mellom mennesker og aper f.eks. i *Anthropomorpha* skrevet av **Christianus Emmanuel Hoppus**. **Edward Tyson** gjorde disseksjoner av muskler av aper og mennesker og så likheter. Hollenderen **Regnier de Graaf** (1641-1673) gjorde sammenlignende studier av eggstokkene hos pattedyr og fugler. Ovariefolliklene sammenlignet han med egg hos fugler, men tok feil siden de er blastocyster hvor det mikroskopiske egget utvikler seg. Graafiske follikler kalles de fremdeles, og ovarie var et navn han brukte. Graaf skrev *De mulierum organis generationi inservientibus* (*Generative organer hos kvinner*) hvor han beskrev det gule legeme (*corpus luteum*). Graaf undersøkte også fordøyelsen.

Charles Bonnet (1720-1793) kom med den oppsiktsvekkende og feilaktige idé om at den første hunnen i hver art inneholdt en preformet kim til alle de etterfølgende generasjoner som kinesiske esker, etter studier av partogenese hos bladlus, presentert i *Considérations sur les corps organisés* (1762). Leeuwenhoek hadde i 1677 oppdaget av bladlus formeres uten hanner. Partogenese hvor det fødes bare hunner gir rask tilpasning og utnyttelse av en næringskilde. **Caspar Friedrich Wolff** (1733-1794) oppdaget primitive nyrer kalt "Wolffiske legemer", som forsvant hos de voksne, bortsett fra hos noen fisk. Wolff skrev *Theoria generationis* (1759).

Abraham Trembley (1710-1784) studerte ferskvannspolyppen *Hydra* som han trodde var parasittiske planter. Ved å kutte dem i fragmenter så Trembley at de regenererte og dannet nye individer, og skjønnte etter hvert at de måtte være dyr, og at de formerte seg ved knoppskyting. Hydra er et navn fra gresk mytologi på et mangehodet monster som levde i den lærneiske sump og ble drept av Herakles. Egg i folliklene ble oppdaget av **Karl Ernst von Baer** (1792-1876) beskrevet i *Epistola* (1827). Baer viste sammenhengen mellom den graafske follikel og pattedyregget i *On the Origin of the Mammalian and Human Ovum* (1928), og han skrev også *On the Development History of Animals* (1828). Baer introduserte begrepet spermatozoa. Zoologen **Richard Owen** (1804-1892) ga i 1827 navnet Spermatozoa på en orden i dyreriket. **Martin Barry** fant befruktede egg i egglederene hos befruktet kanin i 1843. **George Newport** så at spermatozoer trengte inn i slimkappen i froskeegg. I 1879 fant **Herman Fol** at en spermcelle var nødvendig for å befrukte egget hos en sjøstjerne.

Tyskeren **Johannes Peter Müller** (1801-1858) ved universitetet i Berlin introduserte eksperimentell fysiologi bl.a. i *Handbook of Human Physiology*. En av Müllers mange elever var Koelliker, i tillegg til Henle og Schwann, og Virchow. **Koelliker** fant at både egg og sperm var en celle og han skrev en bok i histologi *Handbuch der Gewebelehre* (1852), og en bok i komparativ embryologi *Entwicklungsgeschichte*. **Jacob Henle** (1809-1885) studerte de endokrine kjertler og har gitt navn til Henles sløyfe i nyrene.

Henry Starling (1866-1927) og **William Maddock Bayliss** (1860-1924) var endokrinologer og fant bl.a. at hormonet sekretin fra tynntarmen gir utslipp fra bukspyttkjertelen.

Franz Leydig (1821-1908) studerte kjernen under celledelingen. **Robert Remak** (1815-1865) definerte de tre kimlagene ekto-, meso- og endoderm.

Røntgen oppdaget røntgenstrålene i 1895, men det var **Walter Cannon** som tok dem i bruk for å studere indre organer bl.a. magen hos katter foret med vismut som blokkerte røntgenstrålene. Oppdaget også fluktreaksjonen hos dyr. Fluktreaksjonen oppstår etter en fryktreaksjon hvor dyrene samler seg før de flyker. Cannon innførte begrepet homeostase (homøstase).

Franz Gall (1758-1828) studerte hjernens anatomi og utviklet faget kranologi, hvor han trodde at personligheten og mental karakter kunne bestemmes ut fra skalleformen, hjernebarken skulle være utviklet avhengig av temperament, seinere kalt frenologi. Frenologi var populært i både England og USA, og ble brukt til å rettferdiggjøre underklasser. Neurologen **David Ferrier** fant at elektrisk stimulering av visse deler av hjernen ga spesifikke muskelbevegelser, beskrevet i *The Functions of the Brain* (1876).

Wilder Penfield (1891-1976) oppsummerte hvilke deler av hjernebarken som gjorde hva.

Charles Bell (1774-1842) publiserte etter mye om og men *Idea of a New Anatomy of the Brain* (1811). Bell var kunstner og tegnet tetanus hos soldater ved Waterloo, og nervesystemet. Bell ville ikke gjøre smertefulle forsøk på dyr, men det ville derimot **François Magendie** (1783-1855) som dissekerte levende dyr og gjorde bisarre undersøkelser på mennesker og dyr. Det var strid mellom Bell og Magendie, hvor Bell beskyldte Magendie for å stjele hans idéer. Begge kan vel sies å ha oppdaget sensoriske og motoriske funksjoner til spinalnerver.

Emil de Bois-Reymond konstruerte myograf med en roterende trommel som ga et utslag når det ble sendt strøm gjennom en muskel. **Jan Evangeliste Purkyne, Purkinje** (1787-1869) gjorde studier av øyet med enkle midler og hans navn er tilknyttet Purkinjeceller, Purkinjefibre og Purkinjefenom ved fargesyn.

Hans Spemann (1869-1941) var embryolog, og oppdaget at når et salamanderegg vokste ble det dannet en ball av celler. Etter hvert bøyde den ene siden av ballen seg innover til den møtte den andre siden, og røret hadde en munn og anus i hver sin ende. Spemann drev også transplantasjoner, og kunne få dannet siamesiske tvillinger av salamandere. Ved mikrodisseksjon flyttet han deler av embryo over til andre steder av embryo. Han studerte utviklingen av øye hos frosk, og hvis øyekoppen i det underliggende vevet ble fjernet ble det ikke dannet noen linse. Spemann arbeidet ved det zoologiske instituttet i Würzburg sammen med cytologen **Theodor Boveri** (1862-1915). Boveri oppdaget polyspermi i befrukningen av sjøpinnsvinegg.

Ross Harrison (1870-1959) fant at celler kunne vokse utenfor kroppen, bl.a. nervevev fra froskeembryoer kunne vokse i vevskultur i lymfevæske som vekstmedium. **Alexis Carrel** (1873-1944) brukte blodplasma i stedet for lymfevæske og kunne holde hjertevev levende i lang tid. Vev kunne holdes i vevskultur, og Carrel fikk nobelprisen i medisin i 1912. Carrel var tilhenger av eugenikkbevegelsen.

William Bayliss skrev *Principles of General Physiology* (1914), og oppdaget sammen med **Starling** at utskilt sekretin kunne få bukspyttkjertelen til å skille ut fordøyelsessaft. Starling studerte også hvordan blod tok opp væske, og hvordan mengden blod ut fra hjertet avhenger av hvor mye som kommer fram til hjertet. **Hardy** kalte seinere stoffet for et hormon. **J.J. Abel** og **J. Takaminé** hadde isolert et stoff fra binyrene som de kalte adrenalin. **Edward C. Kendall** isolerte thyroxin fra skjoldbruskkjertelen. **Charles H. Best** og **Frederick Banting** oppdaget i 1921 insulin, et stoff fra bukspyttkjertelen, sammen med **Macleod. Evans** oppdaget at hypofysen laget flere hormoner bl.a. prolaktin som stimulerte morsfølelsen og melkeproduksjon. **de Vigneaud** oppdaget vasopressin som kontrollerer blodtrykk og oksytocin som gir sammentrekninger i livmoren under fødslen. **Max Born** og seinere **George Corner** studerte hormoner fra det gule legemet og fant progesteron. **Rocha e Silva** fant bradykinin.

Charles Scott Sherrington (1889-1977) studerte hvordan sansereceptorer kontrollerte muskler, og ga økt forståelse av hvordan hjernen virker, oppdaget elektriske fenomener ved nerveimpulsen, og han skrev *Integrative Action of the Central Nervous System*.

Edgar Douglas Adrian (1857-1952) gjorde studier av elektriske impulser fra sansestimuli bl.a. lukt og drev elektrofysiologiske studier. Dette ga økt forståelse av hvordan nerveimpulsene av elektrisk natur fungerte. **Otto Loewi** (1873-1961) og **Henry Hallett Dale** (1875-1968) oppdaget den kjemiske naturen til overføring av nerveimpulsen med det kjemiske stoffet acetylcholin som neurotransmittor som overfører signalet i gapet mellom to nerveceller.

Albert von Szent-Györgyi (1893-1986) viste at aktin og myosin i muskler trekker seg sammen i nærvær av ATP. Han studerte respirasjon og effekten av vitamin C. Selv om man kjente mye til hvordan nervene og musklene virket var hjernen et mysterium. Den sveitsiske kjemikeren **Albert Hofmann** fant stoffer som meskalin, LSD (lysergysyredietylamid), samt psilocybin fra en sopp, som ga sterke hallusinasjoner, lignet shizofreni og ga følelse av uvirkelighet. Dette viste at det måtte være mye kjemi i hjernens tanke- og forestillingsverden.

Johannes Holtreter (1901-1992) utviklet en steril saltløsning som han kunne bruke til dyrking av embryo. Nobelprisen i fysiologi og medisin i 1995 gikk til utviklingsbiologene **Edward B. Lewis** (1918-), **Eric F. Wieschaus** (1947-) og **Christiane Nüsslein-Volhard** (1942-) for studiet av gener som kontrollerte utviklingen av kroppssegmenter hos bananflue (*Drosophila*).

Ifølge mekanisk filosofi styres livet av fysisk-kjemiske lover. Vitalistene mente at det fantes en sjel eller vitalkrefter. Ifølge det teleologiske prinsipp er hver del av kroppen formet med en hensikt. **Franciscus Sylvius** (1614-1672) ved universitetet i Leiden startet en eksperimentell tilnærming til fysiologien og var opptatt av syrer, baser og salter. At kroppstemperaturen var konstant ble vist av **Charles Blagden** (1748-1820) og **John Hunter** (1728-1793), og at temperaturreguleringen var fundamental.

Den franske fysiologen **Claude Bernard** (1813-1878) viste betydningen av leveren og bukspyttkjertelen under fordøyelsen, og sammenhengen mellom sukker i blodet og glykogen i leveren. Han studerte en rekke fysiologiske fenomener bl.a. hvor vasomotoriske nerver kunne gi sammentrekning av blodårer og reduksjon av blodtrykket. Han viste hvordan kroppen forsøkte å opprettholde et konstant indre miljø. Fysiologien baserte seg på eksperimentelle metoder og Bernard undersøkte virkningen av kurare og karbonmonoksid, samt theriak. Bernard skrev *Introduction to the Study of Experimental Medicine* og *Lessons in Experimental Physiology Applied to Medicine*. Bernard mente at det alltid var en fysisk-kjemisk basis for alle vitalkrefter, selv hvor mystiske disse kreftene kunne virke.

Carl Ludwig (1816-1895) utarbeidet teknikker for perfusjon av dyreorganer med blodplasmalignende stoff, studerte oppsamlingsteknikker for blodgasser og utviklet en kymograf. **Walter Bradford Cannon** (1871-1945) skrev *The Wisdom of the Body* (1932) og innførte begrepet homeostase.

Kjønn

Daddelpalmen er eksempel på en tokjønnnet plante med egne hanntrær og hunntrær. Allerede i det gamle Assyria og Babylon ble man klar over at pollen fra hanntrærne var nødvendig for å gi dadler på hunntrærne. Kunstig pollinering ble utført av prestskapet. Man kunne på denne måten klare seg med færre hanntrær, noe allerede Theophrastus

hadde beskrevet. Hippokrates mente at nye skapninger oppstod ved sammensmelting av seminal væske fra begge kjønn, men ifølge Aristoteles kom vitalitetsprinsippet fra hannen. Leeuwenhoek hadde også observert "vermiculi" i sperm. Kvinnen fungerte bare som substrat eller jord for mannens sæd. Dette siste passet godt overens med det patriarkalske system. Harveys *ex ovo omnia* - alt kommer fra et egg, ble en aforisme, men Harvey la nok noe annet i begrepet egg enn det vi gjør i dag. **William Harvey** (1578-1657) er kreditert for oppdagelsen av blodomløpet. Harveys *De Motu Cordis (Om bevegelsen av hjertet)* fra 1628 representerte et av de første eksperimentelle arbeidene i fysiologi siden Galen.

I 1694 skrev **Rudolph Jacob Camerarius** (1665-1721) fra Tübingen i Tyskland en avhandling *De sexu plantarum epistola (Om sex hos plantene)* som viste at pollinering var nødvendig for å få frø av mais og spinat. Camerarius viste at det ikke ble frø hvis hannblomsten ble fjernet fra dioike planter. Han mente at plantene hadde forskjellig kjønn som dyrene. Det ble vist eksperimentelt at planter hadde seksualitet, og at det også innen planteriket skjedde kjønnet forplantning. Camerarius laget en hybrid mellom hamp og humle. Kryssingsforsøkene ga mulighet for kryssing mellom nærstående arter. Bastarder frambrakt ved slik krysning kalte botanikerne hybrider. Det var omstridt om plantene hadde forskjellig kjønn, og i 1760 vant Linné en pris utlovet av vitenskapsakademiet i St.Petersburg til den som kunne gi best svar på dette, i et arbeid med Primula-hybrider. I avhandlingen *Disquisitio de sexu plantarum* rapporterte Linné at han hadde krysset to *Tragopogan*-arter. Den engelske botanikeren **Thomas Fairchild** hadde laget hybrider av nellik i 1717 ved krysning av bustnellik og hagenellik. Den franske botanikeren **Sébastien Vaillant** (1669-1721) skrev *Sermo de structura florum (Om blomstenes struktur)* (1718). **George Wallindy** skrev *Gamos phytou (Plantenes ekteskap)* i 1729.

Tyskeren **Joseph Gottlieb Kölreuter** (1733-1806) var imidlertid den første som gjorde omfattende studier av hybrider og bastarder. Kölreuter utviklet teknikker for kunstig befruktning i planter. Alle pollenbærerne ble fjernet fra blomsten, nytt pollen ble tilført arret og deretter ble blomsten dekket til slik at ikke fremmed pollen skulle komme til. I 1760 krysset han to tobakksarter, som ble botanikkens første mulesel. Hybriden var steril slik som muleselet. Imidlertid kunne andre hybrider være mer livskraftige enn begge foreldrene. Kölreuter la grunnlaget for kunstig plantehybridisering og pollinering i verket *Vorläufige Nachricht von einigen das Geschlecht der Pflanzen betreffenden Versuchen und Beobachtungen*. Kölreuter viste at det bare var nærbeslektede arter som kunne gi hybrider. Ofte kunne hybridene være større og kraftigere enn foreldrene. Avkommet fikk bidrag fra begge foreldrene. **Carl Friedrich von Gärtner** (1772-1850), sønn til botanikeren **Joseph Gärtner** (1732-1791), arbeidet med hybridisering av hundrevis av arter og kunne bekrefte Kölreuters resultater beskrevet i *Experiments and Observations on Hybridization in the Plant Kingdom* (1849). Det ble laget Kölreuter & Gärtner hybrider av *Fuchsia*, tøffelblomst (*Caceolaria*), *Petunia*, alperose (*Rhododendron*), og *Pelargonium*. En annen fundamental oppdagelse var at det er det samme hvem som er far eller mor. Det ble like bastarder i begge tilfeller.

Giovanni Battista Amici (1786-1863) kunne i et refleksjonsmikroskop observere pollen med en pollenslange. Tyskeren **Christian Konrad Sprengel** (1750-1816) fra Spandau skrev *Das entdeckte Geheimnis der Natur im Bau und in der Befruchtung der Blumen* (1793), oversatt til *The Secret of Nature discovered in the Structure of Flowers* (1797). Darwin var en av dem som ble inspirert av Sprengels arbeid. Sprengel fant at

selvpollinering var umulig når pollen og arr modnet på forskjellig tidspunkt. Han studerte plantenes adaptasjon til insektpollinering, bl.a. at nektarproduserende organer hadde spesielle farger. Sprengel sammenlignet vindpollinering og insektpollinering. Enkelt sagt oppdaget Camerarius seksualiteten, Keolreuter hybridiseringen og Sprengel pollineringen.

Reiser, handel, krydder og innsamling av planter

Handelsvarer ble fraktet fra Arabia via Egypt til Europa. Araberne i det Ottomanske rike hadde kontroll med handelen fra det vestlige Middelhav til det fjerne Østen. Spania og Portugal utvidet sin maktsfære, og brøt handelsmonopolet til italienerne og arabere. Spaniere og portugiserne bygget bedre, hurtigere og større havgående seilskip som gjorde det mulig å seile til Østen. Skipene var utstyrt med bronsekanoner. Bronse, som også ble brukt til støping av kirkeklokker, var imidlertid dyrt og kostbart. Det var en utvikling fra roere til seil, og fra soldater til kanoner. **Marco Polos** 24 år lange reise startet i 1271.

Henrik Sjøfareren ("Henry The Navigator") (1394-1460) drev en navigasjonsskole i Sagres i Portugal, og under hans ledelse ble portugisiske skip utstyrt med navigasjonsinstrumenter og kart. Den kortformede Jakobsstav, kvartsirkelformete kvadrant og det runde astrolabiet bestående av to metallskiver ble brukt til å måle solhøyde over horisonten og derved bestemme breddegraden. Astrolabier stammer fra Hipparkhos 150 f.kr. , og kunnskapen om disse ble overført til Europa i ca. år 1000, og ble seinere utviklet til sekstanten. Derved fantes det flere metoder til å bestemme breddegrad. Det ble laget tabeller som viste solhøyde ved middagstid ved forskjellige breddegrader og til forskjellige tider på året. Kompass viste retningen. Det å finne lengdegraden er imidlertid svært vanskelig. Det ble først mulig da Joseph Harrison på 1760-tallet laget et kronometer som målte tiden nøyaktig fra seilingsstart. Klokker 12 står sola i syd, og lengdegraden kunne bestemmes ut fra å se på klokken når sola står i sør. Portugiserne hadde Junta dos mathematicos som arbeidet med astronomi, navigasjon og kalendere. Den portugisiske geografen og matematikeren **Pedro Nunez** (1502-1578) publiserer verker om navigasjon *Navigandi Libri Duo* (1546), og viser hvordan man kan seile storsirkelene. I 1470 nådde portugiserne kysten av Guinea. Landene i Afrika fikk navn etter hva man kunne finne der. Elfenbenskysten, Gullkysten (Ghana og Togo), Slavekysten, Paradiskornkysten og Pepperkysten (Liberia). **Vasco da Gama** (1469-1524) reiste fra Portugal via Kapp det Gode Håp til Ø-Afrika, over det Indiske hav og til Malabarkysten i 1498, og fant derved sjøveien til Indias vestkyst. Diu ved Gujerati i India og malakkahalvøya over stredet til Sumatra. Arabernes flåte ble nedkjempet. Portugiserne kom fram til Molukkene (Krydderøyene), okkuperte Ceylon, og sjøfartsnasjonen Portugal hadde kontroll med det Indiske hav og handelen med Kina. Goa i India ble en hovedstad for portugisiske interesser i området, inntil 1961-62 hvor India overtok kontrollen over området. Enklaven Macao, som portugiserne kom til i 1537, ble tilbakeført Kina i 1999.

Det er ingen klar forskjell mellom urter og krydder. Ingefær kom fra rotknollen *Zingiber officinale*. Paradiskorn fra *Aframomum melegueta*. Muskatnøtt ble dyrket på molukkene. Nellik, blomsterknopper, var et annet populært krydder, samt pepper. Kanel ble fraktet fra Ceylon til V-kysten av India hvor araberne kjøpte den Kanel og pepper ble dyrket på

Malabarkysten i India. Portugiseren **Fernando Magalhães** (Magellan) dro på jordomseiling med finansiell støtte fra spanskekongen, reiste i 1519 fra Spania og kom fram til Molukkene i 1521. Magellan døde på reisen tilbake til Spania, men under store strabaser kom skipet *Viktoria* tilbake til Spania under ledelse av **Juan Sebastian del Cano** (1601-1667) i 1522, som var den første som hadde seilt rundt jorda. Jorden var rund!, enten man seilte øst eller vest så ville man kunne komme tilbake til utgangspunktet. **Gerardus Mercator (Gerhard Kremer)** (1512 -1594) innførte et kartprojeksjonssystem basert på algebra, matematiske prinsipper og sylinderprojeksjon som la grunnlaget for geografiske atlas. Dagens UTM-koordinatsystem er basert på transvers marcatorprosjeksjon. Hollenderne overtok Molukkene på begynnelsen av 1600-tallet. Fra den nye verden kom vanilje fra vaniljeorkidéen og chilipepper. **Elihue Yale** (1649-1721) hadde tjent seg rik på krydderhandel, og en stor formue og boksamling ga han til grunnleggelsen av Yale University. Kina som hadde gjort mange oppfinnelser bl.a. kompasset og krutt, sendte på 1500 tallet under Ming-dynastiet handelsskip til det Indiske hav og Persia-bukten under ledelse av **Zheng He** (1368-1644). Men skipene var ikke utstyrt med kanoner som de Europeiske. I det 15. århundre kom **Kristofer Kolumbus** fram til Vest-India, og kunne med hjelp fra spanskekongen seile til San Salvador, Cuba og Haiti. Her møtte de kulturer med liten evne til å forsvare seg. Kolumbus fant at indianerstammer på Cuba dyrket mais, planter som var dyrket av pre-Inkafolk i Peru over 5000 år tidligere. Spanieren **Francisco Pizarro** (1471-1541) oppdaget inkariket i Peru, og fór fram med stor griskhet og råskap. Inkaene hadde soltempler og ofret til gudene bl.a. Quetzalcoatldyrkelse. Poteter ble dyrket av Inkaene i Andesfjellene. **Hernando Cortez** (1485-1547) kom til Yucatan i Mexico hvor han møtte Aztekerkulturen. Aztekerne hadde flåter med jord hvor de dyrket grønnsaker og blomster. De spanske conquistadorene (erobrerne) røvet hensynsløst og byttet griskt til seg rikdommer, omvendte de innfødte indianerene ("hedningene") til kristen tro og ødela "hedenske symboler". Conquistadorene skaffet Spania store rikdommer på 1500-tallet. Mayakulturen hadde tidligere eksistert i området som nå er Guetaemala og Honduras. Mayaene gjorde astronomiske undersøkelser, hadde kalender og tallskrift, hadde ærefrykt for gudene og slangen ble betraktet som et hellig dyr. Portugiseren **Pedro Alvarez Cabral** (1467-1520) kom til Brasil. Amerika ble utforsket av og fikk navn etter italieneren **Amerigo Vespucci** (1451-1512).

Seiling over Atlanterhavet skjedde ved å reise ned til Kanariøyene og følge passatvindene vestover. Tilbake østover seilte man vestavindsbeltet, og ved å seile opp til Azorene beholdt man breddegraden hjem.

Britene og hollendere kom også inn på maktarenaen. Henrik den 8. 's flåte var utstyrt med støpejernskanoner, som var billigere å produsere enn bronsekanoner. Jernmalm fra Sussex var seigt på grunn av høyt innhold av fosfor og egnet seg til kanoner. Hollendere sikret seg jernmalm med samme egenskaper fra Sverige. Det hollandske Østindiske kompagni ble etablert på Java. Hollenderne overtok kontrollen over Ceylon i 1656. Hollenderene fikk monopol på krydderhandelen. Holland hadde ansvaret for krydderhandelen i 200 år, inntil den Britiske flåten sørget for slutt på det hollandske monopolet i 1796, og opprettet British East Indian Company i år 1600. Britene tok seg av fastlandet, mens hollenderne med Dutch East India Company fra 1602 fikk hånd om øyene. Hanseatene (hansa - kjøpmannssammenslutning) med sete i Lübeck, Köln og Visby hadde handelsruter i Østersjøen og langs norskekysten.

Fra den Nye Verden kom bønner, mais, poteter, kakao, tobakk, kassava, squash og tania. Potetene ble tatt med til Europa, og til Irland på slutten av 1600-tallet. På grunn av stor

avling ble poteten en dominerende landbruksvekst, og da potetene ble utsatt for tørråte ble det hungernød i 1845-46, med følge masseutvandring av irlendere bl.a. til Amerika.

Charles de l'Écluse, som endret sitt navn til det latinske **Carolus Clusius** fra Artois (1526-1609) var ikke bare opptatt ved nytteaspektet ved plantene og deres medisinske egenskaper. Clusius ville at alle plantene skulle beskrives og tegnes, og han dro på botaniske reiser. Utvalgte eksemplarer ønsket han skulle dyrkes i hager og andre ble samlet som tørre eksemplarer, *Hortus vivus*, seinere kalt herbarium. Mange planter beskrev han i *Rariorum aliquot stirpium*. Clusius sendte tulipaner fra Tyrkia til Europa, som han hadde fått fra **Ogier Ghislaine de Busbecq**, botaniker og ambassadør for det romerske rike hos Suleiman den store, sultan i Tyrkia. Clusius dyrket tulipaner og poteter og han ble direktør for hagen til den romerske herskeren i Vienna.

I det 1700 århundre økte interessen for botaniske ekspedisjoner. Oppdagelsesreisende tok med seg en rekke planter tilbake til Europa, og mange plantetaksonomer kunne identifisere, navngi og klassifisere planter. Man ble fort klar over at de forskjellige klimasonene hadde sin spesielle vegetasjon, og behøvde ikke å reise langt for å se at de ulike plantene ikke var likt fordelt på jordoverflaten, men hadde sin spesielle vokseområder. Samme klimaområde hadde samme type vekstform, selv om artene var forskjellig. **Carl Ludwig Willdenow** (1765-1812) og **Friedrich Heinrich Alexander von Humboldt** (1769-1859) var to tyske plantegeografer som studerte sammenheng mellom frøspredning og plantesamfunn. Humboldt var interessert i geologi, geografi, meteorologi, astronomi, mineralogi og jordmagnetisme. Humboldt dro ut på en stor forskningsreise, sammen med den franske botanikeren **Aimé-Jacques Alexandre Goujoud Bonplan** (1773-1858). Med båten *Pizarro* la de ut fra La Coruña i N-Spania på den tiden hvor Spania og Storbritannia var i krig. Første stopp var Lanzarote og Tenerife. Dårlige kronometere gjorde det vanskelig å finne riktig breddegrad, og derfor seilte man lengdegraden til målet og deretter øst eller vest. Humboldt var en dyktig navigatør, seilte videre til Cumaná i Venezuela, og dro oppover elven Orinoco. Han observerte at lysende insekter plassert i kalabas med små hull ble brukt som lykter, og at sukkerrør ble brukt til mat. Han kom til Quito i Ecuador, og Humboldt klatret bl.a. på toppen av Chimborazo og skrev opp alle navnene på de plantene han fant mot toppen. Han studerte Azteker- og Inkakultur, og dro videre til Mexico. I USA besøkte han president Thomas Jefferson og kom tilbake til Bordeaux i Frankrike i 1804. Humboldt ble venn med **Joseph Louis Gay-Lussac**, og de samarbeidet med om eksperimentelle forsøk. I 1805 var Humboldt tilbake i Berlin. Isothermer, streker gjennom områder med samme temperatur, var et begrep skapt av Humboldt. Tsar Alexander I i Russland spurte Humboldt om råd i forbindelse med planer om å bruke platina i mynter, og dermed reiste Humboldt til St.Petersburg og Ural. Humboldtstrømmen på vestkysten av S-Amerika er oppkalt etter Humboldt. Humboldt beskrev det han hadde sett på sine reiser i S-Amerika i *Voyage to the Equatorial Regions (Voyages aux régions équinoxiales)*, som kom ut i 30 bind. Humboldt koblet kunnskap om klima, omgivelser og typer av vegetasjon. I 1845 kom første bind Humboldts *Cosmos*. Må ikke forveksles med den store prøyssiske utdanningsministeren **Wilhelm von Humboldt** (1769-1835), grunnleggeren av den Humboldtske universitetsmodellen.

De geografiske oppdagelsesreisene skapte stor interesse hos allmennheten. I den 2. Kamtsjatkaekspedisjonen (1734-49) oppdaget man Beringstredet oppkalt etter dansken Vitus Bering. **August Grisebach** (1814-1879) var en annen plantegeograf og skrev *De Vegetation der Erde*.

Kolonimaktene hadde brukt alkohol til å demoralisere indianerene i Amerika, og de

solgte opium til Kina. Storbritannia annekterte Bengal i 1757 og med herredømme over India fikk det britiske Ost-Indiske kompani monopol på opiumshandelen fra slutten av 1700-tallet. Opiumsrøykingen fikk økende utbredelse i Kina, noe som skapte uro hos de kinesiske myndighetene. Britene tviholdt på sine handelsprivilegier, noe som endte med opiumskrigene med Kina i 1839-1842. Med Nankin traktaten i 1842 fikk britene suverenitet over Hong Kong, og handelsstasjoner i Shanghai og Kanton. Etter Opiumskrigene mistet Kina det tilnærmete monopol for teplantasjer. **Robert Fortune** (1812-1880) brakte med seg teplanter ut av Kina og disse ble fraktet til India.⁴ Fortune oppdaget at grønn og svart te var botanisk like, men at behandlingsprosessen var forskjellig. Dette var starten på en botanisk imperialisme, ofte i samarbeid med botaniske hager rundt omkring i verden bl.a. Kew Garden, og plantasjene ble symbolet på europeisk kolonialisme. På samme vis ble febertrær brakt ut av S-Amerika til India og Java for å produsere kinin som ble brukt som antimalariamiddel. Spesielt sortene som ble dyrket i plantasjer på Java av hollenderene ga mye kinin. Kinin gjorde det mulig for de europeiske imperialistene å erobre bl.a. Afrika. Et annet eksempel på botanisk imperialisme er kautsjuktreet som ga naturgummi, utført fra Brasil, og deretter dyrket i plantasjer i Malaysia, Ceylon og India, noe som ga priskollaps for gummi fra ville trær. Vulkaniseringsprosessen til **Charles Goodyear** i 1839 gjorde at gummien ikke ble klebrig i varmen og hard i kulde, en oppdagelse som ga grunnlag for en stor gummiindustri, bl.a. til dekk til Henry Fords første T-modell som kom ut fra samlebåndet i 1908. I en periode var naturgummien gull verdt og kontrollert av gummibaroner.

⁴Brockway, L.H. *Science and Colonial Expansion*. Academic Press 1979.

Med den franske korvetten *La Recherche* ble det gjort vitenskapelige undersøkelser i Nord-Norge og på Spitsbergen i perioden 1838-1840. Botanikeren **Jens Laurentius Moestue Vahl** (1796-1854), sønn av botanikeren Martin Vahl; den danske zoologen **Henrik Nikolaj Krøyer** (1799-1870) som hadde skrevet *Danmarks fiske* (1838-1853) og startet *Naturhistorisk tidsskrift*; **Christian Peter Bianco Boeck** (1798-1877), den svenske zoologen **Carl Jacob Sundevall** (1801-1875), samt den franske botanikeren **Charles Frédéric Martins** (1806-1889)

var med på Recheche-ekspedisjonen. Lars Levi Læstadius var med å gjorde botaniske undersøkelser rundt Karesuando. Fattige arbeidere og slaver arbeidet på sukkerplantasjer i Vest-India, Kanariøyene og Kap verde øyene, teplantasjer på Ceylon, gummiplantasjer i Malaysia, og bomullsplantasjer i Amerika. Sisal fra sisalagave ble opprinnelig dyrket i Mexico på Yucatanhalvøya, ble seinere utført og dyrket i Tanzania og Brasil.⁵ Etter Napoleonskrigene ble Mauritius overtatt av britene. Nederland var alliert med Frankrike under Naploelonskrigene og mistet Ceylon i 1796, Java i 1811 og S-Afrika i 1814, begge overtatt av britene. I 1815 fikk imidlertid hollenderene tilbake Java og kunne derved sammen med britene fortsette den lukrative handelen i SØ-Asia. På Java ble det anlagt en botanisk hage i 1817 (Buitenzorg Gardens). Etter Berlinkonferansen i 1885 delte europeerne Afrika mellom seg. Den belgiske kongen Leopold II fikk Kongo som privat eie, tømte landet for ressurser som naturgummi, mineraler og elfenben, og befolkningen ble utsatt for folkemord (Adam Hochschild: *Kong Leopolds arv*).

Folkemord er en tradisjon som går helt fram til vår tid i nasjoner styrt av despoter og tyranner bl.a. Stalin i Sovjetunionen, Hitler i Tyskland, Røde Kmer og Pol-Pot i Kambodsja, Mao i Kina, Idi Amin i Uganda, hutuer og tutsier i Rwanda, samt i Øst-Timor, og Guatemala, men man er raskt tilbake til "business as usual". Tyrkias folkemord på armenerne fra 1895-1915 må heller ikke glemmes. Det har skjedd en bevisst ødeleggelse av armenske kirker og minnesmerker i det tyrkiske Armenia. I dag skjer det bevisst ødeleggelse av gresk-ortodokse kirker og minnesmerker i Kosovo. Religiøse minoriteter har dårlige levevilkår, som den koptiske kirke i Egypt og den syrisk ortodokse kirke.

Hvordan plantene påvirkes av klima var en ting, men det måtte også være andre faktorer som påvirket plantenes utbredelsesmønster og de floristiske beltene på jorda (vegetasjonssonene) bl.a. innvandringshistorien.

Sir **Joseph D. Hooker** (1817-1911) fortsatte dette arbeidet. Joseph Hooker var med **James Clark Ross** (1800-1862) i 1839-1843 på en ekspedisjon til Antarktis og skrev *Flora Antarctica*. Han ble seinere direktør for den kongelige botaniske hagen Kew i England.

⁵Dunn, R.S.: *Sugar and slaves: The rise of the planter class in the English West Indies, 1624-1713*. Univ. North Carolina Press 1971.

Linné gjorde sin Lapplandsreise til *terra incognita* ved starten av Lule elv. Han laget floraer *Flora lapponica* og *Flora suecica* som tok for seg plantene han fant innen visse områder. Interessen for å utforske andre lands flora gjorde at Linné sendte sine elever til alle deler av verden. Et naturvitenskapens speiderkorps med "botaniske apostler og disipler" ble sendt til fjerne kystfarvann, og de brakte med seg floraskatter tilbake til vesten. Det var ofte farefulle ferder. **Dr. Bartsch** dro til Surinam. **Kristoffer Tärnström** dro til SØ-Asia hvor han omkom. **Pehr Osbeck** (1723-1805) nådde Kanton i Kina i 1751. **Clas Alströmer** reiste til Java og Ceylon, **Olof Torén** (1718-1753) kom til India og **Anders Sparrman** (1748-1820) til S-Afrika, Stillehavsområdet og India. **Pehr Kalm** (1716-1779) til N-Amerika. Planten *Kalmia* ble staten Pennsylvanias nasjonalblomst. **Pehr Forsskål** (1732-1763) dro med en dansk ekspedisjon til *Arabia Felix* (Det lykkelige Arabia), der han døde i armene til **Carsten Niebuhr**, den eneste overlevende fra ekspedisjonen. Niebuhr skrev *Reisebeschreibung nach Arabien und anderen umliegenden Ländern* (1774-1778). **Fredrik Hasselquist** (1722- 1752) var flittig og sendte mange planter til naturaliekabinettet på Drottningholm og fikk utgitt en *Flora Palestina* (1756). Hasselquist døde i Smyrna i Palestina. **Pehr Löfling** (1729-1756) dro til Venezuela. **Carl Petter Thunberg** (1743-1828), som overtok professoratet etter Linné, reiste til Japan i 1775 og skrev *Flora Japonica*. Tidligere hadde **Engelbert Kaempfer** (1651-1715), som arbeidet som lege for det Hollandske Ostindiske Kompagni, hatt kontakter med Japan og ble kjent med oppdagelsen av tempeltreet.

Joseph Banks (1743-1820) seilte i perioden 1768-1771 sammen med en av Linnés disipler botanikeren **Daniel Solander** (1733-1782) til Australia og New Zealand med *Endeavour*, under ledelse av kaptein James Cook. **Sydney Parkinson** (1745-1771) illustrerte plantene de fant på reisen. Det første stedet i Australia som Banks samlet planter fra ble kalt *Botany Bay* som de kom til i 1770, i nærheten av dagens Sydney, navn etter lord Sydney. *Botany bay* ble seinere brukt som fengsel. Merinosauer som ble innført fra S-Afrika til Australia i 1796 trives i området rundt Sydney og ull herfra ble kalt "botany". (Digresjon: Et australsk rødvinmerke som ble servert under 100-års jubileet for Botanisk laboratorium, UiO 1995, het Botany Bay). Ekspedisjonen med *Endeavour* skulle også studere venuspassasjen i 1767 ved å etablere en målestasjon på Tahiti. Sist gang vi hadde venuspassasje var 8. juni 2004. Venus baneplan heller i forhold til jordbanen slik at Venus ofte passerer over eller under sola, men en sjelden gang når Venus går mellom jorda og sola blir det en prikkformet skygge på soloverflaten. Ved å observere fra forskjellige steder på jorda når Venus kom inn over solskiven kan dette brukes til å beregne avstander i verdensrommet. Banks var direktør i Kew, og en av de første "plantejegerne" som samlet inn flere tusen kjente og ukjente planter. Vennskapet Banks hadde med kong George III bidro til at den kongelige botaniske hagen i Kew ble et botanisk senter for det britiske imperiet. Banks ble president i Royal Society i 1778. **Johann Reinhold Forster** (1729-1798) var også en av dem som var med på jordomseiling med Cook. Kaptein Cook ble myrdet på reisen da noen av de innfødte forsøkte å stjele båten. **David Nelson** seilte båten hjem. Nelson var også seinere med på *Bounty* under kommando kaptein Bligh, og var lojal mot Bligh. Et av formålene med *Bountys* reise i 1789 var botanisk, å transportere brødfruktrær fra stillehavsoyene Tahiti til Vestindia og Jamaika. Brødfukt ble ansett for å være billig mat for slavene på Jamaika. Historien er udødeliggjort i boka *Mytteriet på Bounty*. *Beagle* seilte til S-Amerika og verden rundt med kaptein **Robert Fitz-Roy** og Charles Darwin om bord. Darwin kunne dokumentere forandring i jordas organismer og mekanismen var naturlig seleksjon. Den danske forfatteren Thorkild Hansen har skrevet en bok om en botaniske reise i *Det*

lykkelige *Arabia*. **Robert Brown** (1773-1858) oppdaget cellekjernen i 1831 ved mikroskopiske studier av orkideer publisert i *Fecundation in Orchidae* (1832). Brown studerte pollen fra *Clarkia pulchella* som beveget seg kontinuerlig i vann, en naturlig bevegelse av små partikler i løsning, kalt Brownske bevegelser. Brown skjønnte at bevegelsene hadde en fysisk forklaring. Brown kom også med bidrag innen plantemorfologi og systematikk. Kontakt med Sir Joseph Banks, som da var president i Royal Society, gjorde at Brown i 1801-1805 ble med *Investigator* til Australia og Tasmania under kommando av kaptein **Matthew Flinders**. Brown var med som naturviter, gjorde studier av angiospermer og gymnospermer, og fant at frøemnets oppbygging var forskjellig. Resultatene fra Australiareisen ble publisert i *Prodromus Florae Novae Hollandiae* i 1810. HMS *Challenger* seilte i 1872 ut på en stor oseanografisk ekspedisjon med bl.a. biologien **John Murray** om bord som studerte dannelsen av korallrev, marine dyr og plankton. Korallrev blir dannet fra kalsiumkarbonat utskilt fra kolonier med polypper, hvert individ bestående av en boks med tentakler. *Challenger* var innredet som et flytende laboratorium, og underlige skapninger kom opp på dekk. Botanikeren **Carolus von Martius** (1794-1868), som bl.a. var spesialist på palmer (*Historia naturalis palmarum*) og zoologen **Johann Baptist von Spix** (1781-1826, sistnevnte døde seinere av tropefeber) trengte inn i Brasils jungel i 1817-21. Von Martius editerte *Flora Brasiliensis* for hele floraen i Brasil. Skotten **David Douglas** (1798-1834) var plantesamler og fant Douglasgran ved Amerikas stillehavskyst Andre plantesamlere var **Robert Fortune** (1813-1880) som var i Kina i 1843, og det samme var **George Forrest** (1873-1932). Botanikeren **Enest Henry Wilson** (1876-1930) reiste mye rundt i Kina hvor han samlet planter i begynnelsen av 1900-tallet. Den amerikanske botanikeren og plantegeografen **Asa Gray** (1810-1888) gjorde mange studier av den amerikanske floraen. Sammen med kjemikeren **John Torrey** skrev Gray *Flora of North America*. Gray introduserte plantesystematikk i Amerika, og han er mest kjent for verket *Manual of the Botany of the Northern United States, from New England til Wisconsin and South to Ohio and Pennsylvania Inclusive*. Gray var en varm forsvarer av Darwins evolusjonsteori. Utfordringene for botanikerne som samlet planter var saktegående seilskip, sykdom, og ugjestmildt klima. På Theophrastus tid kjente man til ca. 500 plantearter, og på Linnés tid antallet var økt til 10.000. Malaria er en fryktet sykdom i tropene og bark fra febertreet som ga kinin, kjent fra de S-Amerikanske indianerene, gjorde det mulig å oppholde seg i områder med malaria. Resistens hos malairaparasitten mot kloroquin har gjort at kinin fremdeles blir brukt.

Plantegeografiske studier omfattet også artenes innvandringshistorie basert på undersøkinger av torvmyrer. Kjente skandinaviske plantegeografer, med faglig overgang til plantesosiologi og geologi, var den svenske botanikeren **Johan Rutger Sernander** (1866-1944), **Christen C. Raunkiær** (1860-1938) som klassifiserte livsformene, geologen **Lennart von Post**, som introduserte pollenanalyse (palynologi), **Japetus Steenstrup** (1813-1897), **Alfred Gabriel Nathorst**, **Gunnar Anderson**, **Warming**, **Hult**, **Th.C.E. Fries**, og **du Rietz**. Plantesosiologien var en mindre del av plantegeografien og tok for seg relasjonen planter og miljø. Blytt-Sernanders klimavekslingsteori delte Holocen, den yngre delen av kvartær etter siste istid, inn i mindre enheter basert på plantefossiler. **Axel Blytt** (1843-1898) var botaniker som samlet inn sopp og karplanter, og var plantegeograf.

Dyregeografi viste at man i Afrika fant neshorn, sjiraff, elefant, sebra, løve, bøffel, bavian, simpans, gorilla, klippegrevling og jordsvin. I Afrika fant man ikke bjørn, bever og dyr i hjortefamilien. Nebbdyr og pungdyr var utbredt i Australia. I S-Amerika fant man

lama, tapir, gullhare og gomlere (dovendyr, beltedyr og maurslukere). Kameler fantes i Sahara og den Arabiske halvøy. Kamelens opphav hadde utvandret fra N-Amerika til Eurasia og ble utviklet til kamel, og en utvikling till lama i S-Amerika. Elefanten beveget seg fra sentral-Afrika til SØ-Asia, mens mammuten døde ut. Guanacos, vicuñas og alpakka er alle slektninger til kamelen. Av eksempler på fugler som ikke kunne fly finnes strutsen i Afrika, rhea i Argentina, emu i Australia og Tasmania, kiwi på New Zealand, tinamu i Sentral- og S-Amerika, og kasuaren på New Guinea og Queensland, alle med felles opphav, og ikke en konvergent utvikling.

Seilskipene på den tid var laget av tre, og det gikk med store mengder eik til skipsbygging. Eik var et treslag som ikke råtnet. Til master ble det brukt bartrær. Da det ble mangel på eik forsøkte man andre harde treslag som teak, mahogni, satengtre og iroko med brunfarget kjerneved. Slutten på treskipenes tid skjedde i den amerikanske borgerkrigen (1861-1865) i slaget ved Hampton Road i 1862 hvor *Merrimac* nedkjempet treskipene *Congress* og *Cumberland*. Stor innvandring til Amerika ga behov for folketelleinger. **Hermann Hollerith** (1869-1929) laget en maskin som kunne telle og sortere vha. perforert papp med hull laget av nåler. I folketellingen i Norge i 1901 ble det brukt en Hollerith hullkortmaskin.

I 1670 gjorde **Pierre Martin de la Martinière** en reise langs nordnorgekysten via Varanger til Russland hvor han ga beskrivelse av levevis til folk i nordområdene (*Voyage des pays septentrionaux*, 1671).

På slutten av 1800-tallet reiste nordmannen **Carl Sofus Lumholtz** (1851-1922) til Australia, hvor han studerte dyre- og planteliv, og til i Mexico for å undersøke indianernes levemåte. Indianerne dyrket på terrasser mais, potet, bønner, gresskar, turnips, sukkerrør, vindruer og hadde trær med appelsiner, sitroner, bananer og epler. Plogen, som ble trukket av trekkdyr, var en trestokk med håndtak og plogskjær av eik. Den svenske oppdagelsesreisende **Sven Anders Hedin** (1865-1952) foretok reiser til Turkestand, Tibet og Kina, *En färd genom Asien* 1893-97, og han fant kildene til elvene Indus og Brahmaputra, *Transhimalya. Opdagelser og æventyr i Tibet* (1911-1912). Hedin var en av Nansens motstandere i kampen om verdensopinionen under og etter unionsoppløsningen. Under den andre verdenskrig viste Hedin et tyskvennlig engasjement.

De lange sjøreisene ga på 1500-tallet mannskapet blødninger fra tannkjøtt og nese, men kunne bli kurert ved å drikke sitronsaft, som etter hvert førte fram til oppdagelsen av vitamin C. På japanske skip kunne mannskapet få lammelser (beri-beri) ved å spise bare polert ris, ris uten frøskall, som ga mangel på vitamin B1.

Botanisk hager

I Vatikanstaten ble det anlagt en botaniske hage i 1227. *Chrysantemum*, roser, symre og valmuer kom fra Kina til vestlige land. I Italia fikk Pisa en botanisk hage i 1543 anlagt av **Caesalpino**, og Padua i 1545. *Giardino dei semplici* var den botanisk hagen i Firenze (1545). **Ulisse Aldrovandi** (1522-1605) var professor i Bologna og fikk anlagt en botanisk hage der i 1568. Naturaliesamlinger ble vanlige og Aldrovandi skrev *Historia naturalis* og hadde en slik samling. **Marchese Ferdinando Cospi** (1606-1686) ga sin samling til byen Bologna i 1657. **Ferrante Imperato** (1550-1615) hadde en stor natursamling i Napoli. Botaniske hagene startet med samlinger av medisinerplanter, *Hortus medicus*, planter som ble brukt i undervisningen av medisinerstudenter. I tilknytning til universitetene ble det

botaniske hager i de tyske byene Leiden (1577), Leipzig (1579) og Heidelberg (1593), og i Montpellier (1593). Magnol, som ga navnet til *Magnolia* var direktør i den botaniske hagen i Montpellier, nær Paris. Jardin du Roi ble grunnlagt i 1626 da Louis XIII var konge og Richelieu minister. Den botaniske hagen i Paris inneholdt medisinplanter og urter tenkt brukt av legene, men hagen forfalt. Man ønsket å overføre hagen til de botanisk interessert, og man valgte **Dufay** i 1732 som var faglig velansett innen kjemi, botanikk og astronomi. Dufay døde i 1739 og som etterfølger ble valgt **Henri Loui Duhamel du Monceau** (1700-1781). Monceau var interessert i plantefysiologi og planteanatomi. Monceau skrev *La physique des arbres* (1758) spesielt med tanke på skogbruk. Boka tok for seg blad, knopper, blomster, frukt, frø, frøspiring, vekst og formering av trær, saftbevegelse og sykdommer. Den ble seinere ble oversatt til tysk. Monceau dyrket planter på forskjellige medier for å undersøke Helmonds hypotese. Monceau fant også ut at det var en soppsykdom som ødela krokusplanter i et område utenfor Paris, og han var en av dem som var påtenkt til å overta ansvaret for utviklingen av den botaniske hagen, men det ble Buffon som ble valgt. Etter revolusjon fikk den botaniske hagen navnet Jardin des Plantes

Bobart grunnla Oxford Physic Garden i 1621. **Olof Rudbeck den eldre** (1630-1702) grunnla den botaniske hagen i Uppsala i 1657, som ble en av de fineste i Europa. Han skrev også *Campus Ellysi* (1670) som inneholdt tegninger og fargeplansjer, men ble ødelagt i brannen i Uppsala i 1702. Teplanten var det et strev å få til Uppsala. Den er avtegnet på tittelbladet på Linnés *Hortus Cliffortianus*. John Stuart, 3. jarlen av Bute (1713-1742) planla prinsesse Augustas hage, som bodde i Kew House ved Themsen. **William Kent** var med å utvide parken. Prinsesse Augusta ansatte **William Aiton** (1713-1792) som direktør for Kew Gardens. Da George III overtok den kongelige botaniske hagen i Kew ble **Joseph Banks** (1743-1820) ansvarlig for hagen. **William Jackson Hooker** ble direktør for hagen i 1841. Palmer kan ikke skjæres tilbake som mange andre planter, derfor er egne palmehus nødvendige. Nederlenderne anla en botanisk hage i Capetown i 1694, franskmennene anla en hage på Mauritius i 1735, og engelskmennene hadde hager i St.Vincent, Jamaica og i India⁶

⁶Masefield 1967 in *The Economy of Expanding Europe in the Sixteenth and Seventeenth Centuries*.

Rosa chinensis som ble fraktet til London ga grunnlag for vår tids roser. Roser ble kultivert i Kina og Persia. Roseforedling har frambrakt en rekke sorter. Tulipaner kom fra Tyrkia på 1500-tallet. Liljer, kamelia og chrysanthemum kom fra Kina og Japan, *Chrysanthemum indicum* ble foredlet til kultiverte *Chrysanthemum*. **John Bartram** (1699-1777) beskrev trær og vegetasjon i N-Amerika, og grunnlag den første botaniske hagen i Amerika. Han var venn med engelskmannen **Peter Collinson**, og de utvekslet plantemateriale mellom Europa og USA. Franskmannen **Michaux** laget en oversikte over de amerikanske trær i *Sylva*. Den danske legen **Ole Worm** anla den botanisk hagen i København i 1630. De botaniske hagene i Paris, Amsterdam og London spilte en viktig rolle med erobring av botaniske genressurser fra koloniene de skaffet seg. **Pehr Kalm** anla det botaniske hagen i Åbo i 1758.

Botaniske illustrasjoner

Cesi tegnet hva som ble obserert i mikroskopet. *Flora Danica* (Danmarks blomster) var et illustrert plansjeverk om danske planter, inkludert planter fra Grønland, Færøyene, Island og Norge, som utkom i perioden 1761-1883. Etter 1814 omhandlet det ikke lenger norske planter. Det stod flere forfattere bak verket bl.a. professor i botanikk **Georg Christian Oeder** (1728-1791) og **Johan Martin Christian Lange** (1818-1898). Lange var også direktør for den botaniske hagen i København og ble kjent for boken *Haandbog i den danske flora*. **Ferdinand Bauer** 1760-1826) var en østerrisk botanisk kunstner som laget tegninger av dyr på Australia-ekspedisjonen med *HMS Investigator*. På Flinders ekspedisjon til *Terra Australis* (Australia) i 1801 fant man rare dyr bl.a. nebbdyr og koala tegnet av kunstneren på ekspedisjonen Ferdinand Bauer. På ferden hjem i 1803 gikk de på en sandbanke og mistet mye av samlingene og de vitenskapelige tegningene. Broren **Franz Bauer** fikk Banks overbevist til å arbeide i Kew hvor han laget illustrasjoner bl.a. av mandragora i *Flora Graeca* skrevet av **John Sibthorp**.

Hans bror **Franz Andreas Bauer** (1758-1840) arbeidet i Kew og laget vakre tegninger av blomster, også av mikroskopisnitt. **C.J. Trew** laget på 1700-tallet vakre botaniske plansjer *Uitgezochte Planten*. **Pierre-Joseph Redouté** illustrerte bl.a. *Les Roses* som utkom i 3 bind i perioden 1817-1824

Hagebruk og engelske landskapsarkitekter

Gertrude Jekyll (1843-1932) og **William Robinson** (1838-1935) utviklet arkitektoniske naturlige hager. Jekyll skrev *Colour Schemes for the Flower Garden* og *Wood and Garden*, og Robinson *The English Flower Garden* (1883). Hagedyrkerne kunne gi råd om dyrking av hageplanter: F.eks at *Clematis* trenger kalk i jorda, liker røttene i skygge og blomstene i sola. Planten får nye røtter ved å grave litt jord over sideskudd, og teblader fra tekannen gir gunstig effekt på veksten. Liljene trenger næringsrik, ikke for våt jord, må plantes dypt med røttene i skyggen og blomstene i sola. **John Evelyn** (1620-1706) skrev *Sylva, a Discourse on Forest Trees*. **André la Nôtre** (1613-1700) hadde ansvaret for hagen i Versailles .

Liv oppstår ikke spontant

Aristoteles trodde på epigenese/predannelse ved at individet fantes i en miniatyr i egget. Høyerestående dyr hadde seksuell reproduksjon, mens laverestående dyr ble til ved spontan generasjon, et dogme som ble bevart til det 1700 århundre ifølge Aristoteles strevet alle organismene mot det fullkomne. Lenge hadde man forestillingen om at organismer kunne oppstå fra jord og råtnende materiale. Abiogenese - *generatio spontanea* - liv kan oppstå spontant ved selvavl, mente man, selv om allerede grekeren **Anaxagoras** (500-428 f.kr) hadde argumentert mot dette syn, og mente at dyr og planter kom fra kimer i luften. Fluelarver trodde man kom fra dugg, møkk og varme, og begrepet "moder jord" hadde overlevd fra Aristoteles. **Jan Swammerdam** (1637-1680) trodde på preformasjon om at individet var i egget i miniatyr som i en matruskjadukke. Franskmannen **Nicolaas Hartsoeker** (1637-1680) hevdet i 1694 at han kunne se et *homunculus* (liten mann) i miniatyr inne i hodet på spermierne. **Leeuwenhoek** hadde oppdaget spermierne i sæd fra hanndyr, små rumpetroll-lignende væsener som det krydde av i den klare sædvæsken. Leeuwenhoek fortalte om oppdagelsen i brev til faren til Christiaan Huygens. Disse spermatozoene, kalt *animalcules*, vakte større oppsikt enn bakteriene Leeuwenhoek fant i munnen. Kunne det være ormlignende parasitter? **Nicolas Andry de Bois-Regard** skriver om dette i *De la génération des vers dans le corps de l'homme* (1700). Det pågikk meningsbrytning mellom animalkulistene og ovistene. Animalkulistene, også kalt spermatistene, var påvirket av Aristoteles og mente at faren inneholdt kimen og grunnlaget for utvikling av et foster, og moren var jorden som det grodde i. Ovistene, påvirket av Hippokrates og inspirert av William Harvey *Ex ovo omnia*, mente at et egg hos moren var utgangspunktet. **Harvey** hadde skrevet *Exercitationes de generatione animalium (On the Generation of Animals)* (1651). Tittelsiden inneholder et bilde hvor Zevs holder et egg med innskriften *Ex ovo omnia*. Harvey hadde studert ved universitetet i Padua hvor bl.a. **Hieronymus Fabricius** (1537-1619) var lærer i anatomi. Fabricius studerte befruktningen hos høner. Harvey betraktet egget som et primordium, og på den tiden var sperm ikke oppdaget. Fluer trodde man oppstod fra urin og nedbrutt organisk materiale. Hvordan kunne insekter komme inn i galler på planter var et annet uløst spørsmål. En teori var panspermia om at liv ble spredd i form av sporer eller kimer som virket som livsfrø. Malpighi skrev *Dissertatio epistolica de formatione pulli in ovo* (Dannelse av kyllingen i egget) (1673), og beskrev utviklingen av kyllingembryo. Kyllingen lages i egget ved epigenese.

I Sverige på midten av 1700-tallet var det noen som hevdet at havre kunne omdannes til rug, et guds mirakel. Linné og hans elev **Pehr Forsskål** (1732-1763) viste at noe slikt ikke kunne skje, og løste "havrestriden". Selv om Harvey mente at alt kom fra et egg og at alt kommer fra et primordium, så fornektet han ikke at dette primordiet kunne oppstå spontant.

Allerede i 1665 hadde **Francesco Redi** (1626-1698) vist, med forsøk på spyfluelarver, at dyr ikke kunne oppstå spontant, men det pågikk lenge en diskusjon om hvorvidt mikroorganismer kunne. Redi utførte et eksperiment med fire lukkede kar med en slange, fisk, et stykke kalvekjøtt, og tilsvarende fire åpne kar som kontroll. Redi konkluderte med at spyfluelarvene oppstod når fluene la egg i kjøttet, og dette skjedde ikke i de lukkede karene. Det var vanskelig å komme med overbevisende eksperimenter siden mikroorganismene kan overleve som mikrosporer. Redi hadde opprinnelig spekulert over hvordan et egg til en flue kunne komme henholdsvis inn og ut av et kirsebær eller galle. **Louis Joblot** (1645-1723) hadde vist at infusoria ikke ble skapt spontant. Joblot kokte

næringsløsning og delte denne i to, hvor den ene ble dekket til og den andre ikke, og han observerte hva som skjedde. **Pierre Louis Moreau de Maupertius** (1698-1759) godtok verken ovistenes eller spermatistenes syn. Maupertius var blitt kjent for måling av lengden av meridianen (breddegradsavstanden) ved polarsirkelen sammenlignet med lengden ved ekvator, publisert i *La Figure de la Terre* (1738). Målingene som bl.a. ble gjort i Tornedalen bekreftet Newtons antagelse om at jorda var flat ved polene. Debattantene om livets opprinnelse var bl.a. engelskmannen **John Tuberville Needham** (1713-1781) som trodde på spontan generering av mikroorganismer og at det var en vegetativ kraft i alt levende, og italieneren **Lazzaro Spallanzani** (1729-1799). Spallanzani hadde gjort eksperimenter som motbeviste at liv kunne oppstå spontant. Spallanzani kokte planteekstrakt og egg uten luft, og så at det ikke ble dannet noen organismer i blandingen. Dette var samme resultat som Joblot, Schwann og Schulze var kommet fram til. Sterilisering kan drepe bakterier og andre mikroorganismer, men oppvarming er ikke nok siden endosporer kan overleve denne behandlingen. Det er sporer av sopp og bakterier i lufta som blir avsatt kontinuerlig på alle objekter og overflater. Needham mente at Spallanzani hadde ødelagt livskraften ved å koke vannet. Det var først i 1859, etter at det franske vitenskapsakademiet hadde utlovet en pris til den som enten kunne bevise eller motbevise om at liv kan oppstå spontant, at det endelige svaret kom. Oppgaven var *Attempt, by means of well-devised experiments to throw new light on the question of spontaneous generation*. Den unge franske kjemikeren **Louis Pasteur** (1822-1895) vant prisen. I 1871 hadde Pasteur vist at alkoholgjæring er avhengig av gjær, og at prosessen ikke trenger oksygen. Han fant videre at gjærtyper bestemmer om det skal bli alkoholgjæring eller melkesyregjæring. Han forklarte hvordan melk surnes og hvordan mikroorganismer ble spredd med luft. Pasteurs læremester, **Antoine-Jérôme Balard** (1802-1876) som oppdaget brom, lærte bort bruken av svanehalsflasker. Med svanehalsflasker viste Pasteur at kokte medier er sterile for alltid og at liv ikke kan oppstå spontant. Bakterier fanget i halsen kunne overføres til mediet når Pasteur ønsket det. Det var imidlertid mange som trodde på vitalisme som en egen kraft. Denne troen eksisterte lenge blant filosofer bl.a. hos **Henri Bergson** som trodde på at livskraften var en iboende egenskap (*élan vital*) i alt levende. **Gottfried Wilhelm Leibniz** (1646-1716) hadde omgått dette problemet med sine udelelige åndelige substanser kalt monader. Leibniz utviklet infinitesimalregningen og arbeidet med små enheter som nesten var lik null. Cystene til bakteriene tålte lang koking og ble først drept når de ble kokt i en trykkoker. Pasteur laget også renkulturer av mikroorganismer og hadde stor suksess med en vaksine mot rabies. Rask oppvarming av vin til ca. 50° C, var en metode som Pasteur brukte for å drepe gjæren, og som derved hindret at vinen ble sur ved lagring. Pasteurisering er i dag vanlig brukt i næringsmiddelindustrien. Pasteureffekten var et fenomen Pasteur oppdaget vedrørende omsetning av sukker under anaerobe forhold. I 1812 hadde den franske fysikeren **Jean Baptiste Biot** (1774-1862) observert at polarisert lys som ble sendt gjennom krystaller av kvarts kunne brytes to veier, mens sukker brøt lyset bare en vei til høyre. I 1848 presenterte Pasteur resultater i det franske vitenskapsakademi som viste at tartarsyre (vinsyre) finnes i to forskjellige former som han kunne plukke ut under mikroskopet, og som dreide planpolarisert lys hver sin vei. Like deler av + og - krystaller ga ingen dreining av lyset. Seinere oppdaget man at aminosyren asparagin fra levende materiale dreide det polariserte lyset til venstre, mens asparagin som ble laget syntetisk ikke ga noen slik dreining. På 1860-tallet var det en sykdom i Frankrike som tok livet av silkeormer som ble brukt i silkeindustrien. Pasteur fant en parasitt i silkeormene, og hans råd var å drepe alle infektete silkeormer og derved forsvant sykdommen. Pasteurinstituttet ble opprettet i 1888 i Paris, hvor Pasteur bl.a. arbeidet med sykdommen rabies.

Tyskerne **Heinrich Schröder** (1810-1885) og **Theodor von Dusch** (1824-1890) tok i

bruk bomullspluggen for å holde medier sterile og antiseptiske. Bruk av bomullspluggen ble populært for å hindre at mikroorganismer på støvpartikler kunne komme ned i vekstmediene der man dyrket bakterier. **John Tyndall** (1820-1893) var en engelsk fysiker som fant en optisk metode for å se at lufta var ren. Støvpartikler kunne observeres med sterkt lys, og så at absolutt ren luft ikke inneholdt bakterier eller sporer. Tyndall skrev *Essays on the Floating Matter of the Air in Relation to Putrefaction and Infection* (1881). John Tyndall sa på 1870-tallet: "Gi den skapende forsker den nødvendige frihet til forskning. Fjern alle hindringer fra hans vei. Og fremfor alt: Still ham aldri det spørsmål uvitenheten så ofte stiller til geniet: hva er nytten ved ditt arbeide?"

Mikrobiologi og virus

Spedalskhet (lepra) er en av de eldste kjente sykdommene. Svartedauen (stormannadauen) la fra 1340 store bygder øde og radesyken skulle det vise seg var en tertiær form av syfilis.

Skabb, lus, tæring (tuberkulose), blodgang (dysenteri), kjønns sykdommer, malaria og innvoldsparasitter som bendelorm og trikiner var utbredt. **Girolamo Fracastoro** (1478-1553), lege, dikter og naturviter fra universitetet i Padua presenterte en kimteori for sykdommer et contagion som smitter fra menneske til menneske, beskrevet i *De contagione et contagiosis morbis* (1546), samt årsaken til syfilis, den franske syke, i *Syphilis sive morbus gallicus* (1530), om gjeteren Syphilus som fikk sykdommen som straff etter å ha omtalt Apollo i lite sympatiske vendinger. Disse tankene om årsakene til sykdom ble gjenopptatt av Pasteur og Koch. Fracastoro levde samtidig med Kopernikus og var påvirket av tanker fra Empedokles fra Akragas. I det astronomiske verket *Homocentrica* beskriver han et alternativ til det ptolomeiske kosmos, med konsentriske sfærer i motsetning til grekerens episykler. **Mary Wortley Montagu** (1689-1762) kjente til en tyrkisk metode for vaksine mot kopper. **Reverend Cotton Mather** (1663-1728) lærte av afrikanske slaver hvordan de tok pussmateriale ut fra koppevabler og inokulerte det i huden på friske individer, som derved unngikk den dødelige utgaven av sykdommen. Den britiske biologen **Edward Jenner** (1749-1823) hadde i 1796 vist at vaksinasjon (i. vacca - ku) med kukopper kunne gi beskyttelse og immunitet mot dødelig kopper. Jenner hadde sett at de som melket kuene fikk kukopper, og at dette ga immunitet mot vanlige kopper og *variola vaccinae* ga beskyttelse mot kopper. Jenner var i tillegg opptatt av ornitologi, og gjorde viktige studier av atferden til gjøk. Den ungarske fødsellegen **Ignaz Phillip Semmelweiss** (1819-1867) som arbeidet på et sykehus i Wien oppdaget at de medisinske studentene gikk mellom likhus og fødestue, og spredde barsel feber via uvaskete hender. Etter håndvask med klorinert kalk sank antall sykdomstilfeller.⁷ Den amerikanske legen **Oliver Wendel Holmes** (1809-1894), kjent også for sine litterære essays, oppdaget at barsel feber var smittsomt og anbefalte håndvask. **Jacob Henle** (1809-1885) hadde skrevet *On Miasmata and Contagia* i 1840, men rekkevidden av dette ble ikke forstått før kimteorien ble etablert. Mikrobiologene **Robert Koch** (1843-1910) og **Louis Pasteur**, grunnleggerne av moderne bakteriologi, fant at bakterier og gjær spiser, respirerer, skiller ut og reproducerer seg. Louis Pasteur hadde postulert at det fantes noe som fremkaller sykdom, men som ikke kunne observeres i et lysmikroskop. Koch fant at basiller kunne gi sykdommene tuberkulose, kolera og miltbrann (antrax). Seinere laget

⁷Jens Bjørneboe: Semmelweiss - et anti-autoritært skuespill.

Pasteur en vaksine mot miltbrann. Koch og medarbeidere viste at damp var mer effektiv enn tørr varme til å drepe bakterier, og med forskjellige desinfeksjonsmidler revolusjonerte de sykehusvesenet og synet på hva som fremkaller sykdom. Kochs posulater som viste at en bakterie fremkalte sykdom gikk ut på å isolere mikroben i renkultur. Hvis mikroben ble podet tilbake på et friskt individ skulle den gi samme symptomer som på det syke individet mikroben var isolert fra. Mikroorganismer, kimer man ikke kunne se med det blotte øye, fermenterer og framkaller sykdom. Pasteur studerte sykdom på silkeormer, og fra studier kolera på kylling fant han at det var mulig å vaksinere ved å bruke svakere bakteriestammer. Miltbrann angrep sauer, kveg, slaktere og bønder. Et av symptomene var svart blod og en svartflekket milt. Robert Koch viste at patogenet var en bakterie. Koch dyrket bakterier i renkultur og utviklet en platteteknikk for dyrking av bakterier. Koch konsentrerte seg om å vise at det var bakterien *Mycobacterium tuberculosis* som ga den fryktede lungesykdommen tuberkulose (brystsye, tæring), noe han klarte i 1882. Tuberkulosebakterien var vanskelig å farge, og den er vanskeligere å dyrke enn miltbrannbakterien. Imidlertid skulle det vise seg at den typen bakterie som ga tuberkulose hos mennesker kunne vokse i marsvin. Koch klarte å isolere et stoff kalt tuberculin, et glycerinekstrakt av bakteriene, som ga en kraftig reaksjon hvis det kom i kontakt med sår på en person som var smittet, men tuberculin var ingen vaksine og kunne ikke brukes til behandling. Imidlertid ga tuberculin mulighet til å skille mellom dem som var smittet og dem som ikke var. **Richard Julius Petri** (1852-1921) fant en mer velegnet teknikk for å dyrke bakterier i skåler hvor agar ble brukt i stedet for gelatin, jfr. petriskåler. På samme tid ble det gjort eksperimenter med midler mot sykdommene difteri og stivkrampe (tetanus).

Leger hadde oppdaget at personer som hadde overlevd en sykdom ikke ble syk ved neste epidemi. Kimteorien for sykdom kunne vise at virulensen varierte.

Ludvig Holberg (1684-1754) med satirekomedien *Erasmus Montanus* med satire over akademisk lærdom. Bondestudenten Rasmus Berg, som etter å ha studert latin ved universitetet, forakter sine foreldre og bønder, og i erbødighet for latin kaller seg Erasmus Montanus. I 1748 skriver Holberg om sykdommen som rammer kveg i Europa i *Betænkning over den nu regierende Qvæg-syge* :

“... da synes Haertsôeckers hypothesis at være antagelist, som holder for, at Pest foraarsages af smaa giftige Insecter udi Luften, hvilke dræbe ved deres giftige Sting; og holder han for at samme Insecter fødes og avles udi visse Asiatiske Lande, sær udi det Asiatiske Tartarie eller det nordlige China, hvorfra man mærker den store Contagion, som grasserede udi det 14de Seculo, at være kommen:...”

Holberg skriver videre etter å ha reflektert over at insekter holder seg til visse arter: *Hvis man ikke legger denne Hypothesin til Grundvold, er det ubegribeligt, hvi Sygdommen alleene hefter sig ved visse Species af Creature, uden at anfegte andre, hvilket maatte skee, naar man efter den berømte Willis eller andre Naturkyndiges Meening vilde derivere saadan Contagion af Luftens Forraadnelse: thi man har erfaret undertiden en Art af Pest, som treffer Høns alleene, uden at angribe andre enten tamme eller vilde Fugle.”*

I 1890 hadde **Emil von Behring** (1854-1917) og **Shibasaburo Kitasato** (1852-1931) forsøkt å utvikle en serumterapi mot sykdom. Kroppsvæskeimmunitet baserte seg på at det var induksjonsfaktorer, seinere kalt antistoffer, i blodvæsken, og disse ga grunnlaget for immunitet ved serumterapi. Kitasato hadde sammen med Koch isolert tetanusbakterien som ga stivkrampe, og viste at bakterien produserte et giftstoff. Behring og Kitasato kunne vise at injeksjon av et toksin ga et antitoksin som kunne brukes til å

immunisere andre dyr. **Edwin Klebs** (1834-1913) oppdaget bakterien som ga difteri, gjorde viktige undersøkelser av tuberkulose, og han skrev en lærebok om patologisk anatomi. Bakterieslekten *Klebsiella* er oppkalt etter Klebs. **Émile Roux** (1853-1933) og **Alexandre Yersin** (1863-1943) oppdaget at difteribakterier i halsen laget toksiner som fulgte med blodstrømmen og kunne påvirke cellevev andre steder i kroppen. Roux var medarbeider til Pasteur og utviklet en serumterapi mot difteri. Den russiske zoologen **Élie (Ilya Ilyich) Metchnikoff** (1845-1916) viste at det i tillegg til kroppsvæskeimmunitet fantes cellebasert immunitet, hvor blodceller fungerte i forsvar mot sykdom. Metchnikoff, som hadde Pasteur som veileder, oppdaget spiseceller, fagocytter. De hvite blodlegemene inneholdt små korn. Infusjonsdyrene spiste med fagocytose. Man observerte fagocytose når en fluelarve ble omdannet til flue, eller fagocytose av halen til rumpetroll under metamorfosen til frosk. Hvite blodlegemer forflytter seg ut av blodårene og ut i cellevevet, de formerer seg raskt og går til angrep og kamp mot bakteriene. Det er betennelse og det dannes materie bestående av døde bakterier og hvite blodlegemer. Bakteriene kunne forflytte seg i blod, lymfebaner og lymfeknuter. Immunitet består i at hvite blodlegemer var forberedt på angrep fra en spesiell patogen organisme.

Russeren Metchnikov støttet Darwins evolusjonsteori og arbeidet med studier av svamper og sjøstjerner. Han oppdaget at sjøstjerner kunne ta opp fargestoffet karmin i fordøyelsesceller (vitalfarging), og han oppdaget at hvite blodlegemer, fagocytter (cellespisere, gr. *phagos* - spise) som han kalte dem, kunne ta opp partikler og bakterier. Han mente at betennelse var en viktig forsvarsreaksjon. Dette var oppdagelser som var viktig for fenomenet immunitet. Immunsystemet hadde ikke bare fordeler, for i noen tilfeller kunne gi livstruende hypersensitivitet, et fenomen kalt anafylaksis (mot beskyttelse). **Charles Robert Richet** (1850-1935) oppdaget at hvis han injiserte kaniner med blod fra en hund som hadde bakterieinfeksjon med stafylokokker, så ble kanin immun mot denne bakterieinfeksjonen. Richet viste at immuniteten lå i blodserumet. Han oppdaget i undersøkelser av hvor mye gift fra maneten portugisisk krigsskib som skulle til for å drepe en hund at en liten dose etter en større dose kunne drepe. Sammen med **Paul Jules Portier** (1866-1962) oppdaget Richet anafylaktisk sjokk via et antigen dvs. fjerning av beskyttelse og en kraftig allergireaksjon.

Kochs drøm om å utvikle en vaksine mot tuberkulose fikk han ikke oppleve selv. Men **Albert Calmette** (1863-1933) utviklet en BCG vaksine (Bacille Calmette-Guérin) basert på en forsvaket bakterie. **Emil von Behring** og **Theobald Smith** (1859-1934) påpekte at melk fra kuer med tuberkulose kunne skade barn. Smith oppdaget også at flått kunne være en spredder av sykdom. Roux, Calmette og Metchnikoff var alle direktører ved Pastuerinstituttet.

Andre viktige mikrobiologer på den tiden var **Joseph Lister** (1827-1912) som introduserte antiseptisk kirurgiteknikk. Lister observerte at sårskader der huden var like hel ikke ble infisert, sammenlignet med åpne sår. Lister forstod betydningen av Pasteurs oppdagelser og varmet opp kirurgiske instrumenter og desinfiserte med karbolsyreopløsning. **Martinius Willem Beijerinck** (1851-1931), botaniker fra Nederland, utviklet metoder for anrikningskultur og selektive medier for dyrking av bakterier. Han var den første som fikk fram renkulturer av sulfatreduserende og sulfatoksiderende bakterier, og aerobe nitrogenfikserende bakterier i rotknoller fra erteplanter. **Sergei Winogradsky** (1856-1953) arbeidet med renkulturer av nitrifiserende bakterier og svoveloksiderende bakterier som oksiderte hydrogensulfid. Winogradsky publiserte *Microbiologie du Sol* i 1887. Både Beijerinck og Winogradsky øket forståelsen av de mikrobielle prosessene i jord som påvirket plantene. I 1892 viste bakteriologen **Dimitri Ivanowsky** (1864-1920) fra Russland at det i ekstrakt fra syke tobakksplanter er noe som kan gi mosaikksykdom på friske tobakksplanter. Det var imidlertid **Beijerinck**

som fant at noe som var mindre enn bakterier kan gi sykdom på tobakksplanter - *Contagium vivum fluidum* (levende kim (spire)) som er løselig), kimteorien for sykdom. Contagium er det samme som smitte. Han postulerte at stoffet måtte inkorporeres i celler for å kunne reprodusere seg. Stoffet ble kalt filtrerbart virus, siden det kunne komme igjennom porøst porselen som ble brukt til å atskille bakterier fra vekstmediet. **Charles Chamberland** (1851-1908), som arbeidet sammen med Pasteur, hadde oppdaget denne filtreringsteknikken. Chamberland deltok dessuten i utviklingen av autoklaven som ble brukt til sterilisering av vekstmedier. Det latinske begrepet virus ble opprinnelig brukt om slimete slangegift, men Beijerinck skjønnte at det ikke dreide seg om en gift. Saft fra infektete planter kunne gi sykdom på friske planter, selv etter filtrering som fjernet de minste bakteriene. Sykdommen skyldtes tobakksmosaikkvirus. **Freidrich Loeffler** (1862-1915) og **Paul Frosch** (1860-1928) oppdaget et virus som ga munn- og klovsyke. En sykdom som hadde en stor epidemi i Storbritannia i 2001 som endte i store kvegbål. Oppdagelsen at mikroorganismer kunne fremkalle sykdom, var av enorm betydning for videre utvikling av vår sivilisasjon.

Karl Landsteiner oppdaget at røde blodceller fra forskjellige personer kunne noen ganger klumpe seg sammen og agglutinere, en oppdagelse som førte fram til inndeling i 4 blodgrupper A, B, AB og 0. En viktig kunnskap for å kunne foreta blodtransfusjoner. Landsteiner oppdaget også M, N, og rehsusfaktoren i blod.

Den tyske bakteriologen **Paul Ehrlich** (1854-1915) hadde omfattende kunnskaper innen matematikk, kjemi og medisin og gjorde fundamentale oppdagelser innen kjemoterapi, hematologi (læren om blod) og immunitetslæren. Fra Hippokrates og Galen mente man at sykdom skyldtes vevsvæskene, deres mengde og forhold (humoralpatologi). Kroppen består av celler vist av Virchow, og sykdom skyldes noe i cellene (cellularpatologi). Ehrlich startet arbeidet med å lete etter fargestoffer som kunne binde seg til og drepe sykdomsfremkallende bakterier. De nye anilinfargestoffene ble utprøvet i alle mulige sammenhenger. Metylenblått ble brukt mot malaria hos dem som ikke tålte kinin. I Afrika ble Livingstone kjent med en sykdom hos kveg forårsaket av en flueart som de innfødte kalte Tse-Tse. I India ble sykdommen kalt surra og i Sør-Amerika Mal de Cadera. Man fant at sovesyke (Tse-Tse syke) skyldes parasitter, avlange, bevegelige og trådformete trypanosomer. Trypanrødt ble brukt mot trypanosomer, derav navnet. En kjemoterapi basert på atoxyl basert på anilin og arsenikk virket mot sovesyke, men en ulempe var at pasientene kunne bli blinde. Noen av trypanosomene utviklet resistens mot arsenikk. Ehrlich oppdaget sammen med S. Hata at arsfenamin (salvarsan) kunne drepe spirochaeter som ga syfilis, og selv om salvarsan også var giftig for mennesker var det et skritt framover. Dette var anilinfargenes tid og blodpreparater farget med metylgrønt, og rødt syrefuksjon ga forskjellig farging av blodcellene. Det var fire forskjellige celler i blodet som ble farget forskjellig, en basis for hematologi. Antall mastceller økte i antall ved betennelser. Man kunne se at leukemi ga en sterk økning i antall hvite blodlegemer. Miltbrannbakterier sprøytet inn under huden på frosk ga økning i hvite blodelegemer. Metylenblått er ufarget når det ikke er oksygen tilstede og blir farget blått når det er oksygen. Hjerneceller bruker store mengder oksygen. Hjerneceller i cellevev fra døde dyr, fra nylig døde og utover, viste hvordan hjernecellene raskt ble ødelagt, en metode kalt vitalfaring. Det viste seg at nøytralrødt kunne brukes til farging av nerveceller. Forsøk viste også at det var forskjellig opptak av fargestoffer i cellene i kroppen til delvis gjennomslitt dafnier, organismer brukt til fiskefór. Immunitetslæren viste at dyr og mennesker er ikke mottakelig for noen typer smittestoffer. Man oppdaget at noen sykdommer som kopper, fikk man bare en gang, mens difteri, lungebetennelse og influensa kunna man få mange ganger. **Emil Adolf von Behring** (1854-1917) oppdaget difteritoksin. Behring og S. Katasato fant i 1890 stoffer som difteribakterier skilte ut i vekstmediet, og ble dette

sprøytet inn i dyr så ble dyrene ikke mottakelige for differitoksin. Økende mengder differibakterier sprøytet inn i hester, ga et serum som kunne brukes til behandling av difteri. Behring og Katasato fant også at stivkrampebakterier lager tetanustoksin. **August von Wassermann** (1866-1925), elev av Robert Koch, utviklet Wassermanns reaksjon for å kunne påvise syfilis. Salversan (organisk arsenforbindelse), kvikksølv og vismutt var viktige remedier mot sykdom før penicillinene ble oppdaget. **Albert Neisser** (1855-1916) oppdaget i 1879 gonokokker. En art av bakterien Neisseria, oppkalt etter Neisser, gir gonorrhé, en annen art Neisseria gir hjernehinnebetennelse. **Gerhardt Domagk** (1895-1964) oppdaget på 1930-tallet at et fargestoff kalt Prontosil kunne brukes til behandling av streptokokkinfeksjoner. Seinere oppdaget franske forskere at det var sulfanilamid, en del av Prontosilmolekylet som var det aktive agens. Sulfapreparatene viste seg å være virkningsfulle mot mange bakterier. **Léon Ramon** (1886-1963) oppdaget i 1928 at formaldehyd kunne brukes til å modifisere toksiner og venomer.

I 1940 oppdaget **Donald D. Woods** at sulfapreparater virket ved å etterligne det naturlige kjemiske stoffet para-aminobenzosyre og derved hemmet et enzym i syntesen av vitaminet folinsyre.

Et gjennombrudd gjorde **Alexander Fleming** (1881-1955). Fleming var en skotsk lege som arbeidet ved St. Marys hospital i London, og oppdaget i 1928 at en muggsoppen *Penicillium notatum* kunne hemme veksten av bakterier bl.a. stafylokokker. På agarskåler med bakterier som han hadde latt bli stående igjen i inkubatoren så han at i skåler med sopp ble det en halo rundt soppen hvor bakteriene ikke vokste. Stoffet soppen skilte ut som hemmet veksten av bakterier kalte han penicillin. **Ernst Boris Chain** (1906-1979) og **Howard Florey** (1898-1968) isolerte penicillin, og viste at stoffet hadde kjemoterapeutisk effekt. Florey infiserte åtte mus med sykdomsfremkallende bakterier, fire av dem som ble behandlet med penicillin ble ikke syke. Under ledelse av Florey ble det igangsatt masseproduksjon av penicillin, bl.a. for å bekjempe sykdom hos sårete soldater under den andre verdenskrig. Penicillin prøvd første gang på mennesker i 1941 viste seg å være effektivt ikke bare mot stafylokokker, men også mot streptokokker og pneumokokker. Fleming, Chain og Florey fikk nobelprisen i fysiologi og medisin i 1945. I 1944 oppdaget **Selman A. Waksman** (1888-1973) at et antibakterielt stoff kalt streptomycin ble skilt ut i vekstmediet hos actinomyceten *Streptomyces griseus*. Actinomyceter er bakteriellignende organismer som finnes i jord, gir lukten av jord, og vokser som hyfelignende filamenter. Streptomycin og neomycin ble viktige antibiotika, spesielt streptomycin som kunne brukes mot tuberkulose. Etter hvert skulle det imidlertid vise seg at antibiotikaresistente bakterier skulle bli et problem.

Den franske legen **Charles Louis Alphonse Laveran** (1845-1922) oppdaget at det var en protozoo overført med insekter som framkaller malaria. Det var mange teorier om årsakene til malaria. En av dem var "dårlig luft" over sumpområder, *mal aria* var italiensk for dårlig luft. Sovesyke forårsaket av trypanosomer, og leishmaniasis (kala-azar), oppkalt etter **William Boog Leishman** (1865-1926), var en annen insektoverført protozoosykdommer som Laveran studerte. Virologen **Jonas Edward Salk** (1914-1995) utviklet i 1955 Salkvaksinen mot det fryktede polioviruset som ga poliomyelitt, etter at han fant at viruset kunne vokse i kyllingembryoer. Vaksinen baserte seg på drept virus, og det ble igangsatt massevaksinasjon av barn. Seinere utviklet **Albert Sabin** et poliovaksine som kunne tas gjennom munnen.

Frederick William Twort (1877-1950) oppdaget bakteriofager i 1915, dvs. virus som kunne angripe og drepe bakterier. Dette ble uavhengig bekreftet av bakteriologen **Felix d'Herelle** (1873-1949) ved Pasteurinstituttet i 1917. Ved feltsykehus hadde d'Herelle sett soldater med dysenteri (blodgang), og d'Herelle dyrket opp bakteriene. Bakterieløsningen

ble filtrert gjennom et bakterietett filter, og når filtratet ble blandet med nye bakterier ble bakteriene oppløst. Bakteriofagene formerte seg sammen med bakteriene. Selv om bakteriofagene er små, er de lette å påvise ved at de danner plakk på skåler med bakterier. Bakteriofagene er bakteriespisere. Først trodde man at virus bare inneholdt protein, men seinere viste det seg at de også inneholder nukleinsyrer. Arbeidet til **Heinz Fraenkel-Conrat** (1910-) på 1950-tallet skapte ny interesse for studiet av bakteriofager. Fraenkel-Conrat klarte å atskille den ytre proteinkappen og nukleinsyredelen i virus, og hvis disse ble koblet igjen ble det nye viruspartikler. Heinz Fraenkel-Conrat og **Gerhard Schramm** viste at virus overtar cellens maskineri for å uttrykke virusets egen informasjon, og at tobakksmosaikkvirus er et RNA-virus. Virus gir sykdom hos planter dyr og mennesker. Virus kan renses og krystalliseres, noe som ble vist i 1935 av **Wendell Meredith Stanley** (1904-1971). Stanley fikk nobelprisen i kjemi i 1946 sammen med **John Howard Northrop** (1891-).

På 1980-tallet oppdaget **Stanley B. Prusiner** (1942-) prioner ("proteinaceous infectious particle"), proteiner som under spesielle forhold kan frambringe hjernesykdommen BSE (bovin spongiform encephalitt) hos kveg og en ny type Creutzfeldt Jacobs sykdom hos mennesker, som ødelegger sentralnervesystemet. I tillegg kjente man til sauesykdommen scrapie, et skotsk navn, som gir lignende symptomer. Det samme gjaldt sykdommen kuru på New Guinea hos personer som hadde deltatt i kannibalistiske ritualer. Fatal familial insomnia ble også koblet til prioner. Det var noe helt nytt at proteiner uten nukleinsyrer kunne gi sykdom. BSE har oppstått mener man fordi rester av sauer og kveg var blitt oppmalt til dyrefor uten den nødvendige sterilisering. Domestiserte herbivore dyr var blitt omgjort til karnivore kannibaler. Det skulle vise seg at prionene var meget varmebestandige. I 1980 dukket det opp en ny og mystisk og fryktet sykdom kalt AIDS, som det skulle vise seg skyldtes et HIV virus som infektet cellene i immunsystemet. HIV har sannsynligvis sin opprinnelse fra sjimpanser, selv om det også har vært lansert en vaksinateori og konspiratoriske teorier om biologisk krigføring og virus sluppet ut fra forskningslaboratorier.

Virus ("levende molekyler"), viroider og prioner var forklaringen på stadig flere sykdommer. Finnes det andre "partikler" som gir sykdom ?

Darwin og evolusjonsbiologi

I 1798 publiserte den britiske økonomen **Thomas Robert Malthus** (1766-1834) anonymt *An Essay on the Principle of Population as it Affects the Future Improvement of Society*. Boka viste hva som kunne skje hvis en populasjon vokste geometrisk ukontrollert ved at alle som ble født kunne vokse opp og reproducere seg. Nå ville i praksis ikke dette skje fordi naturressursene har begrenset størrelse. Vår sivilisasjon forbraker ressurser som overstiger det som er tilgjengelig, og avfallsproduksjonen overstiger det som miljøet kan absorbere. Når menneskene har brukt opp alle ressursene på jorda vil resultatet bli sult, sykdom og krig. Disse idéene vakte stor oppsikt og protester. De fleste populasjoner har imidlertid en stabil i størrelse. Et eksempel på geometrisk vekst er historien om betalingen som den som oppfant sjakkspillet krevde: Ett hvetekorn for første rute, 2 for andre rute, 4 for tredje, noe som gir 2^{64} hvetekorn på den 64. rute, et astronomisk tall $1.8 \cdot 10^{19}$ korn.

Dr. **W.C. Wells** hadde i 1818 vært inne på tanker om naturlig utvalg. Farfaren til Charles Darwin, **Erasmus Darwin** (1731-1802) var lege, poet og oppfinner, utga boka

Zoonomia: Or the Laws of Organic Life (1794) og *Phytologia*, og hadde en teori om evolusjon. Andre bøker av Erasmus Darwin var *The Temple of Nature, or Origin of Society* (1803) utgitt etter hans død, og *The Botanic Garden, a Poem in Two Parts* (1789/91). Darwins far var også opptatt av naturhistorie og dette smittet over på Darwin som fikk hobbyene kjemi, naturhistorie, jakt og etter hvert geologi.

Den skotske botanikeren **Patrick Matthew** (1790-1874) publiserte de første ideer om naturlig seleksjon i en bok som omhandler trær brukt til skipsbygging (*Naval Timber and Arboculture* (1831)). Tanken om at det skjer en utvikling går helt tilbake til Empedokles og Lukrets, men det var Darwin og Wallace som fant årsaken og forklaringen til utviklingen - arvelig variasjon og naturlig utvalg.

Det ble **Charles Robert Darwin** (1809-1882) som dominerte den biologiske tenkningen på siste halvdel av 1800-tallet. Inntil da hadde de fleste trodde på "artenes uforanderlighet". Charles Darwin ble født 12. februar 1809 i Shrewsbury, en dato som blir feiret som "Darwin day" i vår tid. Allerede i ung alder ble Darwin interessert i naturhistorie. Han lærte seg plantenavn, og samlet muslinger, fugleegg, insekter og mineraler og var for øvrig en vanlig skolegutt. En av hans store interesser ble fuglejakt og han hadde stor sans for naturskjønnhet, forteller han i sin selvbiografi. Darwins bror var opptatt av kjemi og innledet et lite laboratorium i et hageskur hvor Charles ble utnevnt til assistent og hvor han lærte betydningen av eksperimentell vitenskap. I 1825 ble Darwin sendt sammen med sin bror til universitetet i Edinburgh for å studere medisin. Charles var misfornøyd med forelesningene og han synes ikke medisinstudiet var spesielt interessant. Han fulgte forelesninger i geologi, men som han imidlertid synes var usedvanlig slette. Charles lærte seg å stoppe ut fugler. Etter to semestre kom det Darwins far for øre at Charles ikke kunne tenke seg å bli lege, og faren foreslo at han burde bli prest i stedet. Derved var Charles ved Cambridge fra 1829-1831. Her fikk han gjenoppfriske greskkunnskapene, og han slet med algebraen. I Cambridge fulgte Charles Henslows gode forelesninger i botanikk, og han var med med botaniske ekskursjoner. Henslow ble etter hvert Charles gode venn. Interessen for insektsamling økte. Charles leste Alexander von Humbolts bøker og J. Herschells: *Introduction to the study of natural philosophy*. Charles ble inspirert til "å yte bidrag til naturvitenskapens stolte bygning". Henslow overtalte Darwin til også å studere geologi. I 1859 ble hans teori om artenes opprinnelse ved naturlig seleksjon publisert i *On the Origin of Species by means of Natural Selection or Preservation of Favoured Races in the Struggle for Life*. Mottakelsen som **Robert Chambers** (1802-1871) fikk for *Vestiges of the Natural History of Creation* (1844) opprinnelig publisert anonymt, bidro til at Darwin utsatte publiseringen av *Origin of Species*.

Professor i botanikk **John Stevens Henslow** (1796-1861) ved Universitetet i Cambridge hadde anbefalt overfor Admiralitetet at Darwin skulle få være med orlogsfartøyet *Beagle* ("Sporhunden") som ulønnet naturforsker. Den 27. desember 1831 forlot *Beagle* Plymouth i England. I perioden fram til 2. oktober 1836 seilte Darwin med *Beagle* og kaptein Robert Fitz-Roy langs kysten av S-Amerika (Østkysten, Patagonia, Ildlandet). Han så tropiske regnskoger, ørkner i Patagonia, og skydekte fjell på Ildlandet. Reisen gikk videre gjennom Magellanstredet til de vulkanske Galapagosøyene (1835) utenfor Ecuador, til Tahiti, vestover til Australia, New Zealand, Tasmania, Mauritius, rundt spissen av Afrika, til Brasil, St.Helena og Cap Verde øyene og hjem. Allerede i 1837 hadde Darwin gjort seg tanker om evolusjon, og året etter fant han mekanismen - naturlig seleksjon, men det skulle gå lang tid innen tankene ble publisert. Darwin hadde stor kjærlighet til naturvitenskapen. Han beskrev alle typer dyr, dissekerte dem, lærte å stoppe dem ut, men innrømmet at han var en dårlig tegner. Han startet med en notatbok i 1837,

og arbeidet etter “ekte Baconske prinsipper”, uten å følge noen teori samlet han kjensgjerninger og andres iakttagelser en gros. **Francis Bacon** (1561-1626) og **John Stuart Mill** arbeidet med vitenskapelig induksjonslogikk. Darwin hadde som gylden regel at når han påtraff en ny opplysning, eller en tanke som var imot den allmenne kunnskap, så noterte han den. Han leste Malthus bok i 1838, og begynte å arbeide med teorien om “fordelaktige variasjoner”, en ferdig teori i 1839, et utkast forelå i 1842 og det endelige utkast i 1844 som ble lest av Dr. Hooker. Darwin var meget stolt over “mitt litterære barn”. I det Indiske hav hadde Darwin observert korallrev. Varmtvannskorallene lever på grunt vann i tropiske områder. Koralløyer er øyer omkranset av et rundt korallrev, eller en korallatoll rundt en lagune. *Journal of Researches into the Geology and Natural History of the Various Countries Visited by H.M.S. ‘Beagle’ under the Comand of Captain FitzRoy, R.S., from 1832 to 1836* inneholdt en teori for opprinnelsen til korallrev som atskilte seg fra Lyells teori. Verket omhandlet også temaer som landhevninger, jordskjelv, flyttblokker, isbreer og daler, og jord og meitemark. Det var få kjente fossiler på Darwins tid, men en del samlet han selv. Disse ble beskrevet av den engelske paleontologen **Richard Owen** (1804-1892). Owen var representant for den angelikanske kirke og hadde venner i den kongelige familie. Owen ble etter hvert sentral i antidarwinismen og han forsøkte å finne en arketype for alt liv (*Archetype and Homologies of the Vertebrate Skeleton* (1848)). Ifølge Huxley var Owen en antroposofisk pseudoforsker. Andre antidarwinister var Thomas Carlyle, som trodde på panteisme og at “universet er et symbol på gud”. Missing-link argumentet var populært.

Paleontologi er læren om planter og dyr som har levet tidligere. Ved Kapp-Verde-øyene hadde Darwin observert et belte av fossile skjell i steiner 10 meter over havnivået. Hadde havet hevet seg eller hadde landet hevet seg? I Patagonia hadde han observert landhevninger og i Andesfjellene fantes marine fossiler høyt over havnivået. **James Hutton** hadde evidens for at jorden var gammel i *Theory of the Earth* (1785). Hutton påpekte betydningen av rennende vann, og at de fysiske prosessene som påvirker landskapet er de samme som har virket tidligere. Neptunistene mente at det var havet som formet landskapet. **Charles Lyell** (1797-1875) hadde i *The Principles of geology (Geologiens grunnsetninger)* vist ved paleoontologiske og fysiske studier at jordskorpen måtte ha utviklet seg over lange tidsperioder. Lyell mente, på samme vis som Lamarck, at jorden måtte være mye eldre enn man tidligere hadde trodd. Den bibelske skapelsesberetningen kunne ikke tolkes bokstavelig. Noen mente at fossilene var modeller og arbeidsutkast som skaperen hadde brukt for å lage nye arter. Geologiske endringer måtte være en kontinuerlig prosess forårsaket av vann, frysing og tining, isbreer, avsetninger, erosjon, jordskjelv og vulkaner. De kreftene som hadde virket tidligere var de samme som virket nå. Lyell var den som delte den geologiske tidsperioden Tertiær inn i Eocen, Miocen, Pliocen og Pleistocen. Paleontologiske data viste at det hadde vært mange utdødde former og arter. At artene ikke var konstante måtte innebære en utvikling. Lyell ble professor i geologi ved Kings College i London og skrev seinere *Elements of Geology* i 1857. Darwin leste Lyells *Principles*, og roste den høyt i skyene. Lyell diskuterte både geologi og evolusjon med Darwin, og de var hengivne beundrere av hverandres vitenskapelige arbeider. Imidlertid viste regnestykker av **William Thomson (Lord Kelvin)** (1824-1907), termodynamikkens grunnlegger, at jorda ikke kunne være mer enn 100 millioner år gammel. Der tok han feil. Darwin satte også stor pris på John Herschel: “han sa ikke mye, men ethvert av hans ord var verd å legge merke til”. Herschel hadde skrevet *Introduction to the Study of Natural Philosophy*. Om Humboldt sa Darwin: “den store mann skuffet meg en liten smule, men mine forventninger har rimeligvis vært lovlig store”. På Galapagos-øyene oppdaget Darwin øyer med egne

typer kjempeskilpadder, iguaner som svømte i havet, og finker med nebb tilpasset dietten, tynne nebb for insekter, tykke nebb for frø og nøtter. I 1856 fikk Darwin råd fra Lyell om å utarbeide en fullstendig evolusjonsteori. Planene ble brått endret sommeren 1858, da Darwin fikk et manuskript *On the Tendency of Varieties to Depart Indefinitely from the Original Type* (Om varietetenes tendens til i det uendelige å avvike fra originaltypen) fra den selvlærte britiske naturviteren **Alfred Russel Wallace** (1823-1913). Wallace hadde gjort reiser til Amazonas og Molukkene i Indonesia, og hadde kommet fram til en identisk hypotese som Darwin. Wallace hadde samlet arter i jungelen i Brasil og på Borneo, og hadde tidligere skrevet *On the Law which has regulated the Introduction of New Species* i 1855. Etter råd og inspirasjon fra Lyell og botanikeren Joseph Dalton Hooker ble Darwin oppfordret til å utgi et resumé av sitt eget arbeid sammen med et brev til den amerikanske botanikeren Asa Gray, og som ble publisert i *Journal of the Proceedings of the Linnean Society, Zoology II* vol.3 1858 side 45, sammen med Wallace sitt arbeid. Wallace skrev seinere *Contributions to the Theory of Natural Selection* i 1870 og *Darwinism* i 1889. Lyell hadde også tanker om evolusjon i boka *The Geological Evidences of the Antiquity of Man with Remarks on Theories of the Origin of Species by Variation* fra 1863. Wallace hadde to år tidligere utgitt reisebeskrivelsene *Palm Trees of the Amazon* og *A Narrative of Travels on the Amazon and Rio Negro*. Wallace mente at faunaen i Australia var forskjellig fra den i Asia på grunn av atskillelsen av disse verdensdelene. Andre verker fra Wallace var *The Malay Archipelago* (1869); *Contributions to the Theory of Natural Selection* (1870); *Geographical Distribution of Animals* (1876) og *Island Life* (1880). Wallace kjente også den engelske entomologen **Henry Walter Bates** (1825-1892), som hadde gjort viktige studier av fenomenet mimikry hos insekter, et arbeid som understøttet Darwins teori om naturlig seleksjon. Sommerfugl og møll kunne etterligne en annen art som forekom i stort antall og var giftig. En sjelden art tok utseende til en art som forekom i stor mengde.

Evolusjonsteorien til Darwin og Wallace baserer seg på at planter og dyr har stor kontinuerlig variasjon, og produserer mer avkom enn det som overlever til reproduktiv alder. Darwin kom fram til følgende konklusjoner: Avkommet konkurrerer om en begrenset mengde ressurser, mat og parringspartnere. Evolusjon er forandring og tilpasning til levesettet i nisjen, og en art nedstammer fra en annen art. Naturlig seleksjon (naturlig utvalg) gir utryddelse av lite tilpassete individer og arter. De best tilpassede individene får avkom, og fordelaktige egenskaper fra foreldrene blir overført til avkommet. Seleksjonen skjer over tusenvis av generasjoner. Mangfoldet er et resultat av kamp for livet og stadige endringer i miljøet.⁸ Den tilsynelatende hensiktsmessigheten i naturen er ikke resultat av et formål, men skyldes organismene som tilpasser seg et miljø.

⁸Allan, M.: Darwin and his Flowers. Taplinger Publ. Comp. 1977

Mennesket har via kunstig utvalg med et bestemt formål frembrakt husdyr, oppdrettsfisk og høytstående kornslag og frukt- og grønnsakvekster. Ved naturlig utvalg velges artene ut etter kravene naturen stiller for overlevelse og reproduksjon. De individene som til enhver tid er best tilpasset det gjeldende miljø overlever. Med studier av husdyr og kulturplanter viste Darwin at det med menneskenes hjelp er mulig å omforme ville dyr og planter i løpet av få generasjoner. Resultater fra husdyravl og planteavl viser at kunstig utvalg kan gi nye raser og former. Tamme dueraser er blitt utviklet fra klippedue, og de tamme duerasene har så forskjellig ytre at de kunne misoppfattes som fjernt beslektet. Det samme gjelder bankiwahøne/rød jungelhøns fra India som er stamformen for tamhøns. Tamkveg har blitt utviklet fra urokse. Hunden er utviklet fra ulv, og varierer i størrelse fra Grand danois og mynde med lange bein, til grevlinghund med korte bein, og snuten kan være lang eller kort. Den samme variasjonen kan observeres blant kaninraser. Det er en art av kål som har gitt opphav til blomkål, rosenkål, hodekål, rosenkål, knutekål, grønnkål, og rødkål. Hvis denne variasjonen kan skapes i løpet av få tusen år med kunstig utvalg foretatt av mennesker. Hva kan ikke da naturlig skapes av variasjon når det er mange millioner av år til rådighet for naturlige utvalg ?

Darwin påpekte at alle organiske vesener er ufullkomne. Allikevel var han fascinert av hvordan hakkespetter er tilpasset sitt levevis med gripeføtter, hale til å støtte seg med, nebb til å hakke med, og tunge som kan fange insekter under bark og i trestammer.

Darwin viste likheten i oppbyggingen i hånden hos mennesket og aper, luffene til sel og hval, flaggermusvinge, fuglevinge og hestefot. Samme type bein blir stilt i forskjellig posisjon avhengig av funksjon under evolusjonen. Dyr som beveger seg på fire bein kan utvikle lange bein tilpasset løp og trav. En lang kropp med korte bein hos mårdyrene røyskatt og mink er tilpasset bevegelse gjennom trange ganger, og skal de bevege seg raskt i terrenget skjer dette ved lange hopp. Vombat og pungdyr ligner gnagere. Moldvarpen har gravebein, gripehånden har motstilt tommel, hesten har bein til løping og ender har svømmehud på føttene. For- og baklemmene hos disse dyrene er satt sammen av de samme bestanddelene. Det finnes rudimentære organer som rester fra en utviklingsprosess: Pattedyrhannen kan ha rester av brystvorter. Vingen på kiwi er rudimentær. Kvelerslanger og hval har rester av baklemmer og bekken. Man finner rudimentære negler på luffene til manater. Fem støvbærere hos maskeblomster er rudimentære. En kimplante må konkurrere med andre større planter. Kimplantene er også utsatt for å bli spist av snegler eller insekter. Artens individtall blir viktig. Et frittstående tre utvikler seg annerledes når det står alene enn når det vokser tett i konkurranse med andre. Hageplanter blir raskt utkonkurrert av ville planter.

Det foregår en kontinuerlig kamp om matressursene, og det dannes næringspyramider med vekselbruk med forskjellige arter etter hverandre av typen: Blomster - humler - markmus - katt, eller insekter - fugl - rovfugl.

Pungdyrene har dobbel livmor med to åpninger, hvor en blir til fungerende livmor og resten av den andre blir til en indre fold. Hos gnagere finner man alle overgangsformer i oppbyggingen av livmoren. Hos pattedyr lages livmoren av to rør. Hjertet har utviklet seg fra et pulserende kar, og lungene har utviklet seg fra en svømmeblære.

Blindtarmen er en sidegrein til tykktarmen, og er lang hos pattedyr som lever av tungt fordøyelig plantekost, men kort hos rovdyr. Tidlig i fosterstadiet har begge kjønn hos mennesket kjønnskjerter, rester etter en tidligere hermafrodit. Det samme gjelder rester av brystvorter hos hanner. Monotrematene har ikke brystkjerter. Darwin stiller også spørsmålet om prostata hos hannen er et homologt med livmoren hos hunnen.

Naturen har en lang rekke med eksempler på evolusjonære tilpasninger. Moldvarp og dyr som lever i grotter er blinde. Fugl som lever på øyer uten rovdyr, kan miste evnen til å fly. Øyet tilpasser seg forskjellig mengde lys, og forskjellig fokus på forskjellige avstander.

Det har skjedd en overgang fra et enkelt øye som i enkleste form består av en synsnerve med pigment uten linse. Pigmentcellene kan registrere lys eller mørke. Det er likhet mellom organismer som har samme levevis, selv om de har forskjellig slektsskapsforhold. Dyr som lever i vann er nakne uten hår som hval, delfin, sjøkuer og flodhest, men nesehorn og elefant er også uten hår. Gribbene som stikker sitt hode inn i kadavere har et nakent hode uten fjær. Halen utvikles som fluesmekke, balanseorgan, eller svømmeorgan. Glassklare havdyr som meduser, kreps og fisk blir ikke så lett sett av predatorer. Fisk er vanligvis lyse på undersiden og mørke på oversiden, noe som gir mindre kontrast mot henholdsvis himmel og havbunn. Egg-tannen på nebbet til fuglunger brukes til å hakke seg ut av egget. Snoken har en skarp tann i overkjeven som brukes for å komme ut gjennom skallet. Bikakemønsteret på cellene i bikuben gir mest honning med minst forbruk av voks.

Giraff og elefant har samme antall halsvirvler. Atavisme er et tilbakeslagsprinsipp for nedarving av spesielle egenskaper eller eiendommeligheter fra tidligere generasjoner. Hunnbier hvor eggleggingsbrodden er utviklet til stikkbrodd. Stikkbrodden kan ha mothaker. Hos noen insekter suger hunnen blod, mens hannen suger nektar av blomsterplanter.

Munndelene hos insekter har utviklet seg avhengig av hvilken matkilde insektet bruker.

Noen hanner av nattsvermere og kreps mangler munn, siden de ikke har behov for å spise den korte tiden de lever i parringens tjeneste. Kyssing er en atferd som man kjenner fra dyreriket og har en kombinert opprinnelse fra å lukte, "bryne nese", slikke, og overføre mat til munnen i reproduksjonskurtisen.

På hendene våre kan vi se restene etter tråputene fra den gangen våre forfedre gikk på fire bein. Hest utvikler den tredje finger og tå og står på dem. Klovdirene utvikler andre og tredje finger, den første og fjerde blir biklover, mens den femte forsvinner eller kan ses som en rest f.eks. på beinet hos hund.

Hesten kan bevege huden og riste seg. Noen mennesker har i behold denne egenskapen og kan riste på huden i panne eller på hodet. Spissing av ørene er en evne som mennesket har mistet. Blinkhinne som et tredje øyelokk med muskler finnes hos fugl, padder, noen krypdyr og haier. Blinkhinnen finnes også hos gumlere og pungdyr. Nebbdyr har nebb og skulder som en fugl, og kjønnsorganet munner ut i endetarmen lik fugl, amfibier og krypdyr. Nebbdyr føder levende unger, og melk kommer ut gjennom et hudområde med hull, og de har ikke brystvorter. Knoklene i øret hos pattedyr har utviklet seg fra hengsleledd i kjeven hos krypdyr. Fortennene i overkjeven hos drøvtyggere kommer ikke fram. Hjørnetennene hos hannbavianer er kraftige, disse kan brukes til kamp istedet for horn eller gevir. Hjørnetennene reduseres og forsvinner hos hannen hos drøvtyggere, og hos mennesket er hjørnetennene kjegleformet og brukes lite til tygging. Visdomstennene er de bakerste kinntennene. Hesten bruker fortenner og hovene i kamp. Pungdyr finnes bare i S-Amerika og Australia. Wallace oppdaget at flaggermus er den eneste typen pattedyr på noen øyer.

Frø spres over store avstander med fugler og havstrømmer, og vannplanter kan spres med andefugl. Nektarier og honninggjemmer, og plassering av arret på griffelen er gunstig i forhold til besøkende pollinerende insekt. Pollen av gran og furu spres med vind i enormt antall og sikrer på denne måten sannsynligheten for overlevelse. Det samme gjelder fiskeegg som lages i stort antall hos mange arter. Planter tilpasset tørke utvikler sukkulens.

Instinkter, drifter og vaner sikrer overlevelse. Gjøken har atferd og egg tilpasset andre fuglers reir. Maur klør bladlus på bakkroppen slik at de skiller ut honningdugg. Vannhunder er appporterende og bringer byttet tilbake til "flokk". En sauehund løper

rundt flokken og samler "byttet". Dyr og mennesker har instinkter, reflekser og vaner. Fugler har et vandre- og rugeinstinkt. Delfiner og spekkhoggere samarbeider i en jaktatferd som samler i sammen fiskestimer. Dyr samles i flokker, noe som gjør hvert enkelt individ mindre utsatt for predasjon.

Ifølge Darwin er kampen størst mellom individer av samme art. Hos pattedyrene har hannen horn, gevir eller kraftige utviklete hjørnetenner. Narrhvalen har en tann som blir utviklet til horn. Hvalross, elefant og villsvin har støttenner. Nebbdyrhannen har en giftspore på forbeina. Reinsdyr er det eneste hjortedyret hvor hunnen også har gevir, selv og det er mindre og tynnere enn hannens. Fuglene har iøyenfallende sekundære kjønnskarakterer som sang, kam, hudfolder, fjærdrakt eller dans. Noen har lange fjær på hode eller hals med eksempler som paradisfugl, kolibri og påfugl. De mest spektakulære og fargesprakende sekundære kjønnskarakterene er et resultat av seksuell seleksjon. Hannene poserer og kjemper, mens hunnene velger ubevisst den mest attraktive parringspartneren. Stokkand mister parringsdrakten etter utført oppdrag. Hannen kan bruke nebb, bein med sporer, brystbein eller vinger i kampstriden med andre hanner. Brushane har stor fjærkrage med stor variasjon blant de forskjellige individene (polymorfe). Gårdshanen galer. Fuglehannen synger og lokker til seg hunner. Høytsittende og synlig fugl med overlegen sang indikerer dominant atferd. Fuglene har sangdialekter, lært av eldre hanner. Mange sangere er anonyme i farger, unntatt svarttrost. Nattsangere har skjulefjærdrakt og de er derved mindre utsatt for å bli oppdaget av predatorer. Mekregauk (dobbeltebekkasin) har halen utbredt når den daler og ytterste halefjær lager vibrerende lyd. Spettene hakker og lager trommelyd. Duene kurrer, spettene skriker. Hvis hunnfuglen er større enn hannen kan årsaken være å kunne beseire andre hunner, men kan også skyldes at det er mer krevende å oppfostre unger.

Salamandere i parringstiden får en kam på rygg og hale, fargerik parringsdrakt og gripeklør på hannens forbein. Frosker og padder har flekkete og grønnaktige beskyttelsesfarger. Svart farge med røde flekker er en advarsel om en giftig art, ellers er det liten forskjell på hann og hunn. Hannen lager lyd fra sekker med åpning mot svelget og blærer på innsiden av hodet. Hos krokodiller og havskilpadder er det ingen utpreget tydelig forskjell på hann og hunn. Hos slangene er hannen alltid mindre enn hunnen. Hos øgler kan hannene kjempe med hverandre og strupeposen heves. Hannen kan ha en kam på rygg/hale. Hunnen kan også ha kam, men den er som regel mindre. Det er spesielt stor forskjell på hann og hunn hos kameleonene, som også kan ha horn. En rekke sekundære kjønnskarakterer er resultatet at hannene konkurrerer med hverandre, og det er hunnene som velger partner. Dette kalles seksuell evolusjon. Hvis hanner og hunner har likt ytre antyder dette liten seksuell evolusjon. Generelt er hannen større og sterkere enn hunnen, og er utstyrt med angrepsvåpen, pryd eller farger. Det er hannen som søker etter hunnen og med sanseorganer og griperedskaper, men det kan også være omvendt.

Den østerrikske biologen Paul Kammerer arbeidet med fødselshjelperpaddens brunstvorter, inspirert av lamarchisme, og ble beskyldt for fusk. Kammerer begikk et tragisk selvmord i 1926 og historien har blitt udødeliggjort gjennom Arthur Koestlers bok *The Case of the Midwife Toad (Saken dr. Kammerer)* (1971/74).

Det er hannen som kommer først av trekkfuglene, og det hanninsektene som kommer først ut av puppene og svermer. Hannblomsten kan utvikles og ha fullført sin oppgave før hunnblomstene utvikles. Kraniebeina i fosterstadiet hos pattedyrene er myke slik at hodet skal kunne komme ut gjennom fødselskanalen.

I hybrider vil esel dominere over hest, og effekten er sterkest hos hannesel. Et mulesel som er kryssing mellom eselhingst og hestehoppe ligner mest på et esel. Et muldyr er kryssing mellom hestehingst og eselhoppe, og er mer lik en hest.

Hermafroditter er tokjønnete, men kan også parre seg. Slik parring gir økt variasjon som

evolusjonen kan virke på. Parring mellom nærstående individer i en art gir redusert fruktbarhet og minsket livskraft. Mange planter er konstruert for å hindre eget pollen å komme på eller spire på arret. Planter som har vindbefruktning har blomster uten farget krone.

Dyrene har varselrop og kallesignaler bl.a. beregnet på unger. Hannens brunstrop er et brøl eller skrik. Gorilla og orangutang har en strupepose som gir kraftigere lyd. Katter lokkes av legevendelrot og kattmynte, noe som indikerer at kjemiske stoffer kan styre atferd. Hannen hos mennesket blir etter puberteten mer håret, får kraftigere øyebue og skjeggvekst, stemmen blir dypere, og utvikler mer strid atferd.

Hos fisk har tverrmunner (haiker og rokker) griperedskap til å holde fast hunnen. Hannen hos rokker har torner på hodet og på undersiden av brystfinnen. Hannen hos stingstild blir oppskjørtet når hunnen kommer til redet han har laget, og hannen kan pynte reiret med fargete gjenstander. Laksehanner er i strid og stadig kamp i parringstiden, får fargeendringer og underkjeven utvikles til en krok. Rokkehannen har spisse tenner. Hunnen er vanligvis større enn hannen hos alle fisk. Tropiske fisk er fargerike og utvikler utvekster på finnene både hos hanner og hunner. Blåstål kalles hannen og hunnen kalles rødnebb og denne fisken er førsthunnlige. Hvis det er opprinnelig fargeforskjell på hann og hunn blir det større forskjell i parringstiden. Reker er først hanner og blir deretter hunner. Torsken har mange egg, og hvis fisk legger få egg har de ofte yngelpleie.

Hvis det er slik at de mest fargerike hannene som foretrekkes av hunnene, så vil disse trekkene utvikles. Hannene viser seg fram for hunnene. Påfuglfisk er meget fargerik. Gullfisk er fargerike varianter av karpe. Rødspette ligner havbunnen. Nålfisk ligner alger. Laks beskytter eggene etter befruktning ved å dekke dem med grus. Sjøhest har innsenkning på bakkroppen hos hannen hvor eggene ruges. Hannfisker som er munnrugere eller gjellerugere finnes bl.a. i S-Amerika.

Origin of Species inneholdt ingenting om menneskets opprinnelse, men stor furore i kirken og hos folk flest skapte Darwins bok om menneskets avstamning *Descent of Man, and Selection in Relation to Sex (Menneskets avstamning og parringsvalget)* fra 1871. Mennesket er et dyr og må ha vært igjennom en utvikling, og evolusjonens prinsipper må også gjelde menneskene. Populærpressen publiserte straks artikler om "det manglende mellomledd" med Darwin i hovedrollen.

Darwin sørget for den endelige detroniseringen av menneskets særstatus i naturen, og fjernet dogmet om at det var en "særegen skapelsesakt for mennesket", formulert i skapelsesberetningen i første Mosebok. Darwin påpekte at mennesket er ikke vesensforskjellig fra andre pattedyr. Vi har samme type skjelett, muskler, nerver, syn, hørsel, innvoller og indre organer som andre høyerestående dyr. Vi er utsatt for samme typer sykdommer, og vi utvikles fra egg og embryo på samme måte som andre dyr. Vi formerer og forplanter oss på samme måten som andre pattedyr. Hjernen har de samme foldinger som man finner hos organgutanger og andre høyerestående aper. Fosteret har gjellespalter, blodårene går i buer som om de skulle gå til gjeller, og har tidlige utviklingstrinn som hos dyr. Darwin viste bl.a. til Thomas Henry Huxleys *Zoological Evidences for Mans Place in Nature* (1863). Darwin viste bilde av fosteret i tidlig stadium hos hund og menneske, og viste at det var likt bygget opp. Huxley hadde sammenlignet skjelettet til store aper bl.a. gorilla med moderne mennesker. Darwin var velbegrunnet og hadde en overbevisende argumentasjonsrekke for evolusjonsprinsippet, med mange henvisninger til andres arbeider. Det er en iøyenfallende likhet i genom, atferd og morfologi mellom oss selv og de andre menneskeapene sjimpanse, dverbsjimpanse (bonobo), gorilla, og organgutang. Darwin viser til luktesansens reduserte betydning hos mennesker. Vi atskiller oss imidlertid med stort hjernevolum, språk og ved å bevege seg

på to bein.

Darwin sa i den oversatte utgaven *Menneskets afstamning og parringsvalget* fra 1909:

“Det er aabenbart, at Mennesket er bygget efter den samme almindelige Type eller Model som andre Pattedyr. Til alle Benene i hans Skelet finder vi tilsvarende Ben i Abens, Flaggermusens og Sælhundens. Det samme gælder hans Muskler, Nerver, Blodkar og Indvolde. Som Huxley og andre Anatomer har vist, følger Hjernen, det vigtigste af alle Organer, den samme lov.” (s. 2)

Darwin sa videre: *Hele Forplantelsesprocessen er forbavsende ens hos alle Pattedyr, lige fra de første indledende Skridt fra Hannens Side, til Fødselen og Ungernes Opfostring. Abeungerne fødes i en næsten lige saa hjælpeløs Tilstand som de de smaa Menneskebørn;....” (s. 4)*

“Mennesket udvikles af et Æg, der omtrent er 1/125 Del av en Tomme i Diameter, og dette Æg er i ingen Henseende forskjellig fra andre Dyrs. Fosteret kan i dets tidligste Tid næppe skjælnes fra Fosteret hos andre Medlemmer af Hvirveldyrriget.” (s. 5)

“De fleste af de mere udviklede Sindsbevægelser har vi og de højere Dyr Fælles”. (s.28)

Dyr i Arktiske og kalde strøk har pels. Mistet mennesket hår på kroppen fordi det levde i tropeområder eller i tilknytning til vann ? Hår på hodet kunne beskytte mot sterk sol, og hår flere steder på kroppen er rudiment fra en hårbekledning. Noen øyenbrynhår blir lengre enn de andre. Mennesket har ullhår, lanugohår i sjette måned, men håndflater og fotsåler er nakne, påpekte Darwin. Mistet kvinner håret på kroppen fordi dette var mer attraktivt ? Halen er uten betydning når man går på to bein, og halebeinet hos mennesket har fire reduserte virvler. Darwin viste videre hvordan hårene på overarmen peker nedover og på underarmen peker de oppover, likt det man finner hos sjimpanse, gorilla og orangutang.

Darwin reflekterte over om det var menneskets tropiske opprinnelse som var årsaken til behåringen: *“Den Omstændighed, at Mænderene navnlig har beholdt Haarbeklædningen paa Brystet og i Ansigtet og begge Kønnene paa de Steder, hvor Lemmerne samles med Kroppen, er til Gunst for denne Forklaring,...” (s. 119).* Men han sa videre: *“Jeg er, som man vil se, naar vi kommer til at omtale Parringsvalget, tilbøjelig til at tro, at Mennesket eller rettere Fortidens Kvinder, mistede deres Haar af Skønhedshensyn,....” (s. 120)*

Hos rovdyr er det et hull gjennom overarmsbeinet hvor det går en stor nerve og arterie, og man kan finne rester av dette hos noen mennesker. Darwin så på ganglaget hos mennesker og sammenlignet med dyrene. Armene svinger når man går, på samme måte som de ville ha blitt brukt hvis vi hadde gått på fire bein. Hvis armen føres fram sammen med beinet på samme side blir det passgang, og det komiske i dette har blitt benyttet i TV-sketsjer fra Kirkevåg, Lystad og Mjøen.

Darwin mente at mennesket har spesielle evner som selvbevissthet, evne til abstraksjon, skjønnhetssans (lyd/farge), takknemlighet, moral og samvittighet. Vi har færre instinkter enn dyrene, men morskjærlighet, kjønnsdrift og selvoppholdelsesdrift hører med til urinstinktene som ligger lagret som informasjon i de eldste primitive delene av hjernen. Man kan observere hva som skjer når en hund får ros. Mange av mennesketrekkene kan vi finne igjen hos dyr. Frykt gir økt puls og hårene reiser seg. Vi er nysgjerrige, skinnsyke, forsiktige, oppmerksomme, etterligner atferd, viser kyskheter,

selvbeherskelse, utukt, forakt, måtehold, dyd, ære, skam, verdighet, og egoisme. Andre menneskelige egenskaper er lidenskap, sinnsbevegelse, gråt, misunnelse, forurettelse, konkurranseinstinkt, seiersglede, mot, omtanke, hjelpsomhet, hevnlust, selvbeherskelse, selvpoffrelse, selvbekreidelse, mishag, utholdenhet, kjærlighet, og medfølelse. Det er imidlertid stor forskjell mellom dyr og mennesker, og det er stor variasjon mellom individer i ytre og indre sinn.

Mennesket har en forstand og kan overveie alternativer før det tar en beslutning. Darwin viste til **Dr. Isaac Hayes**, kjent fra Nordpolekspedisjonen 1860-1861, som forteller i *The open polar sea (Det åpne polarhav)* at eskimohundene atskilte og spredde seg når de kom ut på tynn is. Mennesket har et språk, vi har ansiktsuttrykk, fakter, og småbarn pludrer. Tunge, lepper, strupehode har utviklet seg til et språkapparat, men mennesket kan også bruke et døvespråk basert på fakter og mimikk. Dyr beundrer sannsynligvis ikke stjernehimmel og landskap. Som et sosialt vesen har mennesket stort behov for å kunne tolke signaler og kommunisere med artsfrender. Vi er selskapelige, og derfor virker ensomhet forvist til et fengsel som en sterk straff. Mennesket har selvpopholdelsesdrift, men kan også våge sitt eget liv for å redde en annen. I krig og ulykker prioriteres det å redde kvinner og barn. I tidligere tider ble sårete og svake utstøtt fra samfunnet. Kvinnelig skjønnhet virker attraktivt på menn, og kulturell pynting kan skje ved tatovering, neglemaling, spisse gjenstander gjennom overleppe, neseskillevegg eller neseving, amuletter, smykker, hårlengde, struttende og velformet bakende, lang hals eller små føtter. Menn samler troféer for tapperhet, og kan tiltrekkes av militære uniformer med skulderputer og epåletter. Man kan gruble over hvilken funksjon egenskaper som religiøsitet og drømmer kan gi økt overlevelse. Denne type egenskaper har imidlertid gitt grobunn for tro på usynlige ånder, hekser, vetter, varulver, engler, alver, voodoo, guder og en skyggeverden med menneskeofring og jernbyrd. Vi kan noen ganger ha behov for virkelighetsflukt og science fiction, og det finnes positive effekter av mystikken som setter fantasien i sving, men det er det det er, virkelighetsflukt. Barn lever deler av livet i en innbilt fantasiverden beskyttet mot livets realiteter og trivialiteter, og i denne perioden har eventyr, troll og magi en stor betydning i utvikling av fantasien.

En hånd for finmotorikk, en stor hjerne som trenger store mengder varmt blod, klær, våpen, redskap, forsvar, og ild er viktige faktorer for utvikling av menneskelig sivilisasjon, men stammer og sivilisasjoner har gått under. *Pater incertus, mater certa*, (faren uviss, moren sikker har gitt) har gitt mannen behov for kontroll av kvinnenens seksualitet, og mannen har brukt religion, spesielt kristendommen, jødedommen og islam som skalkeskjul for å kunne utøve en slik kontroll. *“Udviklingen af de moralske Egenskaber er et mere interessant og vanskelig Problem”*.

I menneskets utvikling har det skjedd både en biologisk og kulturell evolusjon.

Den nye evolusjonsteorien baserer seg på at alle arter har stor variasjon. Antall arter og individer øker raskere enn det omgivelsesmiljøet kan tåle, ressursene forekommer i begrenset mengde, og derved ble begrepet "survival of the fittest" skapt. Naturlig utvalg bevarer den variasjonen som er gunstig for artenes overlevelse. Darwin var også inne på tanker om bruk og ikke-bruk av organer, noe som lignet på Lamarcks idéer. Darwins og Wallace studier av fylogenetisk historie til alle organismene hadde enorm betydning for biologien, straks begrepet evolusjon ble akseptert. Darwin hadde også en teori om hvordan istiden kunne gi svar på hvorfor samme type planter og dyr finnes på atskilte topper i polare strøk. **Ernst Haeckel** (Haeckel) (1834-1919) fikk æren for å finne likheten mellom embryoer fra forskjellige dyregrupper. Darwin var litt sår over dette, men hadde lært av Lyell at det aldri kom noe godt ut av pennefeider, som "skaffer de stridende parter ergrelser og spille av tid". Darwin forteller at i et møte med Robert Brown hvor han ble bedt om å kikke i et mikroskop og si hva han så. Darwin "så noen underlige

protoplasmastrømninger i en plantecelle”. Da Darwin spurte hva det var var svaret: “Ja, se det er nå min lille hemmelighet”. Brown var meget nøyaktig, ville være helt sikker, og ville ikke publisere noe som ikke var helt sikkert. Humboldt kalte Brown for *facile princeps botanicorum*.

Darwin kom med følgende revolusjonerende konklusjon, som rystet mennesket og ga oss en epokegjørende innsikt i vår egen opprinnelse som ingen annen hadde gjort. Det er ikke rart at ropene ble “korsfest, korsfest”, da skapelsesberetningene og grunnfundamentet for guder og gudstro slo store fullstendige sprekker. Selv i dag er det mange som forneker Darwins konklusjon, og vi sliter fremdeles med å kvitte oss med religionenes og presteskapets makt over våre liv. Det er Darwins evolusjonslov som danner grunnlag og fundament for all moderne biologi.

“..., at Mennesket nedstammer fra en eller anden mindre højt organiseret Form. Den Grundvold, paa hvilken denne Slutning er bygget, vil aldri blive rokket,...(s. 313). “Det er utroligt, at alle disse Kendsgjerninger ikke skulde tale Sandhedens Sprog”

Beskrivelse av nye arter og studier av variasjon kunne få uheldige utslag som f.eks. **Alexis Jordan** fra Frankrike, som fant 52 elementærarter av vårrublom. C. K. Sprengels “vidunderlige bok” *Das entdeckte Geheimniss der Natur* leste Darwin i 1841 på oppfordring av Robert Brown. Darwin gjorde en rekke studier av rur, hermafroditter, men med små ekstra hanner som lever festet til hunnen. Både rur og planter er hermafroditter. Darwin drev også kryssing av orkidéer, og skrev om deres befruktning i *On the various contrivances by which British and Foreign Orchids are fertilized by Insects, and on the Good Effects of Intercrossing* (1862). Han fant at pollen fra orkideene festet seg til insektene på en slik måte at det var først i neste blomst at pollen kom i kontakt med arret og på denne måten sikret kryssbestøvning. Bare enkelte spesialiserte insektarter kan pollinere bestemte orkideer, og naturen forsøker å unngå selvpollinering. I 1865 publiserte Darwin *The Movements and Habits of Climbing Plants*, hvor han beskrev slyngtrådenes bevegelser, og mente at det ikke var så enkelt som Henslows forklaring om at slyngplantene vokste i spiral. “Noen av de tillemplinger, som treffes hos slyngplanter, slik like så smukke som de innretninger der sikrer orkideene kryssbestøvning”. I 1868 utga han *The Variation of Animals and Plants under Domestication* (*Dyrs og planters variasjon i kulturtilstand*), etter 4 års hardt arbeid, hvor han tok for seg duer, kalkuner, bier, kornslag og grønnsaker. *The Expression of Emotions in Man and Animals* kom i 1872, hvor han bl.a. beskriver rødming som et menneskelig trekk. Darwin utga en rekke bøker om botanikk: *Insectivorous Plants* (*Insektetende planter*) i 1875. Darwin studerte dimorfe og trimorfe planter av *Primula*, kattehale og *Linum flavum*. Darwin trodde opprinnelig at plantene med korte støvbærere ville forsvinne, og at disse plantene var på vei til å bli særkjønnet, men han ga selv denne teorien dødsstøtet. I *The Effects of Cross and Self Fertilization in the Vegetable Kingdom* (*Virkning av kryss- og selvbefruktning i planteriket*) (1876) forteller han om oppdagelsen at kimplanter fra selvbefruktede foreldre var kortere og svakere enn planter fra kryssbefruktede som var mer livskraftige. Krysspollinering gir mer levedyktig og kraftig avkom enn selvpollinering. Heterostyle planter med ulik lengde på griffelen hindrer selvbefruktning. En bok om blomsterformer *The Different Form of Flowers on Plants of the same Species* (1877) og bevegelsesevner hos planter er skrevet sammen med sønnen Francis: *The Power of the Movement in Plants* (1880). De mente at geotropisme og fototropisme måtte være former av en omdreiningsbevegelse. Hvorfor var det slyngplanter i forskjellige grupper av planter? Årsaken måtte være betydningen av å

komme opp i lyset. Darwin drev også kryssingsforsøk med torskemunn. I 1881 skriver han om molddannelse ved meitemarkens virksomhet (*The Formation of Vegetable Mould through the Action of Worms, with Observations on their Habits*).

Zoologen **St. George Mivart** (1817-1900) var en av kritikerne av evolusjonsteorien, og han forsøkte å forene religion og biologi i *On the Genesis of Species* (Artenes tilblivelse) (1871), men lyktes dårlig med dette. Imidlertid tok Darwin kritikken fra Mivart alvorlig. Mivart stilte spørsmål om "de innledende stadiene i nyttige organers utvikling", hvordan kunne de innledende faser føre til utviklingen av kompliserte vinger? Darwins svar var at det er ikke kontinuitet i funksjonen, strukturen er kontinuerlig, men funksjonen endres. De første vingene hos insekter hadde en funksjon i temperaturregulering, når vingene nådde en viss størrelse ble nådd overtok en annen funksjon, flyving. Det samme gjelder hos fugl, hvor de første vingene som ble utviklet hadde varmeregulering som funksjon, deretter kunne de brukes til glideflukt og siden flyving.

Darwin ligger begravet i Westminster Abbey ved Scientist's corner sammen med andre vitenskapelige begavelser som Michael Faraday, William Herschel, James Clerk Maxwell, nær minnesmerket over Sir Isaac Newton. Evolusjonsprosessen pågår kontinuerlig. Vi kan observere darwinismen i praksis ved hvordan ved antibiotikaresistens (antibiotikatoleranse) utvikles hos bakterier, ugrasmiddelresistens hos kulturplanter, og hvordan resistente parasitter og bakterier stadig utvikles.

William Herschel (1738-1822) bygget et reflektorteleskop og med dette kartla han stjernetauer og stjernehopper. Han studerte dobbeltstjerner, planeter, kometer og sol og måne, og stod for oppdagelsen av Uranus, og han støttet Kants teori om at svake stjernetauer var galakser utenfor vårt solsystem. Den franske matematikeren **Pierre Simon Laplace** (1749-1829) studerte solsystemets stabilitet og opprinnelse og hvordan himmellegemne beveget seg, publisert i *Mécanique céleste* (1799-1825). Han formulerte nebulahypotesen (l. nebula - tåke) om hvordan sol og planeter i solsystemet har oppstått fra oppkonsentrering og ringdannelse av gass og støv. Vannet på jorda har kommet fra kometer og krystallvann. Laplace mente at alle systemer var forutsigbare, predikterbare. **Edward Lorenz** var en meteorolog som ut fra et sett standardbetingelser kunne forutsi været ut fra ikke-lineære systemer.

Alexander Ivanovich Oparin (1894-1980) var en sovjetisk biokjemiker som spekulerte over hvordan livet på jorda har oppstått. Oparins teori baserte seg på at livet må ha oppstått i havet, som allerede inneholdt organiske molekyler, en abiotisk syntese av liv, og at sollyset var energikilden. Oparins teori ble presentert for et bredere publikum med boka *Origin of life* (1936) og *The Origin of Life on Earth* (1957). Oparins teori sa ingenting om hvordan organiske molekyler hadde oppstått. Forsøkene som **Stanley Lloyd Miller** (1930-) gjorde i 1953 i **Harold Clayton Ureys** (1893-1981) laboratorium, med elektriske utladninger (lyn) via elektroder i en sterilisert prebiotiske reduserende atmosfære bestående av metan, ammoniakk og hydrogen, og vann, men uten oksygen, ga imidlertid en forklaring på hvordan slike komplekse molekyler kunne ha oppstått. I reaksjonen fant man seks aminosyrer, bl.a. glycin som kunne påvises med ninhydrin, samt hydroksyrer som glykolat. **Sidney Fox** fant i 1958 at polymering av aminosyrer kunne skje på en varm overflate ved 170°C. I 1960 viste **John Oró** at oppvarming av konsentrert blåsyre kunne gi adenin. Freeman Dyson mente i *Origins of Life* (1985) at metabolismen kom først, **Leslie Orgel** trodde det var genene.

Livet må ha startet med katalytiske selvreproduserende molekyler festet til overflater, etter hvert omgitt av membraner. **Mannfred Eigen** mente at utviklingen skjedde via hypersykler. Eigen mente at glycin var en viktig aminosyre i den prebiotiske suppen. **Christian de Duve** peker i *Blueprint for a cell: The nature and origin of life* på viktigheten

av thioestere som energibærere og toverdige jern som elektrondonor i reaksjoner hvor protoner kunne bli omdannet til hydrogen. Hydrogen kan brukes av organismer som en proton- og elektronkilde. I 1980 oppdaget **Thomas Cech** og **Stanley Altman** at RNA uten protein virker som et katalytisk enzym, kalt ribozym.

I 1969 faller en meteoritt ned over byen Murchison i Australia, og restene inneholder aminosyrer og andre organiske forbindelser. Molekylene som danner liv kan ha blitt laget andre steder i universet, og fraktet med meteoritter. At det kan finnes liv overalt i universet, kalte **Tyndall** for panspermia. Biologisk liv er dissipative energiforbrukende systemer langt fra likevekt, som det strømmer stoff og energi igjennom. Irreversibel termodynamikk, studert av bl.a. **Ilya Prigogine** og den norske-amerikaneren og nobelprisvinneren **Lars Onsager**, forklarer hvordan det er mulig å skape strukturer og orden. En tornado er en organisert struktur med høyt energiinnhold skapt av høy havtemperatur, lavtrykk ved havnivå, kondensering av vann og frigivelse av varme, samt Coriolis-kraften. Ingen vil påstå at denne strukturen er skapt av intelligent design. Et annet eksempel er Bénard konveksjonsceller hvor det oppstår bikakemønster i vann som oppvarmes kraftig fra undersiden og kjøles på oversiden.

Kreasjonisme er en religiøs lære som mener at Bibelen og første Mosebok skal kunne gi en forklaring hvordan livet har oppstått. Noen tolker genesis bokstavelig, noen billedlig. Ifølge genesis er alt livet i naturen skapt av en gud og guden har en hensikt med sitt skaperverk. Mennesket det eneste dyret som er "skapt i Guds bilde", noe som skulle gi et spesielt menneskeverd på bekostning av andre skapninger. Mange religiøse sekter har forsøkt å erstatte eller sidestille Darwins evolusjonsteori med en vitenskapelig kreasjonsteori med en vitenskapelig tolkning av skapelsesberetningen i Bibelen. Kreasjonisme er en teori som ikke kan bli testet med naturvitenskapens metoder. Det gjøres bl.a. forsøk på å finne fossile spor av mennesker fra lag i geologiske tidsperioder hvor mennesker ikke fantes, "Flintstone"-effekten. Noen snakker om en gud som skapte livet gradvis, og hvor en gud skulle styre evolusjonen. Kreasjonistene forneker jordens alder basert på datering fra radioaktive isotoper. De vil i mange tilfeller heller ikke akseptere mellomformene i fossilrekkene av dyr som viser at den fossile øglefuglen *Archaeopteryx litographica* funnet i kalksteinslag fra Jura var et mellomledd mellom dinosaurer og fugler. *Ichthyostega* er en fossil amfibie som lignet på kvastfinnefiskene og ga opphav til dagens amfibier. Den femte apen, mennesket, har et genom som er 98.5% likt sjimpansens. Henry Morris forsøkte i 1961 å etablere en vitenskapelig kreasjonisme med boka *The genesis flood*. Kreasjonisme har ikke noe vitenskapelig grunnlag, og bygger ikke på vitenskapens prinsipper om observasjoner, eksperimenter og hypoteser som kan testes. Kreasjonisme er en dogmatisk tro, og blir ikke bedre om man kaller den vitenskapelig kreasjonisme eller "intelligent design". Enkelte forsøker å pakke inn kreasjonismen i innpakningspapiret "intelligent design" for å kunne gi kreasjonismen en ferniss av vitenskap. Noen mener at denne "skapelsesberetningen" skal undervises i skolen sammen med den vitenskapelige forklaringen på jordas artsmangfold. Kreasjonismen står stille, mens vitenskapen utvikler seg. Uansett hvordan den blir formulert vil kreasjonismeteorien som bringer inn en gud som skaper av alt liv være religion og hører derfor til religionstimen, og ikke til naturvitenskapstimen.

Så seint som i november 2003 pågikk et avisdebatt om evolusjonslæren i Aftenpostens spalter med overskrifter av typen "*Den meningsløse darwinismen*" (20-11), "*Evolusjonslæren uten bevis*" (23-11).

Litteratur:

Menneskets afstamning og parringsvalget. I Menneskeslektens oprindelse. Gyldendalske Boghandel

Nordisk Forlag 1910. Oversatt av J.P.Jacobsen.

Charles Darwin: *Selvbiografi* utgivet af Francis Darwin.

Den japanske biologen **Motoo Kimura** (1924-) publiserte en nøytralteori for evolusjon i 1968, delvis i opposisjon til neo-Darwinistisk syn. Kimura hadde gjort populasjonsgenetiske studier av aminosyresubstitusjon i proteiner, og ifølge hans teori blir evolusjonshastigheten bestemt av struktur og funksjon til molekyler. Variasjon og evolusjonær forandring har sin årsak i nøytral tilfeldig drift av mutantgener, hevder Kimura, og nedtoner betydningen av miljøets effekt og fordeler og ulemper ved muterte gener. Paleontologene **Niles Eldredge** og **Stephen Jay Gould** (1941-2002) utviklet en evolusjonsteori om punktuert likevekt. Den går ut på at evolusjonen skifter mellom stabile tider (stasis) som blir avbrutt av tider med raske endringer.⁹

⁹Gould, S.J. & Eldredge, N.: Punctuated equilibria: The tempo and mode of evolution reconsidered. *Paleobiology* 3 (1977)115-151.- Punctuated equilibrium at the third stage. *Systematic Zoology* 35 (1986)143-148.

Paul R. Ehrlich og **Peter H. Raven** formulerte en teori om koevolusjon i *Butterflies and Plants. A study of Coevolution*. I 1970 presenterte **Lynn Margulis** en endosymbiontteori for den eukaryote celle, symbiose og mutualisme er selve drivkraften for evolusjonen. Både kloroplaster (blågrønnbakterier) og mitokondrier (respirerende bakterier) hadde blitt tatt som endosymbionter i en celle, og det er muligheter for både primær- og sekundær endosymbiose. Margulis mener også at cilier og eukaryote flageller kommer fra spirochaeter.

I 1973 formulerte **Leigh Van Valen** "Red-Queen-hypotesen" om at det pågår et kontinuerlig rustningskappløp mellom vert og parasitt, og at arter dør med konstant hastighet. Van Valen introduserte metaforen fra forfatteren Lewis Carroll i *Through the Looking glass*. I 1975 kommer **Lynn Margulis** (gift med Carl Sagan) og **James E. Lovelock** med en Gaia-hypotese, om jorda som en superorganisme styrt og stabilisert ved regulerende tilbakekoblingsprosesser. Gaia var ingen gud som hadde levd på Olympen, men både guder og mennesker kom fra Gaia ifølge gresk mytologi.¹⁰

Richard Dawkins fra universitetet i Oxford er en reduksjonist, og i *The Selfish Gene* (1976) mente at seleksjonen skjedde i individet og ikke i populasjonen. Dette betyr i ytterste instans at det eneste formålet med livet er reproduksjon, og alle organismer er utstyrt med et "kopieringsprogram". Dawkins skrev også *The Blind Watchmaker* (1986) og han ønsket en vitenskapelig forståelse av verden: "Etter Darwin og Wallace er vår eksistens ikke lenger noe mysterium".

Den britiske arkeologen **Louis Seymour Bazett Leakey** (1903-1972) sammen med hustruen **Mary Leakey** ble kjent for å finne manglende mellomledd i menneskets utvikling i fra Rift Valley i Øst-Afrika, bl.a. *Homo ergaster* fra Olduvai Gorge-regionen i Tanzania. Leakey publiserte *White African* i 1937, og hun fant 3.5 millioner gamle fotavtrykk ved Laetoli, Tanzania, etter menneskenes forfedre i Afrika. **Donald Johanson** og medarbeidere oppdaget "Lucy" i 1974, oppkalt etter Beatles-låten "Lucy in the Sky with Diamonds", samt en familiegruppe i Hadar i Etiopia, som er mer enn 3 millioner år gamle. *Australopithecus afarensis*, oppkalt etter Afar i Etiopia levde for 2.8 - 3.3 millioner år siden. I dag tenker man seg at det er en utviklingslinje fra *Homo ergaster* via *Homo heidelbergensis* som er delt seg i to utviklingslinjer som førte fram til henholdsvis mennesket *Homo sapiens* og huleboerne *Homo neanderthalensis*. Det finnes flere mitokondrier per celle, og mitokondrie-DNA nedarves via moren. **Mark Stoneking** studerte "den mitokondrielle Eva" og fant størst genetisk variasjon hos svarte i Afrika, noe som understøtter teorien om at menneskets opprinnelse er å finne i Afrika, at mennesket utvandrer fra Afrika.

Thor Heyerdal reiste ut med Kon-Tiki-flåten i 1947 fra Peru, og mente å bevise at befolkningen i Polynesia kom fra Amerika. Professor **Bryan Sykes** fra universitetet i Oxford undersøkte mitokondrie-DNA fra mennesker, og fant derimot at innvandringen til Polynesia måtte ha skjedd fra Asia via Tahiti til Hawaii, Ny-Zealand og Páskeøya. Disse menneskene kunne beherske navigasjon, og kunne seile mot strøm og vind. Med slike undersøkelser kunne Sykes også vise at befolkningen i Europa måtte stamme fra 7 "urmødre" (*The Seven Daughters of Eve* (2001)).

¹⁰Sagan, C. & Margulis, L.: *Four Billion years of Microbial Evolution* (1986). Sagan, C. & Margulis, L.: *Garden of Microbial Delights. A Practical Guide to the Subvisible World* (1988). Lovelock, J.E. & Margulis, L.: *Atmospheric homeostasis by and for the biosphere: The Gaia hypothesis*.

Evolusjonslæren i Norge

I tidskriftet *Budstikken* bnd. III (1861) : *Darwins nye Skabningslære* av **Peter Christian Asbjørnsen** skrevet anonymt, er det en anmeldelse av *Darwins Artenes opprinnelse*. I 1869 skriver M. Sars i et foredrag: "*Angaaende Arternes Oprindelse bestyrkes ved den samme Omstændighed den tidligere af Lamarque og Goethe, senere af Darwin fremsatte Theorie. Thi Havets nærværende Fauna maa sandsynligviis i lige Linie nedstamme fra de Dyr af den tertiære Periode, som endnu findes paa de store Dybder*". Sars skriver videre i dette fordraget: "*Jeg for min Deel maa aabent tilstaae, at jeg, hildet i de gamle Fordomme, i Begyndelsen ikke var meget tilbøielig til at antage Darwins Lære; men jo mere jeg har tænkt derover, desmere er jeg, især ledet ved mine senere Studier i Naturen, bleven hendraget til Erkjendelsen af denne Theories Sandhed*".

I referat fra fellesmøtet i Videnskabsakademiet 27 oktober 1871 heter det:

"Lockmann søgte at indlede en Discussion angaaende Darwinismen. Der blev ogsaa talt Noget derom fex. af Faye og Esmark, uden at man dog kom synderlig ind paa Sagen, idet man savnede en tilfredsstillende Fremstilling av Darwinismens System at lægge til Grund. Monrad gjorde opmærksom paa dette Savn og opfordrede En eller Anden av dem, der havde studeret Darwins Skrifter, til i følgende Møde at udfylde det." Det skjedde ikke noe, og **Marcus Jacob Monrad** selv holdt en forelesningsrekke om Darwinismen ved Universitetet *Tankeretninger i den nyere Tid - et kritisk rundskue*, utgitt som bok i 1884. **Amund Helland** skriver i Dagbladet: *Hvad skal vi tænke om et Videnskabsselskab hvor der er ledende Mænd som Prf. Monrad, der tviler paa, at Fremskridt ubetinget er af det gode, og Mænd som Prof. Lochmann, der nærer Uvilje mod den videnskabelige Methode overhovedet, og som samtidig tror paa Ønskekysten og Vandføleri. Et saadant Selskab er ikke et Videnskabsselskab, men et Anti-videnskabsselskab*".

Lochmann ga tilsvaret til "Hr. stipendiat Helland", som igjen ga gjensvar den 15. juni i Dagbladet:

"Prof Lochmann maa da ogsaa forlange, at der nedsættes en Kommission i Videnskabsselskabet, der lægger Staal i Vuggen hos Smaabørn, at Landets Signekjærring indkaldes i Videnskabsselskabet for at meddele Oplysninger, og at der nedsættes en anden Kommission, der hver Julenat sætter Grød til Nisserne i Universitetets Auditorier, og saa undersøger, hvormeget der er spist i Nattens Løb"

Rolf Nordhagen sier i sin biografi om Axel Blytt i kapitlet om Blytt og Darwins utviklingslære:

"Jens Holmboe har gjort meg oppmerksom på dr. Armauer Hansens livserindringer (1910). Av disse fremgår det at hva en våken og interessert ung biolog fikk høre om Darwin ved Det Kgl. Fredriks Universitet i 1860- og begynnelsen av 1870-årene, var intet!" Nordhagen skriver videre:

"At zoologen Ossian Sars i 1872-1875 kjente Darwins skrifter, fremgår ifølge Nordgaard (1918) av enkelte avhandlinger han skrev og av de forelesninger han holdt, kanskje især til anneneksamen, i 1875-76. Kristine Bonnevie mener at disse forelesninger ennå i begynnelsen av 1880-årene ble regnet for meget radikale og av den grunn overflyttet til medisinerne, som en mente bedre kunde "tåle" dem."

Han fortsetter om **Schübler** som brukte begrepet "Planternes Udviklingshistorie", men Nordhagen hadde ikke selv sett noe referat fra forelesningene og sier: "*Som kjent ble hans egne teoretiske arbeider senere tatt til inntekt for lamarckismen.*"

Monrad skriver om Darwins teori at den "*paa en let og naturlig Maade at forklare Meget,*

der ellers forekommer saa dunkelt; og vi tør heller ikke negte at der maaskee tør være adskilligt Sandt deri.”, men han skriver også at det er “igrunden kun er en dristig hypothese”, men han er bekymret vedrørende den oppfatning av mennesket Darwinismen fører fram til: “selv de, der forresten dele Darwins Synsmaade, indrømme ofte, at hans sidste Verk, “om Menneskets Afstammelse”(on the descent of man), er i videnskabelig Henseende langt svagere end hans forrige”.

Professor **Ernst Ferd. Lochmann** (1820-1891) som var tilhenger av “naturens skjulte krefter”, metafysikk og ønskekviser, med helside i vittighetsbladet *Vikingen* kjempet sammen med Monrad mot “den vulgariserte evolusjonsteori”, og “mot den positivistiske filosofi og livsholdning i det hele tatt.” Lochmanns herostratiske berømte immatrikuleringstale 2. september 1874 hadde “tydelig sikte mot Ernst Sars og hans krets, som farlige for norsk ungdoms åndelige sunnhet. Men også de unge naturforskere var under oppsikt. Kjerulf prøvde i det lengste å holde sine elevers arbeider rene for evolusjonistiske anskuelser. Og Ossian Sars, som sto helt på utviklingslærens grunn fra første stund som universitetslærer, ble fjernet fra undervisningen til anneneksamen, - man regnet med at studentene i russ-året ikke var modne nok til uten fare å sitte under en darwinistisk forelesers kateter”, skrev Leiv Amundsen i 100-års omtalen av Det Norske Videnskaps-akademi i Oslo. Lochmann var “uforsonelig overfor darwinismen som filosofisk naturoppfatning og livssyn”, men hadde respekt for Darwin som naturforsker.

Gerhard Gran redegjør i *Norsk aandsliv i hundrede aar* også for Lochmanns immatrikuleringstale i 1874 og vurderer den opp mot Brøggers tale i 1907 i et foredrag i studentersamfundet 28. Mars 1908. Lochmann sa i immatrikuleringstalen: *Darwinisme, der kun er uttrykk for den samme materialisme. Den tror i hele naturen at finde en utvikling, men ikke en utvikling efter en stor ufattelig, vis plan, men kun tilfældighetens og vilkaarlighetens. .. I nøieste forbindelse med denne naturvidenskabens aand - - staar vor tids positivisme. Det er matematik, fysik statistik anvendt paa det menneskelige livs forhold og aandvidenskabens omraade. Der er ingen Gud, men store naturlove.* Ernst Sars var “positivist” og “fritenker” og “den besmittede og farlige patient” og Gerhard Gran mener -“at hele Lochmanns tale nærmest er at betragte som at indlæg i den haardnakkede kamp han i maanedsviis hadde ført mot Sars’s ansættelse som professor ved Kgl. Frederiks Universitet.

Gran forteller også en fornøyet historie om de “frisinnede” :

Den 30. Mai 1878 var det 100-aarsdagen for Voltaires død. I den anledning samledes endel frisindede mænd i Frithjof Poulsens restaurant i Kirkegaten for at mindes den avdøde. Festkomité var Vullum og Sars. - Sars holdt en tale saa gripende, at taarene trillet nedover Frithjofs ildrøde ansigt. Det hele var var forresten ganske privat, og aviserne bragte intetsomhelst referat av festen. Men festdeltagerne hadde om kvelden sendt et paa vidunderlig slet fransk avfattet telegram til den Voltairefest som under Victor Hugos ledelse blev avholdt i Paris. Telegrammet, som paa deltagernes vegne var undertegnet av Sars, professeur de l’université, og Vullum, rédacteur, gjorde megen lykke i Paris, baade paa grund av det merkelige fransk, og fordi det kom fra ultima Thule. Imidlertid hadde den norske ortodoksi sin lille filial i Paris, der kom breve til hjemmet, fulde av forskrækkelse, baade over at en norsk universitetslærer kunde være med paa slik forfærdelighet, og endnu mer over at radikale franske blade hadde tat telegrammet til indtægt som en officiel sympatiuttale fra det norske universitet. Og den 8. Juni 1878 stod der i “Morgenbladet” en fulminant artikel under den lovende titel: “Gudsbespotteren Voltaire og Ernst Sars”. Den

anonyme forf. haaner den franske mislykkede fest "for den ulykkelig mand", og raser over det telegram som "to norske prestesønner [Sars og Vullum] har sendt den atheitiske festkomité i Paris". Dog allermest over, at radikale blade i Paris tar "prof. Sars til indtægt og lar ham repræsntere det norske universitet - en repræsentation som vistnok vor hæderlige alma mater betakker sig for.— Vore landsmænd i Paris er yderts indigneret"--- Voltaire, opplysningstidens representant som kjempet mot religiøse fanatisme ble i samme artikkel i Morgenbladet karakterisert som: *Voltaire - maa betegnes som en grov gudsbespotter, et usædelig menneske,..*

Gran avslutter kapitlet med følgende: *Erkjendelsen av den absolute, betingelsesløse lærefrihet. Erkjendelsen av at universitetet som saadant skal være agnostisk, hvad der naturligvis ikke vil si at lærerne skal være agnostikere, men kun at deres meninger er universitetet totalt likegyldige og uvedkommende. At altsaa videnskapen netop ikke skal forpligtes til at bygge paa kristendommens eller noget andet dogmesystems grund, - men paa forskningens forutsetningsløse frihet,..Og forholdet er nu blit det normale: de som ikke kan leve i den moderne videnskaps luft, forlater universitet og danner menighetsfakultetet, - hvilket var det motsatte av forholdet i 1874, da hele universitetet saa at si var menighetsfakultet, mens den frie forsknings mænd enten ikke slap ind eller paa de mangfoldigste maater fik sit liv forbitret.*

Både Brøgger og Wille hadde vært professorer ved Stockholms Högskola, og begge var overbeviste Darwinister. Brøgger holdt foredraget i Videnskabsakademiet i 1894 med tittelen "Om Neanderthal-racen og dens Betydning for Spøragsmaaet om Menneskets Stamtræ".

Garborg skrev: "Vor tids åndsretning er virkelig "naturalistisk". Den er - i sin store, herskende hovedstrøm - væsentlig bestemt ved den fra Darwins forskning udgåede tænkning - der står andre navne omkring Darwin, men han kan her nævnes instar omnium; selv prof. Lochmann skal have betegnet vort århundrede som Darwins århundrede. Det er Darwin, der har stemplet århundredets ånd. Selv hos os kan man ikke unddrage sig hans påvirkning. Vi kan ikke lade være at se livets forhold under synspunktet af kampen for tilværelsen, vi kan ikke lade være at tro på arveligheden som bestemmende for individet; og vi kan ikke lade være at anvende loven om årsag og virkning også på moralske fænomener." Arne Garborg i "Naturalismen - fremskridt eller forfald ?" Foredrag i Studentersamfundet 18. november 1882.

Men Garborg var den evige tvileren og skrev i 1890: "Den positivistiske filosofi behersker ikke længer det moderne sind. Videnskapen er insolvent; kan kun forklare os saadanne ting som vi ikke bryr os om at vide". Alt hvad menneskene hidtil har levet paa, er bankerot".

Bjørnson skrev i 1879: "Blant andet er jeg jo også Darwinist. Og siden jeg blev det, er jeg i alle deler bleven mere forstående og sælvfølgelig mindre hård". Han sa i 1881: "Darwin og Huxley har været mine befriere".

Gerhard Gran¹¹ skrev om Bjørnson: "..., han studerte ikke bare bibelkritiske verker som aabenbaret ham hvad han kaldte "teologiens humbug", men samtidig fordypet han sig, som vi har set antydnet i hans breve, i den moderne videnskaps resultater paa flere

¹¹Gran, Gerhard: Norsk aandsliv i hudrede aar. Spredte træk. Andet oplag. H. Aschehoug & Co, Kristiania 1916. Bjørnsons religiøse krise: s. 123-153, To stadier i universitetets liv s. 209-243.

omraader, navnlig studerte han, saa godt han kunde, Darwin og Spencer, og det han suget ut av disse studier, fylgte det tomrum i hans sjæl som bibeltroens sammenbrud efterlot. ...; han (Bjørnson) taler paa flere steder om utviklingslæren i rent religiøs følelsesbetonede uttryk som denne "velsignede"ære, og i sine salmer løfter han den mot himlen som en ny evighetstro.

Dette går klart fram i diktet:

*Ære det evige foraar i livet,
som alting har skapt!
Opstandelsens morgen det mindste er givet,
kun former gaar tapt*

...

Forfatteren og teatersjef **Gunnar Heiberg** (1857-1929) forteller i sine Ibsen-minner¹² hvordan Henrik Ibsen lot seg inspirere av Darwin:

I 70-80-årene i forrige århundre var det jo svær opgang i interessen for naturvidenskapene. Darwin var det store samtale-emne blant skandinaverne i Rom. Ibsen likte godt å få sig en naturvidenskapelig passiar. Den dristighet hvormed han kastet sig inn i diskusjonen var lite forenelig med hans meget omtalte tilbakeholdenhet, så meget mer som den stod i et visst misforhold til hans kunnskaper på disse områder.... J.P. Jacobsen rystet mange ganger på hodet når Ibsen hadde streifet hans spesielle fag, botanikken. Han smilte med sitt kloke og elskverdige smil og sa at han kjente mange små, ganske små drenge som var mer inne i botanikken den gamle apoteker. Det var sikkert et utslag av hans nylige omvendelse til utviklingslæren som gav sig utslag i disse diskusjoner.

Jens Peter Jacobsen (1847-1885) var dikter som i sin ungdom hadde studert botanikk og alger, og etter 1870 hadde oversatt Darwins verker til dansk.

Heiberg hørte med til de frisinne, og var en opprørsk radikal som søkte å finne en ideologisk erstatning for kristendommen. I 1978 utga han et dikt, *Menneskets genesis*, i *Nyt norsk Tidsskrift*, med en skapelsesberetning på tvers av første Mosebok, og sammen med *Balkonen* og *Kjærlighedens tragedie* (1904) fikk Heiberg betegnelsen "den fri kjærlighets yppersteprest". Sin første bok hadde han utgitt sammen med Hans Jæger: *Kants Fornuftskritik* og *En soiré dansante*. **Sigurd Bødtker** (1866-1928) som seinere ble teaterkritiker ble bortvist (relegert) fra universitetet da han i 1888 utga på eget forlag diktsamlingen *Elskov* som vakte betydelig forargelse. Leser man diktene i dag er det vanskelig å fatte at de skulle vekke slik oppstyr.

Erling Winsnes (1893-1935) fremførte en darwinistisk tankegang på utviklingen av samfunnet i boka *Til en ukjent gud* (1919).

Paragraf 2 i Grunnloven utelukket jødernes adgang til riket. Henrik Wergeland skrev *Inlæg i Jødesagen*. Jødesaken kom opp i Stortinget i 1842. Wergeland utga i den forbindelse *Jøden - Ni blomstrende Tornequiste*, samt diktet *Jødinden*. Av en eller annen underlig grunn er antisemittismen fremdeles levende, og jødene blir stadig beskyldt for å ha drept Jesus og for styring av verdensøkonomien. Gjentatte ganger blir sannheten om Holocaust fornektet. Det er meget skremmende at det i dag blant militante islamister finnes ledere som ønsker å fortsette det arbeidet Hitlers nazister ikke fikk fullført med utryddelse av

¹²Heiberg, Gunnar: Ibsen-minner s. 46, i *Salt og Sukker*. H. Ascheough & Co, Kristiania 1924.

jødene, og det virker som de gjerne vil ta med de homofile i samme slengen. Darwinismen ble misbrukt av nazistene som mente at den hvite nordiske rase var overlegen alle andre. I 1914 kom psykiatriprofessoren **Ragnar Vogt** (1870-1943) ut med boka *Arvelighetslære og racehygiene*. **Hans F.K. Günther** utga *Kleine Rassenkunde Europas* (1925) og *Kleinen Rassenkunde des deutschen Volkes* (1929), og militærlegen **Halfdan Bryn** viste kart over raser og tok i bruk begrepet "høierestaaende menneskeracer". Bryn var preses i Det kongelige Norske Videnskabers Selskap i perioden 1926-1933. Bryn skrev også *De inferiøre menneskeracer: en populær fremstilling av deres fysiske eiendommeligheter, deres nuværende utbredelse og deres plads i menneskets utviklingshistorie* (1930). Se *Naturen* 47 (1923) og *Naturen* 48 (1924). Generelt skjedde inndelingen i menneske-kategorier etter hudfarge, hode, øre- og nese-fasjon, og det fantes kart som viste heljøde, kvartjøde osv.. **Franz Joseph Gall** (1758-1828) grunnla frenologien, et fagområde hvor man mente å kunne si noe om personlige egenskaper ut fra hodeskallens form, en inndeling bl.a. i kortskaller og langskaller. Militærlegen og antropologen **Carl Oscar Eugen Arbo** utførte skalle-målinger, og skribenten og arkeologen **Andreas M Hansen** (1857-1932) mente at fysiske attributter kunne forklare sosial plassering.

Steriliseringsloven ble vedtatt i 1935, mot en stemme, og medførte at omstreifere, tatere og psykisk utviklingshemmede ble tvangssterilisert for å fremme rasehygiene. Legen **Ingeborg Aas** skrev i 1932 boka *Hvordan kan samfundet beskytte seg mot åndssvake og sedelighetsforbrytere*.

Ifølge Norges grunnlov av 1814 hadde heller ikke jesuitter adgang til riket, en lov som først ble fjernet i 1956.

Kjell Magne Bondevik hadde planer i 1986 om å få bibelens skapelsesberetning inn i naturfagundervisningen i Mønsterplanen for grunnskolen.

Darwin brukte begrepene siviliserte og ville folkeslag, og delte menneskene inn i grupper som asiater, europeere og negre. Rasebegrepet har etter Hitler-Tysklands nazisme blitt befengt med særdeles negative følelser. Det humane genprosjektet (HUGO) viser den store likhet hos menneskene, og at "Vi er alle afrikanere". Selv om det er meget stor variasjon innen gruppene viser imidlertid sekvenseringsdata at det finnes befolkningsgrupper med egne karakteristika som har sin årsak i forskjellige utvandningsveier fra Afrika.

De første plantefysiologer

Den belgiske legen **Jean Baptiste van Helmont** (1577-1644) hadde kunnskap fra de greske filosofer, og var elev av Paracelsus. Han observerte at planteveksten økte mange hundre ganger mer enn det jorden samtidig mistet i vekt. Dette var et av de første kvantitative plantebiologiske eksperimenter. van Helmont hadde en leirkarpotte med 200 skålpund ovenstørket jord, hvor han plantet en vidjekvist som veide 5 skålpund. Leirkaret stod nede i jorden og jorda i leirkaret ble dekket av en metallplate med hull slik at ikke noe annet skulle komme ned i jorden. Bladene som visnet om høsten ble ikke veid. Han lot forsøket gå over 5 år og vannet med regnvann så ofte som det var nødvendig. Da forsøket ble avsluttet veide vierbusken 164 skålpund og 30 unser, og den tørkede jorden veide 30 unser mindre. Den materielle delen av plantene kunne oppstå fra vann var Helmonts konklusjon. Aristoteles kjemi bestod av fire elementer, og vannet fraktet næringen fra jorden inn i plantene. Vannet er plantenes næring, hevdet van Helmont. Plantene kunne

ikke få alt sitt stoff fra jorda slik Aristoteles hadde hevdet. Vannteorien til Helmont var også feil. **Nikolas av Cusa** (1401-1464) hadde beskrevet et tilsvarende eksperiment 150 år tidligere enn van Helmont. van Helmonts eksperiment ble først publisert i 1648 av sønnen **Franciscus Mercurius van Helmont** i verket *Ortus Medicinae*, også beskrevet i *Opera omnia* (1682).

Helmont mente at jord kunne dannes ved å brenne vegetasjon. Da Helmont brant 62 pund med kull fikk han igjen en rest på bare ett pund, resten kalte han skogsgass *gas sylvestre* - gass fra ved. Gassen kunne ikke brenne, men kunne løse seg i vann. Samme type gass fikk han dannet under gjæring, og ved å helle syre på kalkstein eller skjell. Det var ikke lett å studere enkeltgasser siden de blandet seg med andre. van Helmont tenkte seg at plantene løftet sure og svovelrike næringspartikler opp fra jorden. Vann var det viktigste elementet mente Helmont.

Hva var årsaken til at jordbunnen var fruktbar? Den tyske legen **Külbel** forsøkte å besvare dette i *De fertilitate* (1739). Jord uten regnvann var ikke fruktbar. Plantene bestod av vannaktige og jordaktige deler. Külbel laget vannuttrekk fra jorden og når dette ble dampet inn fikk han et brennbart stoff som ga aske. I jorden var det salter og et fettaktig stoff *magma unguinosus* (humus). All vitenskap har et praktisk aspekt. Legen **Francis Home** fra Edinburgh skrev *Principles of agriculture and vegetation* (1757), seinere oversatt til fransk, tysk og italiensk. I boka ble forskjellige jordtyper og naturgjødsel drøftet. Uttømt jord fikk tilbake næring når den ikke ble dyrket og lå brakk, og det var bedre med jordfurer enn en helt flat jord. Dyp pløying brakte ny jord opp i luften. Det var fordeler med vertsskifte. Roer og kløver hadde pelerot som trengte dypere ned i jorden enn korn med knipperot. Jorden trengte ikke å få tilført så mye næring når den ble mekanisk finfordelt. Sådybde og planteavstand var viktige faktorer. Kjemiprofessor i Uppsala, **Johan Gotschalk Wallerius** (1709-1785) skrev *Elementa agriculturae physico-chemica* (1761). Helmont hadde delt saltene inn i *alkali fixum* (fast alkali) og *alkali volatile* (flyktig alkali, ammoniakk). Allerede i antikken hadde man brukt såpe laget fra fett og soda (natriumkarbonat) fra saltsjøer eller tang, eller pottaske (kaliumkarbonat) laget av aske fra løvtrær. Begge saltene ble kalt nitrum, og seinere ble de kalt natron av arabiske alkymister. I middelalderen ble de kalt alkali, men på 1700-tallet ble det mulig å skille mellom natrium- og kaliumsalter, og basene til disse fikk navnene *alkali vegetabile* (kali) og *alkali minerale* (natron). Gruppe 1 i det periodiske system ble seinere kalt alkalimetaller. Pottaske sammen med surmelk ble også brukt til bleking av tøy. Natriumkarbonat kunne brukes til å produsere glass. Seinere fra 1792, ble soda laget i etter LaBlanc-prosessen sodaovner med vegger av bly. Saltklorid og svovelsyre ble blandet og dannet saltsyre og natriumsulfat. Kalk og kullstøv ble tilsatt og produktet med sode og illeluktende kalsiumsulfid, et miljøproblem.

På 1700-tallet ble det utvist enestående entusiasme og kjærlighet for vitenskap og eksperimenter. Denne perioden ble preget av fysikerne **Robert Boyle** og **Isaac Newton** og av kjemikerne **Henry Cavendish**, **Joseph Black**, **C.W. Scheele** og **Antoine Laurent Lavoisier**¹³. Scheele oppdaget oksalsyre, eplesyre (malat) og forbrenningens kjemi. Joseph Wrights maleri fra 1768 *The Air Pump* viste en fugl i delvis vakuum og at fuglen var avhengig av vital luft for å kunne leve. **Henry Cavendish** eksperimenterte i 1783 med forbrenning av hydrogen i luft, som til sammen ga vann. Vann kunne ikke være et grunnstoff.

¹³Ellen Gleditsch: Antoine Laurent Lavoisier (1956)

På begynnelsen av 1700 tallet stilte presten og plantefysiologen **Stephen Hales** (1677-1761) spørsmål om hvordan vann stiger i planter og fordamper fra bladene, og foreslo samtidig at veksten stammet fra luften. Med datidens språkbruk redegjorde han for at plantene tok opp gass fra lufta og denne gassen ble bundet i planteprodukter. Dette var en meget korrekt antakelse. Hales hadde fått opplæring ved Cambridge og skrev *Vegetable Staticks (Plantestatik)* i 1727. Hales bok representerte et stort framskritt i eksperimentell plantefysiologisk forskning, og ble seinere utvidet til å omfatte studier av blod og blodomløp. Med enkle instrumenter målte han transpirasjon og rottrykk. Transpirasjonen var høyest i dagslys. Han kuttet av en villvin ved bakkenivå, og ved å feste et glassrør til snittflaten kunne han vise at rottrykket kan løfte vannet flere meter høyt. Han sammenlignet dessuten mengde vann som var tatt opp av rota, og mengden vann som ble transpirert fra bladene. En annen oppdagelse Hales gjorde var at vann som ble tatt opp av tørre erter kunne skape et stort trykk. Ringbarking av trær ga den tykkeste barkringen over barkingsstedet, noe som indikerte at assimilater ble fraktet fra toppen av treet og ned i rota. Hales ble oppmerksom på faren ved å puste inn "brukt luft" i et lukket rom. Den gamle greske betydningen av luft ble nå erstattet av flere typer luft, og det måtte være en sammenheng mellom respirasjon og forbrenning. På den tiden visste man ikke at lufta hadde flere bestanddeler. Luft kunne bli samlet opp over vann og Hales mente at lufta var i to former, elastisk og fortettet. Hales mente at det var bladene som pumpet og løftet næringen og ledet den til frukten, og at bladene skilte ut overflødig væske som eller kunne råtne og skade planten. Konklusjon: bladene tok opp næringene luft, vann og oppløst stoff.

Andrea Cesalpino (1519-1603) mente at planter og dyr hadde lik ernæring ved at grunnstoffene ble tatt fra jorda. Den franske fysikeren **Edmé Mariotte** (1620-1684) skrev om plantenes ernæringsfysiologi i *Essay sur la végétation des plantes* (1679) og mente at luft og vann var nødvendig for plantenes vekst. Mariotte mente at det var feil i Aristoteles ernæringsteori, for næringsstoffene ble bearbeidet i planten. Plantene lager stoffer ved kjemiske prosesser og næringen tas opp av røttene og bladene. Hales sluttet seg til Mariotte om at luft var nødvendig for plantenes vekst. Kjemiske undersøkelser ble gjort ved forbrenning og tørrdestillasjon, og stoffer man kjente til var salt, olje eller svovel, ammoniakk, flyktig, destillerbar og brennbar spiritus samt flegma (destillert vann). **Olof Rudbeck den yngre** (1600-1740) ble professor i botanikk og medisin i Uppsala og tok sin doktorgrad på avhandlingen *De fundamentali plantarum notitia rite acquirenda* (1690). Han skriver også *Propagatio plantarum*, hvor han også tar opp næringstransport hos planter.

Den skotske kjemikeren **Joseph Black** (1728-1799) var interessert i karbondioksid som han kalte "bundet luft". I 1756 fant han at "bundet luft" kunne reagere med kalk og gi kalkstein. Brenning av kull ga bundet luft, og den ble dannet ved fermentering og i utåndingsluften. Black gjorde også kvantitative målinger av varme (kalorimetri). **Robert Boyle** og **Daniel Bernoulli** (1700-1782) mente at varmen kom fra bevegelser av partikler. I 1775 kom **Antoine Laurent Lavoisier** (1743-1794) fram til at luft besto av to gasser. Oksygen ble kalt syreproduserende fordi han trodde den var en bestanddel i alle syrer. På svensk kalles oksygen fremdeles for syre. Sammensatte stoffer med metaller og oksygen ble kalt metalloksider, som vanligvis er sure, og i mange syrer inngår oksygen. Metall i reaksjon med karbondioksid kalte han metallkarbonater. Metaller som ble forkalket i et lukket rom økte i vekt, mens luften i karet ble fortynnet. I *Traité élémentaire de chimie* (1789) redegjør Lavoisier for forbrenningen. Lavoisier er grunnlegger av moderne kjemi, og han systematiserte kjemisk nomenklatur og gjorde kvantitative kjemiske målinger. Sammen med **Pierre Simon La Place** (1749-1827) laget han et kalorimeter for kvantitativ måling av varme. Den tyske legen og kjemikeren **Gorge Ernst Stahl**

(1660-1724) hadde kommet en en flogistonteori om at alt brennbart stoff inneholdt flogiston (ildemne/brennstoff) som ble avgitt til luften når det brant, og var ikke ilden selv. Fra kull pluss deflogistonert luft ble det dannet "bundet luft", noe vi idag beskriver som karbon pluss oksygen gir karbondioksid. van Helmonts skogsgass var et oksid av kull og var også sur. Tidligere kalte man derfor karbondioksid for kullsyre. Flogistonteorien bestod i store deler av 1700-tallet.

Engelskmannen og presten **Joseph Priestley** (1733-1804) fant gjennom sine forsøk i 1771 at luft som er blitt bedrevet via ånding fra dyr, fra gjæring eller brennende lys kan forbedres om planter plasseres i luften, men forsøkene var ikke alltid entydige. Mus innesperret i en glassklokke med en begrenset mengde luft, bedrevet luften slik at dyr ikke kunne leve i den og den bedrevete luften slukket et brennende lys. Plantene kunne derimot vokse i bedrevet luft (=kullsyre). Han satte et mynteskudd i et omvendt glass over vann og fant at plantene restituerte luften. Grønne planter skilte ut samme gass (oksygen) som ble dannet ved å varme opp kvikksølvoksid (HgO). Priestley hadde sett at det ble dannet store mengder gass under ølproduksjon. Han mente at han hadde funnet vegetasjonens prinsipper ved at plantene kunne suge til seg flogiston, og forbedre luften ved å lage deflogistonert luft (=oksygen, som ennå ikke var oppdaget). Priestley var selv for hektet på flogistonteorien til å kunne si at han virkelig oppdaget oksygen. Andre observasjoner Priestley gjorde var at røtter og stengler som vokste i vann skilte ut luftbobler. Et grønt stoff (alger) på innsiden av karet med vann skilte også ut luft i lys. Priestley publiserte sine konklusjoner i arbeidet *Experiments and observations on different kinds of air* i perioden 1774-1781. Priestley, som var tilhenger av den franske revolusjon og måtte rømme av den grunn, skrev også om elektrisitet og lys.

Priestley og den svenske kjemikeren **Carl Wilhelm Scheele** (1742-1786) gjorde eksperimenter hvor de laget deflogistisert luft (ildluft). Scheele og Priestley viste uavhengig av hverandre at oppvarming av rødt kvikksølv ga oksygen. Sammen med riktige tolkninger av Lavoisier ble oksygen over tid oppdaget, og flogistonteorien etterhvert forkastet. Flogiston ble erstattet med kalori i 1787, og man trodde i en tid at kalori var et grunnstoff. Oksygen opererte under mange navn: deflogistonert luft, air vital, livsluft, ildluft, syredanner, og oxygène. Syre (l. *acidum*, fra *acidus* - sur) var stoffer med sur smak, og som kunne gi blå farge på fargestoffet lakmus fra lakmuslav (Boyle 1663). Lavoisier hadde vist at når svovel, kull og fosfor brant i luft med oksygen dannet de sure oksider som ga syrer når de ble blandet med vann. Han mente at oksygen fantes i alle syrer og derfor kalte Lavoisier oksygen for oxygène (l. *oxygenium* - syredanner). På svensk benyttet fremdeles syre som navn på oksygen. Det var Davy som på begynnelsen av 1800-tallet oppdaget at saltsyre ikke inneholdt oksygen, det måtte være en feil ved Lavoisiers syre teori.

Kullsyre, i dag kalt karbondioksid, var Helmonts *gas sylvestre*, krittisyre (*acid crayeux*) siden den ble laget ved å behandle kritt med svovelsyre, bundet/fix luft (*Black* 1757), og *acide carbonique*. Mye kullsyre ga dårlig vekst, og man mente at det bare var et parringsmiddel. Kvelstoff, i dag kalt nitrogen, ble kalt flogistonert luft, *nitrogeine* eller *azote*.

Jan Ingenhousz (1730-1799) var hollandsk lege, livlege for keiseren i Østerrike (1768) og oppdager av kullsyreassimilasjonens betydning for vekst av planter. Ingenhousz viste at grønne planter revitaliserte lufta i synlig lys. Syntese kommer fra gresk og betyr å sette sammen. Fotosyntese betyr å sette sammen ved hjelp av lys. Ingenhousz fant at i mørket hadde plantene respirasjon maken til dyr. Han studerte luftblærene fra blader under vann, hvor de ble dannet, form, når, og hastighet. Han mente at luften ble bearbeidet i planten, flogiston blir tilbake i planten og deflogistonert luft skilles ut. Ingenhousz var overbevist om at karbon i plantene kom fra karbondioksid, i motsetning til andre som trodde at karbon ble tatt opp fra røttene, også kalt humusteorien. Humusteorien gikk ut på at plantene fikk næring fra råtne organiske stoffer i jord og

vann. Humus er organiske stoffer i moldjord. Humusteorien var allerede avvist og van Helmont, men kom tilbake på 1800-tallet, bl.a. støttet av tyske naturfilosofer. Legen **Albrecht Daniel Thaër** (1752-1828) drev med dyrking av blomster og mente i *Grundsätze der rationellen Landwirtschaft* at fruktbarheten i jorda ble bestemt av humusinnholdet og at humus var produkt og betingelse for liv. Det samme hevdet **Ludolf Christian Treviranus** (1779-1864) i *Physiologie der Gewächse* (1835) at humus var både livskraft og livsmaterie.

Ingenhousz oppdaget karbonsyklus, hvor grønne planter tok opp karbondioksid (kullsyre) om dagen og avga karbondioksid om natten. Schéele hadde funnet at spirende bønner fordervet luften, og Priestley at grønne planter forbedret den. Begge hadde rett. Røtter, blomster frø lignet i så måte på dyr. I 1796 skrev Ingenhousz *An Essay on the food of Plants and renovation of Soil*. Priestleys studier av deflogiston (oksygen) inspirerte Ingenhousz til å gjøre lignende forsøk, beskrevet 1779 i *Experiments On Vegetables, Discovering their Great Power of Purifying the Common Air in Sunshine and of Injuring it in the Shade and at Night*. Plantene renses luft i solskinn og forderver luften i mørke. Fontanas eudiometer som ble brukt til å måle hvor god luften var hadde flere feil.

Sveitseren **Nicolas Théodore de Saussure** (1767-1845) dyrket planter i destillert vann under en glassklokke som inneholdt luft med en kjent mengde kullsyre (karbondioksid). Mengden kullsyre ble bestemt ut fra kalkvann. Oksygen ble bestemt med fosfor, foreslått av Scheele i 1777. I 1804 gjorde de Saussure kvantitative målinger av hvor mye karbondioksid som ble tatt opp og hvor mye planten økte i vekt. Imidlertid fant han at vektøkningen var betydelig større enn den mengden kull som karbondioksid inneholdt, og han fremsatte en teori om at plantene i lys kan spalte vann. Plantene dannet kullsyre i både lys og mørke. Kvelstoff ble ikke assimilert. Asken ble analysert som jordaktige fosfater (fosforsur kalk, magnesia), salter (alkalier), jordaktige karbonater, kiseltsyre og metalloksider av jern og mangan. Saussure klarte å stille de rette spørsmålene. Plantene kan lage brennbart stoff fra karbondioksid og vann ved hjelp av sollys, kalt kullsyreassimilasjon. I tillegg til nøyaktige målinger av assimilasjon og respirasjon fant Saussure at nitrogen og andre essensielle salter er nødvendig for vekst av planter. Gjennom Saussures arbeid fikk man forklaringen på van Helmonts eksperiment. Plantene kan med hjelp av sollys lage brennbart stoff fra karbondioksid og vann. Kjemisk sett er åndingen den motsatte prosessen av fotosyntesen. Tyskeren Carl S. Sprengel (1787-1859) støttet opp under Saussures resultater, og hans idéer om en minimumslov har gitt navnet Sprengel-Liebig's minimumslov.

Sveitseren **Jean Senebier** (1742-1809) bekreftet i 1782 Ingenhousz forsøk om at lys var nødvendig, men i tillegg var det behov for karbondioksid. Han skriver en fysisk-kjemisk avhandlingen om påvirkningen av sollyset på naturens tre riker, spesielt planteriket i *Mémoires physico-chimiques sur l'influence de la lumière solaire pur modifier les êtres des trois règnes de la nature et surtout ceux du règne végétal* (1782). Senebier skrev om påvirkningen av sollyset på forvandlingen av kullsyre til ren luft i plantene i boka *Rescherches sur l'Influence de la Lumière Solaire, pour Métamorphoser l'Air Fixe en Air pur par la Végétation* (1783). I 1788 utgir han eksperimenter om sollysets virkning på plantene: *Expériences sur l'action de la lumière solaire dans la végétation*. Senebier gjør mange eksperimenter, måler arealer av blader og bruker lignende metodikk som Ingenhousz, men Senebier er mer kjemisk rettet og fant at kullsyre var en forutsetning for plantene for å kunne skille ut oksygen. Senebiers plantefysiologi (*Physiologie végétale*) som utkom i 1800 samlet all kjent kunnskap om plantenes anatomi og fysiologi.

Henri J. Dutrochet (1776-1847) fant at det er bare celler med klorofyll som kan fikserer karbondioksid. I 1817 isolerte de to franske kjemikerne **Pierre Joseph Pelletier** (1788-1842) og **Joseph-Bienaimé Caventou** en grønn substans fra blad som de kalte

klorofyll, - grønt blad. De studerte også alkaloider, og i 1820 isolerte de kinin fra kinabarktreet. Tsjekkeren **Jan Evangelista Purkinje** (Purkyne (1787-1869) ble utnevnt til professor i fysiologi av kong Fredrik III. I 1844 ga den Prøyssiske regjering Purkinje et fysiologisk laboratorium. Purkinjes doktorgradsarbeid omhandlet syn og fargeintensiteter på objekter (Purkinje effekt). Purkinje gjorde en rekke oppdagelser, bl.a. bruk av fingeravtrykk til identifisering. Han forbedret mikroskopiteknikkene ved å ta i bruk mikrotom til snitting, og iseddik, og Kanadabalsam til i fiksering av vev. Purkinje fulgte den Malpighiske tradisjon og studerte cellevev hos både dyr og planter. Han oppfant ordet protoplasma, og tok i bruk fotografisk teknikk utviklet av **Louis J.M. Daguerre** (1789-1851).

Tyskeren **Julius Sachs** (1832-1897) var elev av Purkinje og grunnla den eksperimentelle plantefysiologi. Sachs som arbeidet i Würzburg skrev *Handbuch der Experimental-Physiologie der Pflanzen* og *Lehrbuch der Botanik* (1868), og etablerte et fagmiljø for eksperimentell plantefysiologi. Wilhelm Pfeffer, Hugo de Vries, Francis Darwin og Ernst Stahl hadde alle studieopphold hos Sachs. Sachs dekket i 1862 blad med voks, og så at stivelse bare blir laget i den delen som ikke er dekket. Sollys er nødvendig for fotosyntesen. Han kunne vise at bladet ble tømt for stivelse i mørke ved å ha en halvpart av bladet i lys og en i mørke. Stivelsen ble farget med en jodløsning. Sachs jodprøvefra 1864 viser at stivelse bare lages i kloroplaste som utsettes for lys. Sachs bestemte samtidig, ved å klippe ut helt identiske biter av et solsikke blad, at assimilasjonen var ca 1.8 g per time og kvadratmeter. Sachs fant i 1894 ved å voksbelegge blader at karbondioksid kommer inn via spalteåpningene. Forholdet mellom karbondioksid som blir tatt opp og oksygen utskilt i fotosyntesen ble i 1864 studert av den franske plantefysiologen **Jean Baptise Boussingault**. I den forskning som fulgte var det mulig å fastslå at plantene vokser ved hjelp av karbondioksid fra luften, vann og næringsalter fra jorda og sollys. Ikke grønne plantedeler, slik som røtter og frø, gjør det motsatte, og det gjør også grønne plantedeler i mørke. Ut fra en mekanistisk holdning til naturen ble plantene betraktet som et avanserte levende laboratorier eller kjemiske fabrikker. Fra 1830 hadde man akromatiske mikroskop, men fra 1870 kom oljeimmersjonslinser, og det ble utviklet bedre farge- og snitte-teknikk for planteanatomi-preparater.

Sachs studerte sammen med landsmannen **Wilhelm Friedrich Philipp Pfeffer** (1845-1920) fra Leipzig det komplekse samspillet mellom plantene og lys, tyngdekraft, fuktighet og trykk. **Nathaniel Pringsheim** (1823-1894) i Jena, som arbeidet med seksuell reproduksjon hos alger, og som oppdaget plastider i planter var lærer for Pfeffer. Pfeffer var den første som gjorde kvantitative undersøkelser av osmotisk trykk. Apparatet han brukte bestod av en semipermeabel beholder med sukkerløsning i et kar med vann, koblet til et kvikksølvmanometer. Pfeffer fant at det osmotiske trykket varierer med temperatur og konsentrasjon av sukkerløsningen. Siden celler var omgitt av en semipermeabel membran hadde Pfeffers undersøkelser stor betydning for forståelsen av osmotisk trykk i celler. **Raoult** viste at det er en sammenheng mellom vandamptrykk over løsninger og osmotisk trykk. **Jacobus Van't Hoff** fant en kvantitativ sammenheng mellom osmotisk trykk og molalitet. Pfeffer gjorde også undersøkelser av fotosyntese, respirasjon, transport og proteinmetabolisme. Pfeffers lærebok *Handbuch der Pflanzenphysiologie* hadde sammens med Sachs lærebøker stor betydning for plantefysiologien som fag. **Herman von Helmholtz** formulerte i 1847 loven om bevaring av energi. Respirasjon var en nedoverbakkereaksjon og fotosyntesen en oppoverbakke. At oksygen var nødvendig i forbrenning var oppdagelsen av et viktig prinsipp i kjemien. I 1845 sa tyskeren **Mayer** at solenergi ble omdannet til kjemisk energi i planter. For å kunne beskrive enveis bevegelse av energi ble begrepet entropi innført av fysikerne. Når en spontan prosess lager energi er

det noe av energien som ikke kan omdannes til nyttbar form. Den er der, men kan ikke brukes. Mengden utilgjengelig energi er lik økningen i entropi i prosessen ganger absolutt temperatur. Den delen som er tilgjengelig til å utføre arbeid ble kalt fri energi.

Engelmans klassiske forsøk fra 1881 hvor han i et mikroskop viste hvor oksygenelskende bevegelige bakteriene samler seg rundt en algetråd bestrålt med et lysspekter fra et lite prisme. Bakteriene samler seg i størst grad rundt det røde og blå lyset. Dette var det første fotosyntetiske aksjonsspektrum. Den russiske botanikeren **Mikhail Semujonovich Tsvet** (1872-1919) klarte i 1906 å atskille pigmenter i planten med kolonnekromatografi. Han ekstraherte plantenes pigmenter med alkohol eller eter, og atskilte dem i en kolonne med kalsiumkarbonat. Tsvet oppdaget flere former av klorofyll og tok i bruk ordet karotenoider på gulfargete pigmenter. **Eduard Strasburger** skrev *Über den Bau und die Verrichtungen der Leitungsbahnen in den Pflanzen* (1891) hvor han viste at rene fysiske krefter virket ved vanntransporten fra jorda opp i planten. Han brukte bl.a. fargete løsninger med kobbersulfat eller pikrinsyre (begge giftige) for å vise dette. **Joseph Böhm** viste i 1893 at vann kunne løftes i en død kvist som var drept i kokende vann.¹⁴ **J. Joly** og **H.H. Dixon** kunne i 1895¹⁵ presentere tensjons-kohesjonsteorien for vanntransport i planter, samtidig med botanikkprofessoren **Eugen Askenasy**. H.H. Dixon skrev seinere *Transpiration and Ascent of Sap in Plants* (1914). **Ernest Stahl** (1848-1919) i Jena etterfulgte Pringsheim, Schleiden og Strasburger. Jena har vært et sentralt lærested i Europa med berømte tyskere som Goethe, Schiller, Hegel, Fichte og Schelling.

I 1937 fant **Robert Hill** (1899-) ved Cambridge universitetet at oksygen blir utskilt fra kloroplaster i lys med en kunstig elektronakseptor som f.eks. kaliumferricyanid. Kloroplastene ble isolert fra blad ved fraksjonert sentrifugering. Reaksjonen blir kalt Hill-reaksjon. Den nederlandske mikrobiologen **Cornelis Bernarud van Neil**, som arbeidet ved Stanford universitet i California med fotosyntetiske bakterier, fant at bakterier som vokser på hydrogensulfid danner korn med svovel inne i cellene.

I 1940 klarte amerikanske kjemikere, ledet av **S. Ruben** og **M. Kamen**, å lage den radioaktive isotopen ^{14}C , som sender ut β -stråling, ved å bombardere karbon med kjerner av deuterium. Dermed fikk de amerikanske biokjemikerne **Melvin Calvin** (f.1911) og **A.A. Benson** ved Universitetet i California et viktig verktøy til å studere fotoassimilasjonen av karbondioksid. Calvin og medarbeidere brukte alger, C-14-merket karbondioksid og autoradiografi til å studere fotoassimilasjonen. Fotoassimilasjonen ble stoppet etter forskjellig tidspunkt ved å drepe algene ved å overføre dem til varm alkohol. De radioaktive produktene ble isolert, atskilt ved todimensjonal kromatografering, og autoradiografi viste hvor de radioaktive stoffene ga sverting av filmen. Et av de første endeproduktene som ble laget var 3-fosfoglycersyre. Karbondioksid ble bundet til femkarbonforbindelsen ribulose 1,5-bisfosfat. De engelske biokjemikerne **Archer John Proter Martin** og **Richard Laurence Millington Syng** fikk nobelprisen i kjemi i 1953 for oppdagelsen av kromatograferingsteknikken, et viktig hjelpemiddel for identifisering av bioprodukter (kjemiske stoffer i biologisk materiale). Calvin fikk nobelprisen i kjemi i 1961 for arbeidet med å klarlegge CO_2 -assimilasjonen i planter. I 1941 klarte Ruben og Kamen også å lage den tunge ikkeradioaktive oksygenisotopen ^{18}O . Det ble funnet at fotosyntetiserende celler i vann anriket med den tunge oksygenisotopen skilte ut oksygen

¹⁴J. Böhm: *Ursachen des Saftsteigens*. Ber. Dt. Bot. 7 (1889)45-56; *Capillarität und Saftsteigen*. *Ibid.* 11 (1893)203-212.

¹⁵Phil. Tran. Royal Soc. London (B.) 186 (1895)

anriket med ^{18}O . Dette ble bevis for at det er vann som er kilden til oksygen, elektroner og protoner i fotosyntesen hos høyere planter, analogt til hydrogen sulfid hos fotosyntetiske bakterier, som van Neil hadde funnet. I 1954 isolerte **Daniel I. Arnon** intakte kloroplaster fra spinat. Ved Arnons laboratorium i California fant Arnon og medarbeidere i 1951 at fotosyntesen laget reduksjonskraft ved reduksjon av NADP, og i 1954 at fotosyntesen laget kjemisk energi i form av ATP ved fotofosforylering.

Celle teori, celler og organeller

Den tyske botanikeren **Matthias Jakob Schleiden** (1804-1881), professor i botanikk i Jena, mente at cellen er den fundamentale enhet i alt liv, og skrev bl.a. *Die Botanik als inductive Wissenschaft* (1842). Tyskeren **Theodore Schwann** (1810-1882) hevdet samtidig at celler var organismer, og at planter og dyr er satt sammen av celler. Fermentering av sukker som et resultat av livsprosesser var et annet prosjekt Schwann arbeidet med. Schwanns celle teori ble presentert i 1839 i verket *Mikroskopische Untersuchungen über die Ueberreinstimmung in der Struktur und dem Wachstum der Tiere und Pflanzen*. Sammen med Schleidens oppdagelser var dette starten på celle teorien. Cellen var den fundamentale enhet i alle organismer. Schleidens bok *Gründzüge der wissenschaftlichen Botanik* ble mye brukt. Tyskeren **Rudolph Virchow** (1821-1902) sa i 1855 at der det er en celle må det tidligere ha vært en celle - enhver celle kommer fra en allerede eksisterende celle (*Omnis cellulae e cellula*). Det måtte være en kontinuerlig rekke fra de første celler på jorda til dagens celler.

I 1831 ble den engelske botanikeren **Robert Brown** (1773-1858) klar over at alle celler har en cellekjerne. I 1828 skrev han *Observations of the Pollen of Plants*. Kort tid etter oppdaget Schleiden at kjernen inneholdt en mindre del kalt nukleolus. Schleiden var med sin bok *The Plant and its Life* med å gjøre botanikk til en eksakt vitenskap. Den italienske cytologen **Camillo Golgi** (1843-1926) fant i 1896 Golgi legemer, en type membranvesikler kalt Golgi apparatet. Golgi fikk nobelprisen i medisin og fysiologi i 1906 for studiet av nervesystemet. I 1898 oppdaget den tyske biologen **C. Benda** små granuler i cytoplasma utenfor kjernen, og som kan kalte mitokondrier.

I 1875 studerte den tyske botanikeren **Eduard Strasburger** (1844-1912) mitosen i planter, og fant at det skjer reduksjon i antall kromosomer i eggceller og pollenceller. Strasburger skrev *Lehrbuch der Botanik* (1894), en bok som seinere kom i mange opplag, og *Über Zellbildung und Zelltheilung* (1876). Meiosen ble, i 1883, studert av den belgiske embryologen og cytologen **Edouard van Beneden** (1846-1910). Beneden observerte forskjeller i kromosomtall i kjønns celler og kroppsceller ved studier av innvollsormen *Ascaris*.

Vilhelm Hofmeister (1824-1877) fant i 1849 at eggcellen utvikles til embryo, og han er regnet som planteembryologiens grunnlegger. Han oppdaget plantenes generasjonsveksling. Hofmeister studerte moser, bregner og andre laverestående planter (kryptogamer), spesielt livssyklus hos kryptogamer. Den tyske botanikeren **Karl von Goebel** (1855-) grunnla en vitenskapsgren, organografien, som var en del av morfologien, men hvor økologisk tilpasning av planteorganenes funksjon var sentral.

Komparativ anatomi ble en vitenskapsgrein fra 1877 introdusert av **Heinrich Anton de Bary** (1831-1888). de Bary bygget opp et velkjent botanisk laboratorium i Halle, og han tok for seg utviklingen av sopp og sopp parasitter hos planter. Han skrev *Vergleichende Anatomie der Phanerogamen und Farne* og *Morphologie und Physiologie der Pilze*,

Flechten und Myxomyceten (1866), og innførte begrepene symbiose, parasittisme og mutualisme.

At veksten bare er lokalisert til bestemte områder av planten, ble oppdaget av tyskeren **Caspar Friedrich Wolff** (1733-1794), gjengitt i doktoravhandlingen *Theoria Generationis* (1759). Wolff, grunnleggeren av embryologien, studerte embryostadiet hos dyr og planter, og langdistansetransport i ledningsvev. Wolff oppdaget før Baer de tre kimlagene i embryoutviklingen, og mente at kronblad og begerblad var en spesiell type blad. Seinere fant sveiseren **Carl von Nägeli** (1817-1891) apikalcellene, og at noen alger og moser har en spiss med bare en celle som deler seg. Nägeli observerte cellekjernen med kromosomer i 1842, og studerte celledelinger hos alger. Han hadde også gjort mange flytningsforsøk ved å hente planter fra fjellet og dyrke dem i den botaniske hagen i München. **Simon Schwendener** (1829-1919) arbeidet med plantecytologi sammen med Nägeli. Schwendener studerte bla. spiralmønsteret for anlegg av nye blader, et problem han hadde fra Goethe. Den tyske zoologen **August Friedrich Leopold Weismann** (1834-1914) var en av dem som mente at kimplasma, kromosomene i cellekjernen, er det arvbare stoffet, og at ervervede egenskaper ikke kan nedarves, i opposisjon til Lamarcks evolusjonsteori. Det skjer en reduksjonsdeling før dannelsen av kimceller. Alle organismer består av et somatoplasma som dør, og et kimplasma som blir overført videre til neste generasjon, beskrevet i *The Germ-Plasm; a Theory of Heredity* (1893). Noen mente at arv kunne forklares via molekylære bevegelser inspirert av fysikeren **Hermann von Helmholtz** (1821-1894). Den tyske botanikeren **Hermann Vöchting** (1847-1917) startet den eksperimentelle morfologi med studier av organdannelse hos planter.

Mengden kunnskap øker etterhvert så mye at det blir behov for å dele opp plantebiologi i spredningsbiologi, blomsterbiologi, og utviklingsbiologi.

Osmose

Abbé Nollet (1700-1770) arbeidet med diffusjon av vann og salter over membraner hos dyr, og var den første som begynte å studere fenomenet osmose. Det skulle imidlertid gå lang tid før man skjønnte betydningen av osmose hos dyr og planter. **Georg Friedrich Parrot** (1767-1852) sendte sitt arbeid *Un coup d'oeil sur l'endosmose* til det franske vitenskapsakademiet i 1844. Den omhandlet osmotiske studier av urinblæren og egg. Parrot og landsmannen **René Henri Joaquim Dutrochet** (1766-1847) ga viktige bidrag til studiet av osmose. Den tyske legen og botanikeren **Hugo von Mohl** (1805-1872), professor i botanikk ved universitetet i Tübingen, tok i 1846 i bruk ordet protoplasma for det levende stoffet i en plantecelle. Begrepet var opprinnelig blitt introdusert av Purkinje. Mohl observerte også protoplasmestrømning og celledeling i 1839. I 1844 fant Mohl at celleinnholdet trekker seg vekk fra veggen etter behandling med sterk syre eller alkohol. Det han observerte var plasmolyse. Mohl skrev *Gründzuge der Anatomie und Physiologie der vegetabilischen Zelle* (1851). Det var imidlertid **Wilhelm Pfeffer** (1845-1920), som med konstruksjonen av et osmometer i 1870-årene, viste betydningen av osmose i plantene. **Hugo de Vries** (1848-1935) arbeidet også med osmose, blant annet studier av lekkasjen av rødbetesaft ut celler. Etterhvert skjønnte man at cytoplasma er omgitt av en osmotisk membran. Denne membranen er så tynn at den ikke kan observeres i mikroskop. Celler kan legges i ytre saltløsninger med ulik trekraft på vann. Grenseplasmolyse oppstår hvis det er lik trekraft, altså isoton løsning, som betyr lik

tonus. Disse botaniske studiene ga grunnlaget for at **Jacobus Van't Hoff** (1852-1911) kunne formulere sammenhengen mellom osmotisk trykk og konsentrasjon av løsninger analogt til Boyles lov for gasser.

I samme tidsperiode arbeidet **Svante Arrhenius** (1859-1927) med hvordan temperaturen påvirket hastigheten til kjemiske reaksjoner.

Professor i botanikk ved Norges landbrukshøgskole, **Barthold Hansteen Cranner** (1867-1925), hadde gjort studier av lekkasje av fettstoffer ut i vann i form av fosfatider fra løksskall, men det skulle vise seg at disse skyldes forurensning av bakterier. **Paul Runar Collander** (1894-1973) gjorde en rekke studier av permeabiliteten av celler i kransalger. Konklusjonen ble at membranen består både av fett og protein, etter en lang diskusjon om membranen enten var en proteinfilm eller fettfilm.

Enzymer og nitrogenforbindelser

Iacopo Bartolomeo Beccari (1682-1766) publiserte i 1745 en artikkel *De frumento* (Om hvete) hvor han beskrev isolering av gluten fra hvete. Aminosyren asparagin var den første nitrogenforbindelsen fra planter som ble isolert i ren form fra asparges av **Robiquet** og **Vauquelin** i 1806. I 1820 klarte man å isolere aminosyren glycin fra sur hydrolyse av gelatin. Sveitseren **Ernst Schulze** (1840-1912) og **Dimitri Prianishnikov** (1865-1948) laget de første oversiktene over nitrogenmetabolismen i planter. Schulze hadde en liste på 10 frie aminosyrer i 1906. Arbeid utført av **Emil Fischer** på begynnelsen av 1900-tallet viste at protein var satt sammen av aminosyrer bundet sammen med peptidbindinger. Kjeldahl metoden ble viktig for å kunne måle det totale nitrogeninnholdet i planter.

I arbeidet *Über den Einfluss des Sauerstoff auf Gärungen* publisert i 1886, viste **Eduard Buchner** (1860-1917) at gjærceller kan gjære sukker både med og uten oksygen. I 1897 oppdager Buchner at ekstrakt fra gjærceller kan omdanne sukker til alkohol. Dette førte frem til oppdagelsen av enzymene. **Johan Kjeldahl** (1849-1900) utviklet i 1883 en metode for å kunne bestemme innholdet av nitrogen i biologisk materiale.

Kjemi og plantefysiologi

I 1803 utviklet den engelske kjemikeren og meteorologen **John Dalton** (1766-1844) atomteorien om at alt stoff er bygget opp av små partikler som ikke kan ses. Stoff kan ikke deles opp i mindre biter i det uendelige, men er satt sammen av usynlige partikler kalt atomer. Kjemiske stoffer oppstår ved omstokking og omplassering av de enkelte atomer. Dalton fant at grunnstoffene måtte ha forskjellig vekt mange år før det ble mulig å bestemme atomvekten. Det letteste grunnstoffet ble gitt atomvekt lik 1, og karbon (C), som er 12 ganger tyngre, fikk atomvekten 12. Idag beregnes atomvektene i forhold til karbon 12. Molekylvekt for proteiner angis i dalton. Dalton har også gitt navn til Daltons lov for partialtrykk. Atomteorien ble underbygget av **Lorenzo Romano Amadeo Carlo Avogadro** (1776-1856), Cannizzaro og Berzelius. Avogadro oppdaget at like volumer gass med samme trykk og temperatur inneholdt like mange molekyler. Avogadros tall angir antall partikler i et mol. **Stanislao Cannizzaro** (1826-1910) oppdaget skillet mellom

atomer og molekyler. **Jöns Jakob Berzelius** (1799-1848) introduserte kjemiske symboler og formler, oppdaget flere grunnstoffer og studerte effekten av elektrisk strøm gjennom saltløsninger. **Nicolas-Louis Vauquelin** og **P.J. Robiquet** fant aminosyren asparagin i asparges i 1806. I 1838 oppdager kjemikeren **Gerardus Johannes Mulder** komplekse molekyler i melk og eggehvite, som han ga navnet protein, fra det greske *proteios* som betyr primær. **Adolph Strecker** klarte i 1850 å lage aminosyren alanin fra acetaldehyd (laget fra eddiksyre), blåsyre og ammoniakk. I 1868 fant den tyske kjemikerne **Rudolf Fittig** at druesukker (glukose) består av 6 karbonatomer (C), 12 hydrogen (H) og 6 oksygen (O), og kan skrives med den kjemiske formelen $C_6H_{12}O_6$. Det kunne også skrives som et karbonhydrat med 6 vannmolekyler, $C_6(H_2O)_6$, og derved oppstod begrepet karbohydrat om sukker. Navnet er beholdt inntil idag selv om vann-karbon-formelen ikke er riktig. Det var ikke før i 1891 at den tyske kjemikeren **Emil Fischer** fant strukturformelen for glukose. Emil Fischer oppdaget også at proteiner er bygget opp av aminosyrer, og han kom fram til den kjemiske strukturen til kaffein fra kaffe.

Det finnes to typer krystaller av tartarsyre (vinsyre), kalt tartrat og paratartrat. I 1844 oppdaget tyske kjemikere at hvis det gikk lys igjennom den vanlige krystallformen av vinsyre fikk man vibrasjonsplanet roterende mot høyere. Under mikroskopet plukket **Pasteur** ut høyre- og venstredreieende krystaller av vinsyre. Pasteur oppdaget at vinsyrekrystallene er speilbilder av hverandre, den ene i løsning bøyer planpolarisert lys til venstre, og den andre til høyre. Akkurat som våre hender, kunne de oppfattes som speilbilder.

Friedrich Wöhler (1800-1882), elev av Berzelius, klarte i 1828 å lage et organisk stoff, urea, som allerede var kjent fra urin, ved oppvarming av uorganisk kaliumcyanat og ammoniumsulfat. Wöhler laget også oksalsyre fra dicyan. Vitalistene trodde at organiske kjemikalier bare kunne lages i organismene. Nå viste deg seg at det var mulig å lage organisk stoff (urea) fra uorganisk utgangsmateriale, uten hjelp fra en nyre. Allerede i 1770 hadde den svenske kjemikeren **Torbern Bergman** skilt mellom organisk kjemi, som var kjemien til levende organismer og uorganisk kjemi, det vil si kjemien til dyre- og planteriket versus kjemien i mineralriket.

På begynnelsen av 1800-tallet hadde Napoleonskrigene tappet Europa for store ressurser. **Charles Augustin de Coulomb** (1736-1806) gjorde på 1780-tallet målinger av den elektriske kraft. I 1791 hadde **Luigi Galvani** (1737-1798) i Italia vist at det var mulig å få froskebein til å bevege seg hvis de ble festet til to forskjellige metaller beskrevet i *De viribus electricitatis in motu musculari (Om elektrisk kraft i bevegelsen av muskler)* (1792). Strømmen han oppdaget ble kalt galvanisk strøm, og han viste uten å være klar over det at nerveimpulsen har en elektrisk natur. **Alessandro Volta** (1745-1827) oppdaget det første batteri (Voltasøylen). I år 1800 hadde Volta laget strøm fra en voltasøyle hvor kobber og zink var atskilt med papp dyppet i eddik eller saltløsning, altså uten biologisk vev involvert. Voltas strømkilde ga kontinuerlig strøm og gjorde det mulig å stimulere biologisk vev med elektrisitet. Dansken **Christian Ørsted** oppdaget i 1820 at strøm i en ledning gir utslag på en kompassnål, og i 1821 laget **Michael Faraday** (1791-1867) en elektromotor basert på Ørsteds oppdagelse. Elektrisitet som strømmet i en metalltråd hadde et elektrisk felt, og en magnet kunne ved induksjon lage strøm i en metalltråd nær magneten. Faraday kunne bevege magneten og lage strøm ved selvinduksjon og Faraday laget også en skivedynamo.

Det var imidlertid et økt behov for matproduksjon med økende befolkningsvekst som følge av den industrielle revolusjon. Liebig skulle få stor betydning for utviklingen av landbruket. **Justus von Liebig** (1803-1873) studerte i Paris og hadde de berømte

lærere i kjemi som **Joseph Louis Gay-Lussac** (Gay-Lussacs gasslov), **Louis Jacques Thénard** (Thénardblått til fargig av porselen) og **Pierre Louis Dulong** (Dulong-Petites lov). Av Gay-Lussac lærte han analytiske teknikker i Lavoisiers ånd. Liebig ble grunnlegger av landbrukskjemien, men han arbeidet også med fysiologiske problemstillinger. Han ledet instituttet for fysiologisk kjemi ved universitetet i Giessen og holdt kjemikurs med laboratorieundervisning. Han lærte studentene å tenke kjemi og løse kjemiske spørsmål. Seinere dro han til München, skrev en rekke bøker, var redaktør av *Annalen der Pharmacie und Chemie* og påvirket en generasjon med studenter. Liebig arbeidet sammen med **Friedrich Wöhler**. Liebig mente at ved å analysere grunnstoffene som en plante bestod av, kunne man lage en kunstgjødsel for landbruket på grunnlag av disse analysene. Han trodde imidlertid at plantene tok opp nitrogen som ammoniakk fra luften, i tillegg til karbondioksid fra lufta, og hydrogen og oksygen fra vann. Liebig overdrev betydningen av nitrogenopptak fra lufta ifm. diskusjon om nitrogeninnholdet i kunstgjødsel. Det oppstod en kvelstoffstrid om Liebigs patentgjødsel/mineralgjødsel. J.B. Lawes og J.H. Gilbert som i 1843 grunnla Rothamsted Experimental Station i England fant liten effekt av Liebigs mineralgjødsel, men stor effekt av ammoniakk-salter og fosfat. Det var mange som var uenig i Liebigs mineralteori bl.a. Mathias Schleiden, Hugo von Mohl og Jean Baptise Dumas. Liebig introduserte begrepet metabolisme - kjemiske prosesser som bygger opp og bryter ned stoffer i levende organismer. Han utga *Natural laws of Vegetation* (1829), og skrev om organisk kjemi og dens anvendelse i landbruk og fysiologi som utkom i flere opplag: *Die organische Chemie in ihre Anwendung auf Agricultur und Physiologie* (1840). Liebig samlet materiale fra Sausurre, Boussingault og Sprengel, men hadde få idéer selv. Liebig mente at plantenes ernæring kom bare fra uorganiske stoffer og kullstoff kom bare fra luftens kullsyre (karbondioksid), altså ikke fra humus, og humusteorien var lagt død. Humusteorien sa at organisk stoff i jorda var kilden til karbon i plantene. Humus er ikke noe direkte næringsstoff. Riktignok viste det seg seinere at plantene kan ta opp og benytte aminosyrer og urea fra jorda. Liebigs minimumslov sier at vekst av planter er begrenset av det grunnstoffet det er minst av, hvis de andre er tilstede i tilstrekkelige mengder. Liebigs minimumslov og hans mineralteori fikk betydning for landbruket i lang tid framover. Liebig var den som klassifiserte innholdsstoffene i mat som karbohydrat, fett og protein, en inndeling brukt opp til vår tid. Emil Theodor Wolff (1818-) skrev om det naturvitenskapelige grunnlag for åkerbruket (*Die naturgesetzlichen Grundlagen des Ackerbaues*, 1851) og fant at nitrogen er den viktigste bestanddel i gjødsel, nest viktigst er fosforsyre og deretter kalium, det man finner i vanlig handelsgjødsel NPK-gjødsel, også tilsatt mikronæringsstoffer

Friedrich August Kekulé (1829-1896) var elev av Liebig, og laget en modell for atomer i en tredimensjonal struktur. Før 1858 hadde man ikke noe mentalt bilde av hvordan atomene var ordnet i molekyler. Strukturen for benzen ble funnet i 1865 med 6 karbonatomer i ring, som en slange som biter seg i halen. Det viser seg at karbon er et tetravalent (fireverdig) atom. Kekulé overtok professoratet i Bonn etter den berømte kjemikeren **A.W. Hofmann**, og var med å legge grunnlaget for utvikling av kjemisk industri i Tyskland i siste halvdel av 1800-tallet, bl.a. en industri for syntetiske farger. Tyskerne **Robert Wilhelm Bunsen** og **Gustav Robert Kirchhoff** ved Universitetet i Heidelberg laget et spektroskop i 1859 som kunne brukes til å lage "fingeravtrykk" av atomer. Lyset fra en glødende metalltråd som ble sendt gjennom et prisme ga lyse streker, et linjespektrum med lyse linjer på en mørk bakgrunn i spektroskopet, som viste hvilke grunnstoffer som var i metalltråden. Hvert grunnstoff har sitt spesifikke spekter. De fant grunnstoffene cesium og rubidium i 1860-61. Spektroskopet kunne også brukes til å analysere grunnstoffene i stjerner, og i vår nærmeste stjerne, sola. **Humphry Davy**

(1778-1829) hadde oppdaget kalium og natrium i 1807, og skrev *Elements of agricultural chemistry (Grunntrekk i landbrukskjemien)* (1813). Davy gjorde de første forsøk med guano fra Peru som gjødsel. Davy var en ivrig jeger og fisker og var på besøk i Norge i 1824. **Henry Cavendish** (1731-1810) hadde funnet hydrogen i 1766, og viste at hvis hydrogen brant i luft ble det dannet vann.

Carl Wilhelm Nägeli (1817-1891), som var tysk kjemiker og botaniker, viste at planter trenger nitrogen. Den franske kjemiker **Jean-Baptiste-Joseph-Dieudonné Boussingault** (1802-1887) ble klar over at planter tok opp nitrat, og var dermed med å la grunnlaget for bruk av næringskulturer i studiet av mineralnæringen hos planter, hvilke grunnstoffer som var nødvendige for plantevekst. I 1886 oppdaget han at bakterier i jord fikserer nitrogen. Han fant at erterplanter kunne ta opp nitrogen fra lufta, til forskjell fra hvete og havre. Boussingault skrev om landbruk, landbrukskjemi og fysiologi i *Agronomie, chimie agricole et physiologie*, og i 1844 fikk han utgitt en lærebok for landbruket: *Economie rurale*. Derved kunne man forklare fordelene ved vekstskifte mellom erter og korn. Boussingault studerte effekten av gjødsling, laget tabeller over den kjemiske sammensetningen av landbruksplanter og beregnet hvor mye som ble fjernet med avlingen per hektar. **Herman Helriegal** og **H. Wilforth** viste i 1888 at erterplanter kan ta opp atmosfærisk nitrogen og at det skjer i rotnodulene. Plantene er ikke de eneste organismene som kan omforme uorganiske til organiske molekyler. Andre organismer kan også lage komplekse molekyler, fra enklere utgangsstoffer. I perioden fra 1860 gjorde **Wilhelm Knop** og **Pfeffer** mange eksperimenter for å bestemme hvilke grunnstoffer som er nødvendig for plantenes vekst. Ti grunnstoffer ble på den tiden ansett som nødvendige for alle grønne planter, nemlig karbon, oksygen, hydrogen, nitrogen, fosfor, kalium, svovel, kalsium, magnesium og jern. Vanskeligheten med å bestemme hvilke grunnstoffer som er nødvendige skyldtes at kjemikalier som ble brukt ikke var helt rene, samt forurensninger fra omgivelsene. **John Woodward** (1665-1728) hadde studert planter dyrket i næringsløsning. **Dennis Robert Hoagland** (1884-1949) startet sitt arbeid ved Berkley i 1914 hvor han gjorde forsøk med bruk av tare som kaliumgjødsel. Verdenskrigen hadde gitt mangel på pottaske, som var en vanlig brukt kaliumkilde. Hoagland fortsatte med studier av saltinnhold i de lange internodiecellene hos ferskvannsalgen *Nitella*. Det viste seg at algecellen inneholdt alle grunnstoffene som var i vannet, og at opptaket av ioner krevde metabolsk energi siden det skjedde lite opptak i mørke. Hoagland studerte også byggrøtter i næringsløsninger. Hoagland skrev *Lectures on the inorganic nutrition of plants* (1944).

Landbruket i Europa skulle fø en stadig økende befolkning med tilhørende økt behov for gjødsel. Først naturgjødsel, som ble utkonkurrert av mineralgjødsel (kunstgjødsel). Kampen om "Perus hvite gull" førte til Guanokrigen, og kampen om "Chilesalpeter" i Atacamaørkenen førte til Salpeterkrigen (Stillehavskrigen) mellom Chile, Bolivia og Peru.

Fritz Haber og **Carl Bosch** utviklet en metode for syntese av ammoniakk som var mer effektiv enn metoden til Birkeland og Eyde som var basert på en elektrisk lysbue og ga Norgessalpeter. I perioden hvor **Axel Aubert** (1873-1943) var generaldirektør i Norsk Hydro tok man i bruk Haber-Bosch metoden som allerede konkurrenten I.G. Farbenindustrie hadde i drift. Utvikling av mineralgjødsel og eksplosiver fulgte hverandre. Oppdagelsen av grunnstoffenes periodiske system er kreditert **Dmitri Ivanovitch Mendeleev** (1834-1907), men bygget bl.a. på de periodiske lovene fra **Julius Lothar Meyer** (1830-1895).

Johan Gustav Christoffer Th. Kjeldahl (1849-1900) var leder av kjemiavdelingen ved Carlsberglaboratoriet 1876-1900. Kjeldahl arbeidet med å bestemme proteininnholdet i bygg brukt til malting av øl og utviklet en metode med destillasjon og titrering for

bestemmelse av nitrogen i organisk stoff. Carlsbergpipetten var en pipette som ble laget av et glassrør uttrukket i varme og ble brukt til å pipettere små volumer. **Søren Peter Lauritz Sørensen** (1868-1939) ble leder av kjemiavdelingen i 1909 og drev forskning på enzymer og aminosyrer. Sørensen er mest kjent for innføring av pH-skalaen fra 1-14 basert på den negative logaritmen til protonkonsentrasjonen, hvor 1 er ekstremt surt, 14 er ekstremt basisk (alkalisk) og 7 er nøytralt. Opprinnelig ble pH skrevet PH (*pondus hydrogenii*, potensielt hydrogen), men W.M. Clark, som introduserte oksygenelektroden, valgte å skrive det som pH.

Wilhelm Ostwald (1853-1932) som fikk nobelprisen i kjemi 1909, hadde bestemt dissosiasjonskonstanten til svake syrer (K_a) og innførte molbegrepet. Dissosiasjonskonstanten til vann ($1 \cdot 10^{-14}$) ble bestemt og 1894. Ostwald støttet fredsbevegelsen til den østerrikske forfatterinnen og pasifisten **Bertha von Suttner** (1843-1943) kjent for boka *De Waffen nieder!* (1889). Suttner påvirket Alfred Nobel i fredssaken og hun fikk selv Nobels fredspris i 1905. **Kaj Ulrik Linderstrøm-Lang** (1896-1959) var direktør for Carlsberglaboratoriet fra 1939 og arbeidet med proteinkjemi og proteinstruktur.

Klorofyll

I 1906 klarte **Michael Semenovich Tsvet** å atskille plastidepigmenter med kolonnekromatografi ("fargeskriving"). Det var imidlertid først på 1940-tallet at papirkromatografien, utviklet av **Martin** og **Syngé**, kunne brukes til å atskille komplekse blandinger. Samme år kunne **Richard Marin Willstätter** (1872-1942) isolere rent klorofyll *a* og *b*. Han fant at den kjemiske formelen for klorofyll var lik $C_{55}H_{72}N_4O_5Mg$. Hvordan disse atomene var satt sammen var ikke lett å finne, men klorofyllmolekylet kunne deles i fragmenter bestående av pyroll-ringer. Willstätter fikk nobelprisen i kjemi i 1915. Han bestemte strukturen til alkaloidene atropin og kokain. Han viste også at den blå fargen på kornblomst var av samme type som ga rød farge på kirsebær

Den tyske kjemikeren **Hans Fischer** var interessert i rødfargen til blod, og når fargestoffet ble brutt ned lignet det på Willstätters pyroll. Fischer mente at pyrollene var bundet sammen med karbon, og en slik ring ble kalt porfyrin, fra det greske ordet for purpur, fordi mange av porfyrinene hadde rød purpurfarge. I 1930 fant Fischer strukturen med toverdige jern (Fe^{2+}) i midten (ferrum er latin for jern), og han fikk umiddelbart en nobelpris i kjemi i 1930. Hem var også bundet til protein i form av cytokromer. Fischer jobbet videre med klorofyll. **Robert Burns Woodward** (1917-1979) klarte å syntetisere klorofyll og viste at den kjemiske formelen var korrekt. For bl.a. denne syntesen fikk han nobelprisen i kjemi i 1965.

Vekststoffer og plantehormoner

Det var **Julius Sachs** som på 1880-tallet forslo at det måtte være kjemiske stoffer som regulerte vekst og utvikling av plantene. **Beijerinck**, som hadde arbeidet med insektgaller hos planter, foreslo at insekter produserte et "Wuchsenzyme" som fikk planten til å lage galler. Charles Darwin og sønnen Francis hadde arbeidet med bøyning av koleoptiler av kanarigras mot ensidig belysning, beskrevet i *The power of movement in plant* (1880). Darwin skrev "*We must therefore conclude that when seedlings are freely exposed to a lateral light some influence is transmitted from the upper to the lower point, causing the latter to bend*". **Kraus** og **Kraybill** kom med sin næringsteori ved at forholdet mellom

karbohydrater og nitrogen skulle bestemme blomstring. De hadde observert at sterk nitrogen gjødsling ga lite blomstring, men stor vegetativ vekst. Det ble også dannet lite poteter ved for kraftig gjødsling. Næringsteorien ble forkastet. Det var **Frits Went** i 1928 som viste at et stoff som kan diffundere fra skuddspissen kontrollerer veksten av koleoptilene. **Thimann** isolerte, fra et medium hvor sopp *Rhizopus* vokste på tryptofan, et stoff som viste seg å være identisk med indol-3-eddiksyre, som tidligere hadde blitt isolert fra urin.

Cellekulturer

Gottlieb Friedrich Johann Haberlandt (1854-1945) startet med studier av vevskulturer av planter i 1902. Han fikk imidlertid ikke cellene til å dele seg. Haberlandt mente at det var to stoffer som kontrollerte celledeling. Det ene fantes i ledningsvevet og ble kalt "leptohormon", og det andre var et "såringshormon" utskilt av skadete planteceller. Haberlandt var en representant for faget fysiologisk planteanatomi (*Physiologische Pflanzenanatomie*). **H. Fitting** fant i 1910 et stoff fra orkidépollen som ga svelling av gynostemium, men ikke deling. Haberlandt fortsatte å dyrke cellekulturer i Knops næringsløsning tilsatt rørsukker. **Erwin F. Smith** brukte sterilkulturer for å studere sammenheng mellom sykdomsfremkallende organisme og verten. **William J. Robbins** arbeidet med rotkulturer (organkulturer). Røttene kunne dele seg og vokse i næringskultur tilsynelatende i det uendelige.

Gjennombruddet kom med tilsetning av den flytende endospermen fra kokosnøtter, foreslått av **J. van Overbeek**, **M.E. Conklin** og **A.F. Blakeslee**. Disse tre arbeidet med vekst av embryoer fra piggeple. Kokosnøttfaktoren var et cytokinin. I 1954 klarte **Muir** og medarbeidere å dyrke planteceller fra kalluskulturer. Når cellekolonier med røtter ble overført til et medium med kokosnøttmelk ble det dannet skudd. **Folke Karl Skoog** (1893-2001) arbeidet med plantehormoner og spesielt kjent ble Murashige & Skoog sitt kulturmedium fra 1962.

Planteøkologi og plantegeografi

Den danske botanikeren **Johannes Eugenius Bülow Warming** (1841-1924) var en pionerene innen faget botanisk økologi. Han gjorde botaniske reiser til Brasil og Grønland, ble professor i botanikk ved Universitetet i København og direktør for den botanisk hagen. Warming gjorde undersøkelser av hvordan de økologiske faktorene lys, temperatur og nedbør påvirket vekst i forskjellige plantesamfunn¹⁶.

Warmings bok *Plantefamfund: Grundtræk af den økologiske plantegeografi* (1895), oversatt til tysk og til engelsk i 1909, *Oecology of Plants*, fikk stor betydning for utviklingen av faget planteøkologi. **Franz Wilhelm Neger** (1868-1923) skrev *Biologie der Pflanzen auf experimenteller Grundlage (Biognomie)*(1913), og det var ingen skarp grense mellom fysiologi og økologi. **Anton Kerner von Marilaun** (1831-1898) var en plantegeograf som studerte vegetasjonen i Ungarn og Transylvania, publisert i *Plant Life of the Danube Basin* (1863). Kerner utførte transplantasjonsforsøk med å flytte planter fra alpine til lavlandet. Kerners *Pflanzenleben* ble delvis omarbeidet til svensk i firebindsverket *Växternas liv* (1932), under redaksjonell ledelse av **Carl Skottsberg** i

¹⁶Holmboe, J.: Prof. Dr. Eug. Warming. Naturen 48(1924)161-167.

Göteborg. Den tyske botanikeren **Andreas Schimper** (1856-1901) forsøkte å forklare hvordan forskjeller i utseende hos planter ble påvirket av vannforhold og temperatur, beskrevet i *Pflanzengeographie auf Physiologischer Grundlage* (1898). Dansken **Christen Raunkiaer** (1860-1938) klassifiserte forskjellige vegetasjonsformer, og tok i bruk kvantitative metoder for prøvetaking av vegetasjon. En annen som utviklet metoder for studier av plantesamfunn var **Josias Braun-Blanquet**. En pioner innen botanisk økologi var **Arthur George Tansley** (1871-1955). Han startet tidskriftserien *The New Phytologist* i 1902, hvor han var redaktør i 30 år. I 1913 var Tansley med å grunnlegge British Ecological Society, med tidsskriftet *Journal of Ecology*. Han bidro med undervisning i praktisk planteøkologi med boka *Practical Plant Ecology* (1923). Tansley er mest kjent for sine undersøkelser av floraen på de britiske øyene, samlet i verket *The British Islands and their Vegetation* (1939). Den amerikanske planteøkologen **Frederic E. Clements** (1874-1945) utviklet en teori for suksesjon av plantesamfunn, kalt monoklimaks hypotesen, og han betraktet det biotiske samfunn som en superorganisme. Han skrev *Research methods in Ecology*. **Henry C. Cowles** (1869-1939) studerte plantesuksesjon på sanddyner ved Lake Michigan, og hadde også stor betydning for utvikling av planteøkologien i Amerika.

Biokjemiens oppblomstring

Studiet av reaksjonene som utgjør livsprosessene inngår i biokjemien, og molekylene som inngår i reaksjonene studeres i molekylærbiologien. Det er ikke noe skarpt skille mellom disse disiplinene. I motsetning til den holistiske økologien er biokjemien reduksjonistisk. Plantefysiologi ble et resultat av celleteorien til **Schleiden**, **Schwann** og **Virchow** hvor sete for de fysiologiske reaksjonene var cellen. Rundt 1860 ble plantefysiologi en egen faglig disiplin. **William Irvine** fant i 1785 at ekstrakt fra spirende bygg kan bløtgjøre stivelse. **A. Payn** og **J.F. Persoz** undersøkte løsninger av stivelse, og kalte stoffet diastase. Diastase var et katalytisk stoff isolert fra bygg fordi det atskilte dextriner fra stivelseskorn. Diastase var det første enzymet som ble oppdaget, selv om det ikke hadde fått navn enda på den tiden.

Den svenske kjemikeren **Jöns Jakob Berzelius** (1779-1848) beskrev i 1835 katalyse som økte hastigheten på kjemiske reaksjoner. Berzelius tok i bruk kjemiske symboler for grunnstoffene. . I 1836 foreslo Berzelius at kjemiske reaksjoner i levende systemer var katalytiske. På det 4. nordiske naturforsker møte i Christiania i 1844 ledet av Professor Christopher Hansteen var bl.a. H.C. Ørsted, J.J. Berzelius, og geologene sir Robert Murchinson og Leopold von Buch, sammen med andre av Christianias celebriteter. J.S. Welhaven skrev diktet: *Afskedssang ved naturforsker mødet i Christiania* (1844). Den tyske kjemikeren **Eduard Buchner** (1860-1917) oppdaget zymase, kalt ferment, ved å knuse gjærceller, og viste at det var mulig å fermentere sukker i et cellefritt system med ekstrakt fra gjærceller. Buchner og **Franz Hofmeister** (1850-1922) mente at enzymer er proteiner, og de så på cellecytoplasma og organeller som strukturelle kompartementer. Fra 1890-1925 gjaldt det å forstå hva fermenter var for noe, det vi idag kaller enzymer. Den etterfølgende perioden bestod i å undersøke enzymene. Enzymer er katalytiske proteiner som kontrollerer og øker hastigheten til kjemiske reaksjoner, uten selv å bli brukt opp. Enzymene kan felles ut med etanol eller aceton. Ordet enzym betyr i gjær eller surdeig, et begrep innført av fysiologen **W. Kuhne** i 1878.

Schwann hadde vist i 1837 at alkoholgjæring er avhengig av gjær, og at kokt druesaft

ikke gjærer. Det var imidlertid **Pasteur** som viste at mikroorganismer var nødvendig for fermentering. På den tiden visste man lite om mikroorganismer, og ingenting om deres indre egenskaper og stoffskifte. Pasteur mente at all gjæring og forråtnelse skyldes mikroorganismer. I 1857 publiserte Pasteur arbeidet *Mémoires sur la fermentation appliquée lactique*, etterfulgt av et arbeid om etanolgjæring. Liebig mente at gjæring var spalting av sukker via en ukjent katalysator, og Wöhler og Liebig skrev en satirisk artikkel i *Annalen der Chemie* (1840), som viste en gjær-celle som et destillasjonsapparat. Den tyske biokjemikeren **Otto Heinrich Warburg** (1883-1970) var inspirert av Sachs og Loeb, og gjorde viktige oppdagelser i studiet av respirasjon, fotosyntese og oksidasjon-reduksjon i generell metabolisme. Warburg arbeidet som student hos **Emil Fischer** (1852-1919) med syntese av polypeptider. Fischer mente at proteiner er satt sammen av atomer, på samme måte som andre molekyler. Fischer fant ut at esterifisering av spaltingsprodukter kan gjøre dem stabile, og studerte peptidbinding og polypeptider. Warburg utviklet en teori om *Atmungsferment*, en type proteiner som kan utføre fermentering *in vitro*, men bedre *in vivo*. I forrige århundre trodde man at fermentering var en kjemisk prosess. Warburg utviklet en manometermetode (Warburg-apparatet) som ble brukt til å måle opptaket av oksygen i biologisk materiale. For måling av absorpsjonsspekteret av et respiratorisk hemoenzym fikk Warburg nobelprisen i 1931.

Den tyske fysiologen **Otto Meyerhof** (1883-1951) var assistent hos Warburg, og arbeidet med oksidasjon av tartarsyre (vinsyre) og sitronsyre, og fant at jern er nødvendig i oksidasjonsprosessen. Warburg konstruerte et respirometer kunne måle oksygenopptaket. Med et manometer festet til glassbeholdere som hadde kalilut i indre rom som absorberte karbondioksid (CO₂) kunne han utføre gassutvekslingsstudier. Spektroskopi, hvor et stoff absorberer bestemte bølgelengder av lyset, var også en nødvendig teknikk. Meyerhof fant i 1918 at druesukker kan delvis brytes ned i muskler uten oksygen, en anaerob glykolyse, sukkernedbrytning uten luft. Det er mulig å forstå hvordan en bil er konstruert ved å se på delene. Biokjemien utviklet seg etter dette prinsippet.

Hans Adolf Krebs (1900-1981) var en tysk-engelsk biokjemiker som i 1937 oppdaget en syklisk sekvens av reaksjoner i mitokondriene kalt trikarboksylsyresyklus (sitronsyresyklus, Krebs-syklus). En trinnvis serie med biokjemiske reaksjoner oksiderer druesukker til karbondioksid, vann og energi. Flere enzymer deltar, vanligvis et spesifikt enzym for hvert trinn, og Krebs-syklus er viktigst når det gjelder å skaffe organismene kjemisk energi og reduksjonskraft. Fra 1926-1930 hadde Krebs arbeidet under Otto Warburg ved Kaiser Wilhelm Institute i Berlin, men i 1933 måtte han pga Hitler og nazistene forlate universitetet i Freiburg. Krebs dro til England til universitetet i Cambridge. I samarbeid med Warburg hadde Krebs arbeidet med nedbrytning av aminosyrer hvor nitrogen laget ved deaminering ble utskilt som urea. I 1932 hadde Krebs funnet de viktigste trinnene i ureasyklus, også kalt Krebs-Henseleit syklus. Krebs delte nobelprisen i fysiologi og medisin i 1953 for denne oppdagelsen sammen med den amerikanske biokjemikeren **Fritz Albert Lipmann** (1899-1986), som fikk prisen for oppdagelsen av koenzym A. Krebs-syklus frigir ikke bare CO₂, men elektroner og protoner ble fraktet til en akseptor - oksygen, slik at produktet ble vann. Energien blir lagret som fosfatforbindelser. Elektrontransportmolekyler er flaviner (FAD og FMN) og cytokromer. Dehydrogenaser kan katalysere oksidasjon ved å fjerne hydrogenatomer. Den britiske biokjemikeren **Peter Dennis Mitchell** (1920-1992) fikk nobelprisen i kjemi i 1978 for den kjemosmotiske teorien. Teorien forklarer hvordan kjemisk energi, i form av ATP, kan lages ved hjelp av en protongradient over membranene i mitokondrier og kloroplaster. **Paul Boyer** og **John Walker** kunne vise at når protoner ble fraktet fra den ene siden av membran til den andre og hydroksylioner kom fra fosforsyre og H⁺ fra ADP ble ADP omdannet til ATP og vann, så

roterte det indre av ATPasen i membranen.

Under sultkatastrofen i Frankrike på 1870-tallet hvor den franske kjemikeren **Jean Baptise Dumas** laget en kunstig melk av emulgert fett i søt albumin, men det var noe som manglet i denne kunstige melken. Dumas skrev et essay om levende veseners kjemiske statik: *Essai de statique chimique des êtres organisés* (1841). Allerede hollenderen og ernæringsfysiologen **Pekelharing** fant ved foring av mus med kunstige dietter at det fantes små mengder stoffer i melk som var nyttige. Det var imidlertid **Casimir Funk** i 1912 som tok i bruk ordet vitamine. Funk oppdaget et stoff som kan hindre beri-beri, en sykdom med navnet "jeg kan ikke". Funk oppdaget at gjær kan kurere beri-beri. Funk isolerte niacin (nikotinsyre) og thiamin. Funk mente at også pellagra, engelsk syke og skjærbuk skyldes vitaminmangel.

Den hollandske legen **Christiaan Eijkman** (1858-1930) i Øst-India foret fugl på kokt polert ris, og de fikk en mangelsykdom som fugl som ble foret på billigere upolert ris ikke fikk. Han trodde imidlertid at det var en gift i den polerte risen som skallet hindret virkningen av. En annen berømt biokjemiker var **Fredrick Gowland Hopkins** (1861-1947). Sammen med **Cole** klarte han å krystallisere aminosyren tryptofan. Hopkins fant at rotter som fikk mat uten tryptofan ble syke, men tryptofan var ikke et vitamin, men en nødvendig aminosyre. I 1916 oppdaget **Goldberger** (-1929) at sykdommen pellagra skyldes vitaminmangel, noe Funk hadde foreslått, og det skulle vise seg at vitaminstoffet var nikotinsyre. Det var **McCollum** som oppdaget vitamin A i 1913 og betydningen det har for synet, og i 1922 vitamin D som virker mot engelsk syke. Vitamin C i citrus og frukter hindrer skjærbuk.

Betydningen av fosfat

I 1769 oppdaget apotekeren og kjemikeren **Carl Wilhelm Scheele** (1742-1786) at fosfat er en viktig bestanddel i bein hos vertebrater. I 1905 studerte de to engelske kjemikerne **Arthur Harden** (1865-1940) og **W. J. Young** hvordan gjærceller bryter ned glukose til alkohol og CO₂ ved fermentering. Harden og Young fant at fosfat er en viktig del av karbonsyklus. De tilførte uorganisk fosfat under gjæringen. Da økte gjæringen og samtidig forsvant noe fosfat. De fant fruktose-difosfat, eller Harden-Young ester. Harden fikk nobelprisen i kjemi i 1929 for dette arbeidet. Høyenergifosfater lagrer energi og er viktige intermediater i metabolismen. Den mest kjente av høyenergifosfatene ATP, isolert fra muskel, ble oppdaget i 1929 av den tyske biokjemikeren **K. Lohmann**. Lohmann fant at spalting av sukker ikke skjedde uten tilstedeværelsen av en utstabil forbindelse, ATP. **Otto Heinrich Warburg** fant i 1939 at syntese av ATP skjer i en nedoverbakkereaksjon. Høyenergifosfater er energipakker, noe som ble klart ved arbeidet fra den tysk-amerikanske biokjemikeren **Fritz Albert Lipmann** i 1941.

Enzymer - proteiner som biologiske katalysatorer

Det var en intellektuell barriere på den tiden å kunne forstå at store proteiner er biologiske katalysatorer. Svensken **Theodor Svedberg** (1884-1971) fra Uppsala konstruerte en ultrasentrifuge som gjorde det mulig å bestemme molekylvekten til proteiner. Svedberg utviklet ultrasentrifuger fra oljeturbiner med sentrifugalkraft på 100.000 ganger gravitasjonskraften når rotoren gikk 45.000 omdreininger per minutt. Den engelske biokjemikeren **Frederick Sanger** (1918-) fant en metode for å bestemme aminosyresekvensen i proteiner. Aminosyresekvensen i et protein har en terminal

aminosyre med en fri aminogruppe, mens den andre enden har en fri karboksylsyre, henholdsvis N- og C-terminal aminosyre. Sanger fant et stoff DNP som fester seg til den N-terminale aminosyren blir gulfarget. Han kunne derved bestemme aminosyresekvensen til proteinet insulin. Sanger fikk nobelprisen i kjemi i 1958 for arbeidet med å bestemme strukturen til proteiner. Sanger utviklet også metoder for å sekvansere RNA og DNA, og for denne oppdagelsen fikk han en ny nobelpris i kjemi i 1980 sammen med **Walter Gilbert** og **Paul Berg**.

Den amerikanske kjemikeren **Linus Pauling** (1901-1994) studerte den tredimensjonal struktur til proteiner. Pauling hadde tidligere gjort studier av sykdommen sigdcelleanemi. Han påpekte faren ved testing av atomvåren i atmosfæren. Pauling ble også kjent for det omdiskuterte forslaget om megadose behandling med vitamin C mot forkjølelse. Spiral- og bindingsstrukturen i proteiner ble undersøkt med røntgenkrystallografi utført av **Max Perutz** (1914-) og **John C. Kendrew** (1917-). Aminosyrekjeden er en alfaheliks, og hydrogenbindinger mellom aminosyrene gir opphav til spiralstrukturen.

I 1926 krystalliserte **James Batcheller Sumner** (1887-1955) enzymet urease fra Jackbønner (*Cananvalia ensiformis*). Urease er et enzym som spaltet urea til karbondioksid og ammoniakk. Sumner fikk nobelprisen i kjemi 1946 for dette arbeidet.

John H. Northrop og **M. Kunitz** krystalliserte trypsin og pepsin, og viste at disse var proteiner. I begynnelsen var det en proteinteori for gener. Enzymer er katalysatorer som øker hastigheten på kjemiske reaksjoner. Respirasjon er en kjede av biokjemiske reaksjoner hvor levende celler omsetter drivstoffmolekylene karbohydrater, fett, og organiske syrer. Avfallsproduktene er karbondioksid og vann. Elektroner og protoner fra de organiske molekylene blir overført til oksygen i en oksidasjon, og danner vann.

Genetikkens historie

Mennesket har alltid observert arvelighet, likhet mellom foreldre, barn og søsken. Hva bestemte om det ble gutt eller jente? Sår man bygg så høster man bygg. Arvelighetsforskningens tidsalder startet med **Gregor Mendel** (1822-1884) som gjorde planmessige kryssingsforsøk mellom ulike sorter av erter og bønner. Innbyrdes kryssing mellom hybrider gir i neste generasjon former med de opprinnelige karakterene forent på ny måte etter spesielle tallforhold. Mendel vokste opp i Heizendorf i daværende Mähren (midt-Tsjekkoslovakia). Faren var interessert i fruktdyrking (pomologi), og Gregor lærte seg tidlig å pode og okulere. I 1843 ble Mendel novise i Königin-klostret i Brünn, det nåværende Brno i Tsjekkoslovakia, som på den tiden var et sentrum for kultur og vitenskap. Klosteret tilhørte augustinerstiftelsen St. Thomas. Mendel var glødende opptatt av naturforskning, og samlet frø til sine kryssingsforsøk, bl.a. svever (*Hieracium*). Han gjorde målinger av grunnvannstand og studerte solflekker. Hans interesse for hagebruk gjorde at han også var birøkter og drev med kryssing av bier. Mendel var også en god sjakkspiller og viste anlegg for analytisk tenkning. Han ble ordinert til prest i 1847 og tok etter katolsk skikk navnet Gregor - Johann Gregor Mendel. Mendel studerte ved Universitetet i Wien i perioden 1851-1853 med fagene botanikk, zoologi, fysikk, matematikk, kjemi og geologi. Tilbake til Brünn var han en tid lærer før han ble stiftsabbet, en ledende stilling med mye administrativt arbeid. Allerede som novise hadde Mendel fått anlegge et forsøksanlegg for plantedyrking i klosterhagen. Mendel

registrerte og noterte nøye sine oppdagelser, og gjorde nye krysningsforsøk for å være sikker på at han var kommet til riktige konklusjoner. I 1865 holdt han foredrag om sine oppdagelser i naturforskerforeningen i Brünn. Mendels banebrytende tallforhold fra kryssingsforsøk på erter *Versuche über Pflanzenhybriden (Forsøk med plantehybrider)* ble sendt som en meddelelse til det naturhistoriske selskap i Brünn i 1866, en forening han var leder av for i en periode: *Proceedings of the Brünn Natural History Society (Verhandlungen des naturforschenden Vereines in Brünn)*. Betydningen av dette arbeidet ble ikke oppdaget i en tid preget av darwinistiske tankegang. Mendel informerte botanikeren Carl Nägeli i München, men Nägeli betraktet det bare som en merkelig publikasjon. Mendel hadde valgt hageerter (*Pisum sativum*) som sitt viktigste plantemateriale, med sorter som hadde iøyenfallende forskjeller. Han studerte noen få avvik i karakteregenskaper og så hvordan det gikk med disse egenskapene i de påfølgende generasjoner. Erter har selvbefruktning. Da Mendel skulle krysse erterplanter fjernet han omhyggelig de uåpnede pollenbærerne, og krysset blomstene med pollen fra en erterplante med andre egenskaper. Avkommet i neste generasjon framkom ved selvpollinering. De 7 egenskapene han undersøkte var høye (d) og lave (r) planter. Runde (d) og rynkete (r) erter. Gule (d) og grønne (r) frøblad i ertene. Flat (d) og oppsvulmet avsnørt belg (r). Grønn (d) og gul (r) umoden belgfarge. Akselstilte (d) og endestilte (r) blomster. Mendel kalte egenskapene for faktorer. I parentes er angitt nåtidens fagtermer (d) og (r) for henholdsvis dominante og recessive egenskaper. Krysset f.eks. Mendel erterplanter som hadde henholdsvis konstant hvite og røde blomster fikk avkommet i første filialgenerasjon (F1) bare røde blomster. Rød farge er dominant i forhold til hvit. Hvit er en recessiv vikende egenskap. Selvpollinering av disse erterplantene ga i andre filialgenerasjon (F2) en blanding av planter med enten røde (ca. 3/4) eller hvite blomster (ca. 1/4). Nærmere studier viste at erterplantene med røde blomster er av to typer: 25 % dominante røde og 50 % urene dominante røde. 25 % er hvite. Hvis Mendel krysset høye erterplanter med andre høye planter ble alt avkommet høye. Krysset han lave erterplanter med lave ble avkommet lave. Krysset han korte med lange ble alle i første filialgenerasjon lange, men krysset han plantene i første filial med hverandre fikk han forholdetstallet 3:1 for høye og lave planter. For å kunne forklare dette antok han at hver av foreldrene inneholdt to faktorer, en for hver av den arvelige egenskapen høyde. Lignende resonnement brukt han for blomsterfarge, farge på frø og belg, endestilte og sidestilte blomster, og frøformen glatt eller rynket. En faktor blir arvet fra faren og en faktor fra moren. Mendel fant ut at en faktor maskerte uttrykket av den andre faktoren når de var tilstede sammen, altså dominant versus recessiv. Resultatene ble kjent som arvelovene. Resultatene med erter baserte seg på 355 krysninger og 12980 avkom. *“Je grösser ihre Anzahl, desto genauer wird das bloss zufällige eliminert”* Mendels første lov omhandler spaltning av egenskapene og arveanleggenes selvstendighet. Informasjonen ligger i kjønnene, og de to faktorene for hver egenskap bli atskilt og ender i forskjellige celler hos hunnplanter og hannplanter. Andre arveloven tar for seg uavhengig sortering av arveskaper. Faktorer for et sett av uavhengige egenskaper fra morplanten og farplanten blir atskilt uavhengig av hverandre, og hver kjønnselle får en tilfeldig samling av faktorer fra moren og faren. Mens Darwins arbeider raskt ble kjent ble Mendels epokegjørende arbeid oversatt i 35 år. Etter at Mendel hadde gjort sine epokegjørende krysningsforsøk fortelles det at frøbiller som spiste opp ertene ble et problem. Mendel drev også krysningsforsøk med andre arter som fioler, tistler, kongsløys, bønner, levkøy, mais og svever. Svever var meget vanskelig materiale å arbeide med siden de er apogame. Marikåpe og fjellkattefot har partogenese, men ingen plante var så velegnet som erter. Mendel ble hyllet ved begravelsen som prelat og velgjører, men ingen skjønnte hvilken genial naturforsker som ble begravet. Mendel, grunnleggeren av moderne

arvelighetsforskning og gjennom nøyaktige beregninger oppdageren av lover for nedarving av egenskaper og som bærer hans navn. Det ble reist et marmormonument over Mendel i 1910, og nederst på monumentet er det en knelende mann og kvinne som rekker hverandre sine hender.

Gjenoppdagelsen av Mendels arbeid ble gjort, uavhengig av hverandre, av botanikerne **Hugo Marie de Vries** (1848-1935), en nederlander, og tyskerne **Carl Erich Correns** (1864-1933) og **Erich von Tschermak** (1871-1962), som studerte hybridisering hos planter. I samme bind av tidsskriftet *Berichte der Deutschen botanischen Gesellschaft* (1900) redegjør de for sine oppdagelser Mendel forskningsresultater kunne forklare hva de fant. Correns påviste ved krysningforsøk med rødgallebær, som har egne hannplanter og hunnplanter, at avkommet får likt antall hann- og hunnplanter. Han sammenlignet med svartgallebær som har hann- og hunnblomster på samme plante. Correns studerte også hybridisering av mais, bønner, erter og liljer. Correns krysset rød- og hvitblomstret mirakelblomst *Marabilla jalapa* som hver hadde konstant avkom. Kryssingen gir planter med lyserøde blomster, uavhengig av om rød eller hvit var morplante. Disse lyserød ble selvbestøvet og avkommet ble 1/4 røde, 2/4 lyserøde og 1/4 hvite. I F3 generasjonen gir de hvite og røde avkom med henholdsvis hvite og røde blomster, det er bare de lyserøde heterozygotene som kløyver i forholdet 1:2:1. Hybriden Aa har to typer gameter. I tillegg gjorde Correns studier av selvsterilitet hos engkarse i 1913, bladvariegering og cytoplasmatisk arv.

Det skulle seinere vise seg at runde erter hadde mange vanlige stivelseskorn, og at rynkete erter hadde få og kantete (rynkete) stivelseskorn, og de allelene Mendel studerte var for et greiningsenzym i syntesen av stivelse. Rynkete erter laget mindre mengde stivelse, men desto mer sukker som gjorde at cellene svulmet opp pga. osmose, og når ertene tørket ble de rynkete. Man fant det samme hos mais som finnes i mange varieteter. Runde maiskorn har vanlig stivelse, mens rynkete og glassaktige maiskorn har et høyt sukkerinnhold, sukkermais. Allelene for høye og lave erteplanter skulle det vise seg kodet for et gen i synteseveien av plantehormonet gibberellin som påvirker strekningen av planter. Grønne erter skyldes et allel som gjør at klorofyllase ikke bryter ned klorofyll.

En ny vitenskapsgren, mendelisme, dannet grunnlag for opprettelse av egne institutter hvor det ble arbeidet med arvelighetsforskning. Før hadde det vært mange rare forestillinger om arv. Hvis en gravid kvinne så en hare kunne ungen få hareskår (Jfr. Knut Hamsun: *Markens grøde*). Hvis en øks stod i hoggestabben kunne det også gi hareskår. Brente en gravid kvinne seg kunne barnet få ildmerke. Tidligere skjulte sammenhenger materialiserte seg og ble forklart. Plante- og dyreforedling kunne bli mer målrettet. En hybrid eller bastard er betegnelsen på avkom fra krysning av heterozygote individer. Fra tidligere kjente man til bastarder fra dyr. Botanikerne bruker betegnelsen hybrid. Man satte et kryss (X) mellom foreldrene, og er morplanten kjent settes denne først, ellers settes de alfabetisk. Foreldrene i første krysning kalles parentalgenerasjonen (P-generasjonen, l. *parentes* - forelder). Avkommet i første krysning kalles første filialgenerasjon (F1) (l. *filius* - sønn, *filia* - datter). Hvis F1-planter selvpollineres eller krysses innbyrdes kalles avkommet F2-generasjonen. I 1910 ble Det Mendelska sällskapet stiftet i Lund i Sverige og som utga tidsskriftet *Hereditas*.

Hva går i arv ?

Hva går i arv og hvordan blir arven overført til nye generasjoner ? Hva er årsak til variasjon hos fenotypen (gr. *phaino* - vise seg, framtoning) og genotypen (gr. *gennaio* - avle) ?

Genotypen er individets faste arvelige grunnlag og fundament, mens fenotypen er utseende som genotypen koder for. En organisme kan utvikle seg forskjellig avhengig av ytre forhold. En plante som settes i god jord med rikelig gjødsel og vann vokser seg stor og frodig, men når et individ av samme arten vokser på skinn og tørr jord blir den liten, gulgrønn og stusselig. Planter som utvikles i mørke blir forskjellig fra dem som utvikles i lys. Næringstilgang og lys påvirker form.

Når man deler en plantetue i to, er det selvsagt for oss at plantene som vokser opp fra tua blir like. I slik vegetativ formering er det større eller mindre plantedeler som gir opphav til en ny plante. Tidligere var det ikke selvsagt at det skulle kunne lages et avkom som lignet foreldrene etter en krysning med kjønnsceller. På siste halvdel av 1800-tallet ble mikroskopiteknikkene forbedret med apokromatiske linser laget av **Abbé**, og nye fargestoffer som haemtoxylin, carmin og anilinfarger. Dette ga muligheten for studier av kromosomer. **Pringsheim** oppdaget i 1856 at sperm gikk inn i den hunnlige cellen. **Bütschli** så i 1873 to kjerner i et befruktet egg. I 1883 undersøkte den belgiske biologen og cytologen **Edouard van Beneden** rundormen *Ascaris* fra tarmen hos hester. *Ascaris* har bare to kromosomer, og Beneden så at hver av foreldrene bidro med ett kromosom. **Boveri** og **Hertwig** fant at reduksjonsdelingen også skjedde i planter, først kalt meiosis. **Strasburger** oppdaget i 1884 at en naken spermkjene kan trenge inn i egget og fusjonere med kjernen. Strasburger innførte kjerneidioplasmateorien, det vil si arvemassen (idioplasma) er lokalisert i cellekjernen. Franskmannen **E.G. Balbiani**, som ga navnet til Balbianiring, observerte kromosomer i kjernen og kalte dem *bâtonnets*, staver, og de ble omdøpt til kromosomer i 1888. Kromosom betyr fargelegeme, som kan gjøres synlige med spesielle fargeteknikker.

Den danske genetiker og plantefysiolog **Wilhelm Ludvig Johannsen** (1857-1927) kalte de arvelige elementene for gener. Johannsen var en dansk plantefysiolog og genetiker. Han skrev boka *On heredity and variation* (1896). Johannsen startet sine klassiske studier av bønner og bygg i 1898. Arbeidet endte med oppdagelsen av rene linjer. Et individ med to like gener, allelomorfer, ble av Bateson kalt for homozygot. Ulike gameter ga en heterozygot. En ren linje var alle individer som nedstammet fra ett og samme homozygote individ og som bare hadde forplantet seg gjennom selvpollinering. Johannsen brukte bønner med selvbe-fruktning som forsøksmateriale. Det betyr at alle bønner i en belg bare har en forelder. Med bønner som utgangsmateriale krysset han fram rene linjer. For hver linje valgte han ut tunge og lette frø som utgangspunkt for nye underlinjer. Han beregnet frøvekten for hver generasjon. Det viste seg at det ikke var noen forskjell i frøvekt fra avkom fra lette eller tunge frø. Kryssing av rene linjer med tunge bønnfrø med lett bønnfrø fjernet raskt forskjellen mellom dem. Johannsen oppdaget det klare skille mellom genetiske faktorer og omgivelseseffekter på en organisme, det vil si genotypen versus fenotypen. Johannsen fremsatte hypotesen om at det er en grense for hva seleksjon kan gi av endring i en populasjon. F.eks. vekten av bønner økte i starten av seleksjonen, men så flatet effekten ut. En av det første bøkene i genetik var Johannsens *Elements of genetics* fra 1905. Samme år ble Johannsen direktør for Plantefysiologisk institutt ved Universitetet i København. Bønner hadde selvbe-fruktning analogt til Mendels erter. I *Elemente der exakten Erblchkeitslehre* fra 1909 tok Johannsen i bruk begrepene gen, genotype og fenotype. Arveanleggene som et individ mottar ligger i foreldrenes kjønnsceller, og kromosomene er bærere av arveanlegg. Avkommet arver like mye fra hver av foreldrene. Reaksjonsmulighetene ligger i genotypen, men selve reaksjonen på de ytre betingelsene gir fenotypen. En organisme blir påvirket av det ytre miljø. På godt gjødslet og vannet jord blir plantene frodige og høye, men på skinn mager jord blir de små. Et vindpåvirket tre får forskjellig form fra et i vindstille. Vannsoleie har

oppdelte blad under vann, men lite oppdelte flyteblad. Hos vass-slirekne finnes bladene i landform og vannform. Planter som vokser i mørke blir etiolerte. Toårige planter som overvintrer varmt i veksthus, fortsetter vegetativ vekst neste sommer uten å blomstre.

Herman Nilsson-Ehle (1873-1949) var en svensk genetiker og botaniker som arbeidet med flere likevirkende gener. Han fant ved kryssning av svarthavre og hvithavre, med henholdsvis brune og hvite agner, ikke et 3:1-forhold, men rare kløvingstall f.eks. forholdet 12:3:1 (dihybrid kløving) som var et modifisert 9:3:3:1 forhold. Forholdstallet 63:1 oppstod ved trihybrid kløving. Han viste at mange dominante gener som tilhørte forskjellig allelpar virket på den samme ytre egenskap. Nilsson-Ehle oppdaget at noen kornsorter var resistente mot havreål, og at resistensen viste kløyvingsmønster etter kryssing, med andre ord, var arvelig. Et gen kunne også påvirke flere egenskaper, pleiotrope effekter.

Artsdannelse og evolusjon

Er artene gitt i utgangspunktet eller kan nye arter utvikle seg fra de gamle? Det var ikke uten videre lett å se at det var en utviklingsprosess som pågikk. Det fantes arter som var spredd over hele jorden, og de så tilsynelatende like og uforanderlige ut. Studerer vi gensekvensene idag finner vi at de er forskjellige. Stadig fant man nye mellomformer som brikker i evolusjonens puslespill.

Darwin og Wallces evolusjonsteori om artenes opprinnelse forklarer hvordan utviklingen skjer. Den drivende kraften i artsdannelsen er naturlige utvalg. Dette forutsetter at egenskapene kan nedarves, og at det er variasjon mellom individer. "Vi er alle født ulike". Evolusjonen er blind og ikke målrettet, og det finnes ingen "livskraft" som fører artene framover mot en mål. Darwin fjernet gud som den store skaperen av liv og orden i universet.

Darwin og Wallace hadde ikke sett kromosomer. Hvis orienteringen av kromosomene fra begge foreldrene er tilfeldig vil en økning i antall kromosomer gi en meget stor økning i mulige kombinasjoner av kromosomer. Antall kombinasjoner vil være 2^n , hvor n er det diploide kromosomtallet. F.eks. vil 18 kromosomer gi 262144 kombinasjoner. Ved begynnelsen av 1900-tallet pågikk det en diskusjon om arv er kontinuerlig eller diskontinuerlig. Diskontinuerlig variasjon betyr variasjoner i lett gjenkjennbare diskrete former, men ingen flytende overgangsformer mellom dem. Kontinuerlig variasjon skyldes gradvis endring av en ekstrem karakter gjennom middeltypen til den andre ytterlighet. Hvilke typer egenskaper kan nedarves, hvilke blir påvirket av omgivelsene og som naturlig seleksjon kan virke på? Darwin mente at variasjonen blir nedarvet.

Tyskeren **Ernst Heinrich Haeckel** (1834-1919) var tysk zoolog og naturviter ved universitetet i Jena. Han ble tidlig inspirert av Darwin og laget et evolusjonstre med utgangspunkt fra de mest primitive organismene kalt Monera. Haeckel skrev *Riddles of the Universe* som gikk i store opplag, og *General Morphology - founded on the Descent Theory*. Haeckel forsøkte å vise at alle flercellede organismer kommer fra et felles opphav. Haeckels biogenetiske rekapituleringslov sier at alle organismer i embryostadiet passerer gjennom hovedtrinnene i den fylogenetiske historien til arten. Tanken var at, ontogenesen, studiet av organismene fra embryo til voksen ville inneholde en miniatyrhistorie av evolusjonsprosessen. Morfologien skapte familietrær, og Huxley foreslo et fylogenetisk utviklingstre som plasserte mennesket sammen med store afrikanske aper som sjimpanse og gorilla. Haeckel definerte ordet økologi i 1866. Haeckel skrev *Generelle Morphologie* (1866) og introduserte begrepene økologi- studiet av levende organismer i forhold til hverandre og miljøet omkring, og fylogeni. Haeckel,

Hooker, John Tyndall, Herbert Spencer var sammen med **Thomas Henry Huxley** (1825-1895), sistnevnte kalt "Darwins bulldogg", gode talsmenn for Darwins idéer.. Huxley var selvlært spesialist i paleontologi og anatomi, og mente at vitenskap må være uavhengig av teologi. Han ble beskyldt for å være ateist, men Huxley innførte begrepet agnostisk, en som verken tror eller ikke tror. Huxley var på reise med HMS *Rattlesnake* (1846-50). Et diskusjonsmøtet i British Association for the Advancement of Science i 1860 mellom Huxley og erkebiskopen i Oxford Samuel Wilberforce vakte oppsikt. Det er litt omdiskutert hva som ble sagt på møtet, men ble et symbol på konflikten mellom darwinisme og kreasjonisme. Wilberforce, en sarkastisk og såpeglatt debattant, også kalt "Soapy Sam", forsøkte latterliggjøring og spurte om Huxley nedkom fra apene på hans bestemors eller bestefars side, hvorved Huxley svarte "I would rather be the offspring of two apes than be a man afraid to face the truth". Huxley skal visstnok også ha sagt på møtet at han heller ville ha en ape til bestefar, enn en mann med innflytelse og makt som brukte disse til å introdusere latterligheter inn i en alvorlig vitenskapelig diskusjon. Ifølge en annen versjon ville Huxley heller ha en ape enn en biskop til bestefar. Det var personlige angrep, "oss mot dem". Joseph Dalton Hooker, assisterende direktør i Kew var også på møtet. Huxley og Hooker versus Wilberforce og Owen, vitenskap versus teologi, lys versus mørke, sannhet versus ignoranse. Huxley skrev *Zoological Evidences as to Man's Place in Nature* (1863). Hooker var en god og lojal hjelpesvenn for Darwin. Hooker giftet seg med datteren til John Stevens Henslow, professor i botanikk ved Cambridge.

Ofte var det yngre liberale biologer som støttet Darwin og som hadde forkastet tradisjonell religion. Det var lettere for feltbiologer å se at Darwin måtte ha rett, enn for de som arbeidet i laboratoriene og kanskje ikke hadde festet seg ved artsmangfoldet og den store biologiske variasjonen. Darwin forklarte ikke sammenhengen mellom variasjon og arv. Dette kom først ved gjenoppdagelsen av Mendels krysningsforsøk med erteplanter. Darwinister i Tyskland var **Anton Kerner** (1831-1898), **Fritz Müller** (1821-1897), **Karl Semper** (1832-1893) og **August Weismann** (1834-1914). I tusenvis av år var det kjent at parring var nødvendig for å få avkom, men betydningen var dunkel. Den tyske zoologen A. Weismann gikk sterkt imot Lamarchismen om at ervervede egenskaper kan nedarves. Arv gir kontinuitet mellom generasjoner. Vegetative celler (somatiske celler, *soma* - kropp) ivaretar individets behov, men kjønnsceller (gr. *gamos* - bryllup) er gameter som deltar i forplantning av individet. Idioplasma (arvemassen) går fra celle til celle via celledelingen, og det er cellegenealogi, et kontinuerlig bånd og ubrutt linje mellom generasjonene. Weismann fant at arvematerialet, kimplasma, befinner seg i cellekjernen. Idioplasma er atskilt fra soma. **Walter Flemming** (1843-1915) fant trådlignende strukturer i cellekjernen som kunne bli farge med fargestoffer. Trådene, kromosomer, ble av Weismann kalt kromatin. Cytologien omhandler kromosomer og synlige cellulære strukturer. Evolusjonen gir årsaken til forandring, og embryologien til differensiering. **Fritz Müller** oppdaget at krepsdyr har et larvestadium som nauplius, zoea eller mysis.

Fra begynnelsen av 1900-tallet var mutasjonsteorien til den hollandske botanikeren og planteforedleren **Hugo de Vries** (1848-1935) enerådende. Vries var elev av Sachs i Würzburg. Vries publiserte boka *Die Mutationstheorie (The Mutation Theory)* (1901), og baserte seg på forsøk med bredbladete og dvergformer av *Oenothera lamarckiana*, som har 14 kromosomer, og den autopolypløide *Oenothera gigas* med 28 kromosomer. Ved selvpollinering ga begge rene linjer, men ved kryssning ga de tre typer som skilte seg i blomsterfarge og bladform. Vries og Bateson fornektet ikke Darwins teori om naturlig seleksjon, men de trodde at nye arter oppstod brått ved mutasjon, ikke som Darwin mente, ved en gradvis forandring. De mente at den kontinuerlige variasjonen var et resultat av omgivelsesfaktorene og ikke skyldtes arv. Kryssing og formering gir variasjon, og var en

ny måte å studere evolusjonsbiologi på gjennom eksperimenter. *The Mutation Theory* ga mutasjon som et alternativ til Darwins teori om naturlig utvalg. Nye arter kunne oppstå gjennom variasjoner (mutasjoner). Darwin kunne ikke forklare hvordan nye variasjoner som oppstod ikke ble tynnet ut ved kryssing. Vries mutasjonsteori kunne forklare hvordan en art kunne oppstå direkte fra en annen i løpet av en generasjon, og kunne derfor også forklare motargumentet om at jordas alder var kort til å kunne forklare den enorme variasjonen som fantes hos planter og dyr. Teorien kunne også forklare de paleontologiske hull og gapene i fossilrekkene. Biogeografien viste ulik fordeling av planter og dyr på jorda. Isbjørn som spiste sel fantes i Arktis, men ikke Antarktis. Planter og dyr på øyer er mest lik artene på det nærmeste kontinent. Darwin var usikker på om geografisk isolasjon var nødvendig for at to populasjoner skulle utvikle seg til to forskjellige arter. Ifølge Vries var slik isolasjon ikke nødvendig. En ny art kunne oppstå fra en annen art i løpet av en generasjon. Misforståelse skyldes også definisjonen av hva en art var for noe. Taksonomi ble redusert til studiet av arter og plassering av dem i kunstige kategorier. Det kunne være endeløse diskusjoner om en plante var en eller to arter. Et motargument mot mutasjonsteorien var at man bare fant Vries mutasjoner hos *Oenothera*. Studiet av kromosomene i *Oenothera* viste at de var meget spesielle, og at det var komplekse rekombinasjoner av eksisterende karakterer. Rekombinasjon vil si at kromosomene blir kuttet og deler utvekslet ved overkrysning. Overkrysning er mindre sannsynlig for loci som ligger nær inntil hverandre, sammenlignet med de som ligger langt fra hverandre. Vries hadde også gjort viktige undersøkelser av temperatur og osmotisk konsentrasjon på cellvekst og permeabilitet av cellemembraner. Ennå manglet det endelig beviset på at en art kan oppstå ved seleksjon av små individuelle variasjoner. På begynnelsen av 1920-tallet ble mutasjonsteorien forkastet.

Biometri, statistikk og neodarwinisme

Studier av genetikken hos bananflue (*Drosophila melanogaster*) viste at det fantes mange små mutasjoner i populasjonen uten å lage artsforandring. Biometrien forsøkte ut fra målinger av synlige karakterer og statistisk analyse av disse innsamlede numeriske data å si om variasjonen er kontinuerlig eller diskontinuerlig. Biometrikk brukte med seg statistiske begreper og tenkemåte inn i biologien ved å se på populasjonstilnærming av arv og studier av store populasjoner, noe som gjorde det mulig å studere endringer i genfrekvenser fra en generasjon til den neste. Budskapet var at man måtte se på arv i populasjoner og ikke hos enkeltindivider. Individuer fødes, lever, reproducerer seg hvis forholdene ligger tilrette og dør deretter. Mennesket har en generasjonstid på 20 år, mens en bakterie har generasjonstid på 20 minutter. Individene utvikler seg ikke, men populasjonene lever og utvikles. Evolusjonen skjer over generasjoner. Alle populasjoner har en skjult variasjon, og det skjer en endring i statistisk frekvens av egenskaper. Variasjonen kan undersøkes ved å studere populasjonen ved forskjellige årstider og reproduksjonsstadier. Det ble mulig kvantitativt å atskille genetisk variasjon fra omgivelsesindusert variasjon. Seleksjon er faktoren som bestemmer muligheten for gener å passere fra en generasjon til den neste. Resultatene viste Gauss normalfordeling (**Johann Carl Friedrich Gauss** 1777-1855), som understøttet teorien om kontinuerlig variasjon. Variasjon kan også være diskontinuerlig. Begrep som gjennomsnitt, mode og standardavvik kunne brukes til å beskrive variasjonen. Plante- og dyreforedling baserer seg på å plukke ut fra variasjonen individer med ønskede egenskaper og oppformere disse. Det var imidlertid vanskelig å vise at denne variasjonen var nedarvbar. Dessuten

var det forskjeller mellom populasjoner fra en lokalitet til en annen, noe som kunne tyde på diskontinuerlig variasjon. Ved århundreskifte visste man ikke hva opprinnelsen til variasjon var. Hvilke typer variasjon kan nedarves? Hva betyr isolasjon og seleksjon? Hva er en art? Dette førte fram til idéen om at arvelig variasjon er diskontinuerlig, mens omgivelsesindusert variasjon var kontinuerlig og ikke arvbar. Mendels studier med erter viste diskontinuerlig variasjon, men **Francis Galton** (1822-1911), grunnleggeren av biometrien, fant en kontinuerlig variasjon. Galton innførte statistisk metodikk i studiet av variasjon av hele populasjoner, og skrev *Natural inheritance* (1899). Galton konstruerte et fortunaspill hvor kuler kunne passere et sett med nåler og samlet seg nederst etter statistisk normalfordeling. **William Bateson** (1861-1926) ble professor i genetikk ved Universitetet i Cambridge i 1909, og leder for det nyetablerte John Innes Horticultural Institution i 1910. Bateson var interessert i Mendels arbeid og fikk det oversatt til engelsk i 1901 (*Experiments on Hybrid Plants*). I boka *Mendel's Principles of Heredity: A Defense* gikk han til motangrep mot biometrikske tankeskolen ledet av **W.F.R. Weldon**. Bateson drev eksperimentell krysningforsøk og publiserte *Materials for the study of variation* (1894). Han fant at kryssing blant dyr eller planter følger Mendels lover. Sammen med Edith R. Saunders drev Bateson krysningstudier av hanekeam (*Lychnis*), noen glatte og noen med hår, og resultatet i avkommet kunne forklares med monohybrid krysning. Bateson krysset også salvie (*Salvia*) med røde og hvite blomster og fant fiolette blomster i F1-generasjonen. Han gjorde også krysning med flatbelg (*Lathyrus*) og *Matthiola*, samt studerte formen på kammen hos høner. Bateson brukte navnet zygot om individet fra det befruktete egget. Han brukte heterozygot og homozygot om individer med henholdsvis forskjellige eller like arvefaktorer for et arvefaktorpar. Begrepet allelomorf brukte Bateson om arvefaktorene dvs. det samme som alleler, og han introduserte også navnet genetikk som navnet på den nye vitenskapen. Avkommet i første generasjon etter kryssing blir kalt filialgenerasjonen (l. *filiius* - sønn, *filia* - datter), forkortet F1. F1 planter som blir selvpollinert eller krysses innbyrdes gir F2-generasjonen. De første kryssede plantene blir kalt foreldergenerasjonen eller parentalgenerasjonen (l. *parentes* - forelder), betegnet P-generasjonen. For eksempel to gener i par, A og a, ble av Bateson kalt allelomorfer, forkortet alleler.

Praktiske planteforedlere fikk med Mendels forskning et verktøy til å studere og forutsi forholdstall og hvilke type avkom en kunne forvente fra en kryssing. Mendels tilbakekryssing ved å krysse et dominant avkom for en egenskap med recessive foreldre kunne forutsi om det var en hybrid eller ren linje. The American Breeders Association oppstod i 1903. Det var mye motstand mot Mendels teori før den endelig ble akseptert. **Yule** (1873-1949) la et videre grunnlag i 1907 ved å foreslå at Mendelisme kunne forklare kontinuerlig variasjon ved at en rekke gener virket kumulativt. Slik type arv var funnet av **H. Nilsson-Ehle** med sin multippel genhypotese for kvantitativ arv. Første eksemplet på statistisk tenkning ble gjort av Mendel. Likevektsbegrepet lå i tiden. Fysiologenes systemlikevekt, homeostase, og evolusjonsbiologenes likevekt. Stabilitet kunne oppnås gjennom dynamisk påvirkning, selv om perfekt stabilitet ikke fantes. Det var den engelske matematikeren **G. H. Hardy** (1877-1947) som i 1908, og uavhengig av tyskeren **Wilhelm Weinberg** (1862-1937), oppdaget at Mendels 1:2:1 (3:1), eller andre slike forhold, ville være stabile fra en generasjon til den neste hvis det skjedde tilfeldig kryssing. Forholdet ville være konstant hvis det ikke oppstod seleksjon eller ikketilfeldig kryssing. Antall heterozygoter ville forbli konstant hvis det var tilfeldig utskryssing og antall heterozygoter vil synke hvis det var innavl. Den britiske statistikeren og genetikeren **Ronald Aylmer Fisher** (1890-1962) var med å forene de to forskjellige biostatistiske skoler. Fisher arbeidet først ved Rothamstead Experimental Station, men fikk etter hvert en stilling i genetikk ved Universitetet i Cambridge. Fisher skrev *The Genetical Theory of*

Natural Selection (Den genetiske teori for naturlig utvalg) i 1930, hvor han koblet sammen teoriene til Mendel og Darwin og la grunnlaget for populasjonsgenetikken. Fisher så på seleksjonsprosessen som et hele, men Fishers modeller hadde ikke som mål å forklare hele evolusjonsprosessen. Fisher fjernet forstyrrende elementer som migrasjon, isolasjon, rekombinasjon. Malthusparameter var et mål på reproduktiv verdi av individene i alle stadier av livssyklus. Fisher fant at opplysninger om reproduktiv kapasitet i populasjonen med angitte biologiske og omgivelsesparametere kunne forutsi vekstraten til en populasjon. Han definerte genetisk variasjon kvantitativt. Fishers bok i statistikk, *Statistical Methods for Research Workers* som kom ut i 1925, ble svært populær. Genetikeren og fysiologen **John Burdon Sanderson Haldane** (1892-1964), (sønn av den engelske fysiologen **John Scott Haldane** (1860-1936)), og Fisher bidro til å samle evolusjon, genetikk og feltbiologi. Haldane utga i 1932 *Causes of Evolution (Evolusjonens årsaker)*. Sammensmelting av Darwins og Wallace evolusjonsteori og Mendels genetikk ga en ny samlende teori kalt **neodarwinisme**. Haldane utvidet Fischers modeller med andre faktorer som fullstendig og ufullstendig dominans, tilfeldig versus selektiv pardannelse, og selvbefruktning versus kryssbefruktning (flytende overgang). J.B.S. Haldane arbeidet også med enzymreaksjoner og skrev *Enzymes* (1930). Amerikaneren og populasjonsgenetikeren **Sewall Wright** (1889-) kunne bygge videre på modellene til Fischer og Haldane, og gjorde kvantitative undersøkelser av hvilke faktorer som påvirket genetisk likevekt. Hva kan forstyrre den genetiske likevekten fra en generasjon til den neste ? Wright studerte migrasjon, mutasjon og seleksjon og hvordan disse faktorene virket på grupper av gener, gener i et miljø i hele organismen. Det kan skje irreversible endringer i genfrekvenser. Temperatur er en seleksjonsfaktor som varierer med årstidene. Kontrollerte eksperimenter erstattet spekulasjon om hva naturlig seleksjon var. Adapsjon skyldes samvirke mellom mange gener og det totale ytre miljø. Evolusjonsbiologen **Ernst Mayr** (1904-), **Julian Huxley** (1887-), og **George Gaylord Simpson** (1902-) fortsatte arbeidet til Fischer, Haldane and Wright, og økte kompleksiteten i modellene ved å bringe inn flere variable bl.a. økologiske parametere. Først på 1950 og 60-tallet startet molekylærbiologien som skulle lede fram til geneses tidsalder. Darwinismen og neodarwinismen viste seg å bli den vitenskapelige grunnsteinen i det biologiske byggverket. Evolusjonen er en "uintelligent" sløsende prosess, men resultatet er individer som er adaptert til et miljø i endring, og ved adaptiv radiasjon kan disse individene spre seg til nye nisjer. Multiple alleler, reskyffing av gener via rekombinasjon og duplisering av gener og kromosomer er et viktig grunnlag for å skape variasjon. Ikke-adaptiv evolusjon skjer i små populasjoner ved tilfeldig tap av individer (genetisk drift). Det er en selektiv fordel å parre seg med tilnærmet like individer. Er forskjellen mellom individene som parrer seg for stor dannes det hybrider som vanligvis blir sterile. Hvis homozygote foreldre med gode egenskaper parres kan hybridavkommet få forbedrete egenskaper (heterose/hybridstyrke). Genet *pax6* viser hvordan samme gen påvirker øyet finnes hos bananflue, mus og menneske. Klynger med homeotiske gener (*Hox*) styrer utviklingen av kroppen både hos insekter og mennesker. Halsen til giraffen blir lang fordi genene som styrer lengden av halsen virker over lenger tid.

Imidlertid er det en pågående konflikt mellom religion og vitenskap. Kristne fundamentalister ser på evolusjonen som en trussel. I Dayton Tennessee ble **Jolan Thomas Scopes** (1901-1970) i 1925 tiltalt ("The Scopes Trial") og dømt for å ha undervist om "the theory of the simian descent of man" i strid mot delstatslovene. Det var antievolutjonslover i Mississippi, Louisiana, Arkansas og Texas med flere muligheter for "Monkey Trial".

I 1996 kom budskapet fra pave Paul II at evolusjonsteorien ikke strider mot

katolisismen. I Norge ble det i 1985 gjort forsøk på å bringe kreasjonsteorien inn i biologiundervisningen som et alternativ til evolusjonslæren. Det finnes de som tror at mennesket levde på samme tid som dinosaurene ("Fred Flintstone -effekten", etter TV-serien om Fred Flintstone o.a.), og at både mennesket og dinosaurer var med i Noas ark. Noen hevder at biologisk liv og verdensrommet er laget etter en intelligent gudommelig skapelsesplan. Verdensøkonomien er et komplekst selvorganiserende tilfeldig samspill og konglomerat av virksomheter basert på tilbud, etterspørsel og profitt. I det frie marked gir konkurranse mer effektivitet, men mange virksomheter dukker under i "kampen for tilværelsen". Det kan for en utenforstående se ut som verdenshandelen er laget etter en intelligent plan, men det er den selvsagt ikke, like lite som de komplekse biologiske systemer er det.

Atferdsbiologi og sosiobiologi

Atferdsbiologien tar for seg det sosiale samspill mellom individer, og medfødt og tillært atferd.

Darwins *The Expression of the Emotions in Man and Animals* og arbeidene til **Konrad Lorenz** (1903-1989) om preging av gjess, genetisk programmert atferd i kritiske perioder i utviklingen, artsspesifikk atferd, la grunnlaget for faget atferdsbiologi (etologi). Forskjellig fra etnologi som er komparativ antropologi. Lorenz fikk nobelprisen i medisin og fysiologi i 1973 sammen med **Nikolaas Tinbergen** (1907-1988) og **Karl von Frisch** (1886-1982). Sistnevnte studerte atferd, kommunikasjon og sensoriske prosesser. Man fant egenskaper hos dyr som man trodde var forbeholdt mennesker. På 1920-tallet startet det bevegelser for eugenikk og intelligenstesting. Det var **Francis Galton**, fetter til Charles Darwin som innførte begrepet eugenikk. Man mente at avvikende sosial atferd var arvelig og koblet til spesielle etnisk grupper. Mistilpassete individer skulle elimineres for å opprettholde og heve standarden på den menneskelige rase, noe som førte til rasebiologi. Eugenikk hadde sitt grunnlag i sosialdarwinisme. Rasebiologene mente at den menneskelige rase kunne forbedres ved å bli kvitt det uønskede og oppformere det ønskede. Rasebiologene mente at epilepsi, kriminalitet, evneveikhet, alkoholisme, fattigdom, prostitusjon skyldes biologi og dårlige gener. Eugenikken var basert på pseudovitenskap og tjente interessen til fascister, nazister og andre reaksjonære krefter, og la grunnlag for antisemittisme.

Rettsystemet er basert på den fri vilje, enhver er ansvarlig for egen handling, samt det kontradiktatoriske prinsipp (audiatur et altera pars – la også den annen part komme til orde) hvor før dom avsies skal begge parter ha blitt gjort kjent med motpartens påstander, argumenter og bevis. Ifølge sosiologisk kriminologi skyldes kriminalitet sosiale og økonomiske faktorer (sosiale klasser, foreldre, rusmidler, hjemmenvold, ernæring, disiplin). Ifølge biologisk kriminologi kan asosial atferd hos barn skyldes arvelige personlighetstrekk, handling uten å tenke, impulsivitet, liten selvkontroll, sinne og aggresjon. Hjernene kommuniserer via neurotransmittorer og signalstoffer i et komplisert samspill som danner basis for atferd. Deler av atferden har en arvelig komponent. Hvis atferd er styrt av gener har man ikke lenger fri vilje, og slike biologiske teorier er det lett å misbruke politisk. Siden man mente at de utilpassete er assosiale grunnet arvelige faktorer var det ingen grunn til å gjøre kostbare forsøk på å forbedre dem ved utdanning. Man behøver ikke endre samfunnet, de kriminelle blir kriminelle uansett. Hermann Müller og

andre amerikanske og britiske genetikere underskrev *The Geneticists Manifesto*. Sigmoidcellanemi som var utbredt blant afrikanere ble i USA ansett for å være en rasesykdom, og hvis en hvit person hadde sigmoidcellanemi var det et bevis på svart blod. Jfr. Kansas Free Fair 1929. Eutanasi - barmhjertighetsdrap ble akseptert. Siden naturlig seleksjon ikke virket i "avanserte nasjoner" ville det bli en oppsamling av uønskete gener. Mennesker med dårlige gener skulle hindres i å formere seg. Det ble igangsatt positive eugenikk programmer hvor kvinner skulle insemineres med sperm fra individer fra den overlegne rase. Steriliseringsloven fra 1934 støttet opp under et steriliseringsprogram som skulle hindre avvikere fra å få barn. Antropologen **Carl Vogt** (1817-1895) gjorde undersøkelser av kraniet og menn og kvinner og fant at kvinneskallen var mer likt barn. Suksess hos mennesker blir ofte målt som rikdom og ikke som antall avkom. Ellers i biologien snakkes det om reproduktiv suksess. Samarbeid og altruisme har mer betydning enn kamp og konkurranse. **Peter Kropotkin** (1842-1921) skrev *Mutual Aid* (1902) og var anarkist og nihilist. Den sterkeste vinner og den svake underlegne med minst livskraft skal bukke under var budskapet. Presten **Johann Caspar Lavater** mente at nesen kunne si noe om karakteregenskapene (*Physiognomische Fragmente* (1775)).

Neurofysiologer er overbevist om at all menneskelig atferd vil kunne bli forklart av fysiokjemiske samvirkninger i hjernen, i siste instans dreier det seg bare om aksjonspotensialer, neurotransmittorer og hormoner, med tilhørende signaloverføringsveier. **Jean Piaget** (1896-1980) studerte hvordan kunnskap utvikler seg hos barn. Barn kan ikke betraktes som tomme bokser som skal fylles med kunnskap fra en lærer. Barn har en egen forestilling om hvordan verden fungerer. Et klassisk eksempel fra Piaget er når han spør et barn: "Hva lager vind?" Barnet svarer: "Trærne". Piaget: "Hvordan vet du det?" Barnet: De vifter med armene? Piaget: "Men hva lager bølgene på havet?", og slik fortsetter samtalen. Piaget mente at det blir feil å klassifisere alt som enten galt eller riktig. Piaget studerte stadiene i barnas læringsutvikling. Piaget var imidlertid ikke klar over at det ligger kunnskap allerede innebygget i hjernen i utgangspunktet. Lingvistikeren **Noam Chomsky** ved MIT mente i *Syntactic Structures* (1957) at barn ikke kan lære språk ved prøving og feiling, det må finnes en universell grammatikk i hjernen hos alle mennesker. Evnen til språk og grammatikk er medfødt, programmert på forhånd. Hvordan har naturlig seleksjon utviklet språk? Det er et stort gap mellom språket hos mennesker og kommunikasjon hos dyr. Var språket et tilfeldig biprodukt av utvikling av muskler i ansikt og halsstrukturer? Chomsky skrev *Language and Problems of Knowledge* (1988), mente at darwinisme ikke kan forklare all menneskelig atferd, at verbal kreativitet er vel så viktig. Vi lærer mer om livet fra noveller og litteratur enn fra vitenskap og psykologi. Vår atferd er ikke bare bestemt av kultur, og underbevisstheten kan ta beslutninger om handling.

Entomologen **Edward O. Wilson** skrev *Sociobiology; The New Synthesis* (1975) og *On Human Nature* (1978). Wilson, som tidligere hadde arbeidet med maur, ønsket å finne regler for all atferd hos sosiale dyr, og forsøkte å koble darwinisme og sosial atferd hos mennesker. Parringsatferd og arbeidsdeling som en adaptiv respons på evolusjonspresset. Darwin diskuterte begreper som altruisme. Sosiobiologen ble av noen brukt som en vitenskapelig begrunnelse for å forsvare uønsket menneskelig atferd som imperialisme, sexisme, rasisme, vold og krig. Vi kjenner ikke grunnen til kattens lek med musen, eller spekkhoggerens lek med en selunge, men antar at det er en del av jaktatferden. Ondskap og utspekulert grusomhet synes bare å finnes hos arten menneske. Menn tiltrekkes seksuelt av unge vakre kvinner fordi dette er koblet til fertilitet, var en av de omdiskuterte teoriene. Sosiobiologer og evolusjonsbiologer har blitt beskyldt for å animalisere mennesket, men man må ikke glemme at mennesket har en biologisk fortid,

og store deler av den menneskelige atferden har en biologisk opprinnelse. Dette gjelder egenskaper knyttet til kjønn og reproduksjon og vold. Vi må erkjenne vårt opphav som et meget avansert dyr, men til forskjell fra dyrene kan vi styre vår atferd via kulturell påvirkning.

Paleolittisk kunst og hulemalerier fra eldre steinalder som er fra 10.000 - 35.000 år gamle er funnet i Lascaux (Frankrike), Altamira (Spania) og Coa (Portugal). Disse kunstverkene ble laget av Cro-Magnon, det moderne mennesket i Europa. Noen fugl og fisk pynter reiret med fargete gjenstander. Helleristninger og bergkunst er kjent fra Tanum, Østfold og Alta. Er kunstneriske uttrykk hos mennesket rester fra en tidligere atferd knyttet til reproduksjonsbiologi? Atferd styres av nervesystemet. Neurofysiologer, som tar for seg aktiviteten i de forskjellige deler av hjernen og nervesystemet, kan i årene som kommer bidra med å gi svar på hvorfor er vi utstyrt med bestemte typer atferd f.eks. religiøs atferd. Hvilken rolle har religiøs atferd spilt under menneskets evolusjon? Det er gleden over kunst, litteratur, og musikk, og at vi kan styre vår atferd som gjør oss til mennesker. Uten dette er veien til dyreriket svært kort. Derfor er det viktig at kunst, kultur, film, teater, litteratur, og biblioteker ikke blir salderingspost i en tid hvor alt synes å dreie seg om penger og profitt.

Magti rår, og magti er money. Pengehelvite kann me banne; men me sløkjer det ikkje. Minst med petroleum.

“Mennesket hev gløymt å liva”, segjer han. “Livet skulde vera kunst, men hev vort handel. Dei set sitt livsmeining ikkje i arbeidet, men i det dei kann få fer arbeidet; og livskunsten er å snyte seg til den største vinning for det minste verderlag. Og livet vert ikkje skaparglede og arbeidsro, men eit endelaust jag; for livsmeining og sjælefred kann ein korkje kaupe eller snyte seg til; og alt det ein vinn vert for lite”. Arne Garborg. Den burtkomne faderen

Kromosomteori - tiden er moden

Hva var Mendels faktorer? Den amerikanske biologen **Walter Stanborough Sutton** (1877-1916) arbeidet med celler fra gresshopper og kunne se i mikroskopet at homologe kromosomer i mitose og meiose ble atskilt. De arvelige enhetene Mendel postulerte oppførte seg som kromosomene ved meiose og befruktning. Kromosomene hadde en karakteristisk form og det var bare det halve antallet i kjønncellene. Sutton fant at diploide celler i testiklene hos gresshoppe fantes i to morfologisk like sett, hvert kromosom i homologe par. Ved meiose fant han bare ett kromosom fra hvert par. Både Sutton og den tyske biologen **Theodor Heinrich Boveri** (1862-1915) var de første som i begynnelsen av 1900-tallet koblet atskillelse og kromosomene i første stadiet av meiosen med atskillelse og uavhengig sortering av Mendels faktorer. Med forskjellige metoder kom de fram til samme konklusjon, kromosomene er den fysiske enheten for arv. Boveri brukte egg fra både sjøpiggsvin og *Ascaris* i sine studier, og fant at kromosomtallet ble halvert i kjønncellene. Kromosomene er bærere av Mendels faktorer, og genene er fysiske enheter på kromosomene. Et locus er posisjonen et gen har på et kromosom og et allel (allelomorfi) er variasjonen i uttrykket av et bestemt gen.

Diploide planter har i kjernen ett sett av kromosomer fra egget og ett sett fra pollen. Kromosomene i mitosen er lettest å studere i meristematisk vev i skudd- og rotspisser. Celledeling i pollen og frøanlegg er imidlertid av en annen type, en reduksjonsdeling (meiose), hvor kromosomtallet blir halveret. Plantene består av vegetative somatiske celler (gr. *soma* - kropp) og kjønnceller blir kalt gameter (gr. *gamos* - bryllupp). To

gameter gir en zygote. I 1910 fant **G.H. Shull** en monoik plante av rød jonsokkblom blant dioike planter, og kunne gjøre kryssingsforsøk. Mendels faktorer måtte være kromosomer eller deler av kromosomer. Bateson hadde i 1906 sammenhengsgrupper med planter som støttet kromosomhypotesen. **Edmund B. Wilson** (1856-1938) ble en forkjemper for cellebiologien. Wilsons monumentale verk *The Cell in Development and Inheritance* ble utgitt i 1896. **Nettie M. Stevens** (1861-1912) gjorde mange undersøkelser av kjønnskromosomer hos insekter.

Den amerikanske biologen **Thomas Hunt Morgan** (1866-1945) ved Columbia universitetet var i begynnelsen kritisk til Mendel. Morgan stilte spørsmålene om resultatene fra erter kunne overføres til andre organismer. Var kjønnsfaktoren dominant eller recessiv? Kategoriene dominant og recessiv var ikke alltid like tydelig som hos Mendels høye eller lave erteplanter. Det fantes ikke noe bevis på Mendels postulerte faktorer. Endring i Morgans syn kom fra hans arbeid med bananfluer som forsøksmateriale. Bananfluene lever av sopp som vokser på frukt, og har 4 par kromosomer (3 par autosomer og 1 par kjønnskromosomer) som er lette å atskille i mikroskop. Bananfluene blir voksne på 12 dager, trives på en blanding av bananer i melkeflasker, og kan gi 30 generasjoner på ett år. Morgan forsøkte mange typer påvirkning som temperatur, syre og base for å fremskaffe mutasjoner. Et gjennombrudd kom i 1910 hvor han ved bruk av radioaktiv stråling kunne observere en fruktfluehann med hvite øyne, uten at han ville kalle den en ny art. De andre fluene hadde røde øyne, og så krysset han hannen med en hunnflue. Avkommet fikk bare røde øyne, men i neste generasjon dukket hvitøyde fluer opp igjen. Snart hadde han en rekke mutanter. Morgan publiserte *The Mechanism of Mendelian Heredity* i 1915, *Physical Basis of Heredity* i 1919, og *The Theory of the Gene* i 1926. Fluerommet til Morgan og medarbeidere skapte en mekanistisk ramme rundt Mendels teori om arv. Morgan mente at gener er locus på kromosomer og koblete gener ligger på samme kromosom. Morgan skrev boka *Evolution and genetics* som gjorde genetikk til et verktøy for å kunne forstå arv og variasjon. Morgans oppdagelser var fullt på høyde med med Darwin og Mendels epokegjørende arbeider. Fluerommet til Morgan tiltrakk seg biologer fra alle deler av verden.

Herman Joseph Muller (1890-1967), student hos Morgan, oppdaget overkryssning og den mutagene effekten til røntgenstråling, og kunne øke mutasjonsfrekvensen hos bananfluene betydelig. Noen gener er letalgener (Lethal - underverdens elv), gener som gjør at individet dør. Det var **Wilhelm Conrad Röntgen** som i sitt arbeid med katodestrålerøret hadde oppdaget røntgenstrålingen i 1896. Røntgenstrålene trenger gjennom vev og bein og sverter fotografisk film. Muller var en periode i Sovjetunionen, invitert av den genetikeren **Nikolai Vavilov**, men måtte forlate landet etter å ha kritisert Lysenko. Muller kritiserte også atombombep prøver og unyttig bruk av røntgenstråling, som han visste ga mutasjoner. **Alfred Henry Sturtevant** (1891-1970) som begynte å arbeide i Morgans laboratorium sammen med **Calvin B. Bridges** (1889-1938) oppdaget at frekvensen for rekombinasjon henger sammen med avstanden mellom gener på kromosomene, grunnlaget for de første genkart. Lenking vil si at forskjellige gener som ligger etter hverandre på samme kromosom kan nedarves sammen. Bridges ble kreditert oppdagelsen av den hvitøyete bananfluehannen, og han oppdaget også at det kunne oppstå feil i atskillelsen av kromosomer under reduksjonsdelingen (meiosen). Mange gener kan påvirke samme karakter: øyefarge, vinform og kroppsfasong hos bananfluene. **Painter** fant i 1933 kjempestore spyttkjertelkromosomer med båndmønster hos bananfluene.

Hvordan kan en arvbar faktor påvirke og kontrollere kjemiske prosesser i cellen? En morfologisk komponent er ikke nok. Det måtte også være en fysiologisk forklaring. Mange

klarte ikke å atskille forskjellen mellom den arvbare partikkelen selv, genotypen, og den utseendemessige karakter, fenotypen, slik som Wilhelm Johannsen hadde påpekt. Organismene arvet ikke karakterer, men bare den genetiske komponenten for karakteren, altså potensialet for karakteren. Hvordan kunne gener gi effekter ? **Richard Goldschmidt** (1878-1958), direktør ved Kaiser-Wilhelm Institut für Biologie, stilte spørsmål om genes funksjon, ikke bare den fysiske organisering av gener på kromosomene, og han så hele kromosomet som en integrert del av metabolismen. Goldschmidt mente at genet måtte være en kjemisk enhet. Goldschmidt skrev *Physical Genetics* i 1938. Det var andre kilder til variasjon enn mutasjon: kromosombrudd, rekombinasjon, duplikasjon, inversjon, delesjon. Rekombinasjon lager nye grupperinger av karakterer som ikke har eksistert før i den samme organismen. Noen gener kan endre uttrykket av andre gener. Den skjulte variasjonen inneholder et lager av egenskaper som kan gi fordeler under endring av omgivelsene i framtiden. Det meste av variasjonen skyldtes små endringer og variasjonen kan nedarves. **Theodosius Dobzhansky** (1900-1975) var elev av Chetverikov og emigrerte fra Russland til Morgans laboratorium ved Columbia universitetet, og ble amerikansk statsborger i 1937. Dobzhansky skrev *Genetics and the Origin of Species*, utgitt i samme år, hvor han laget en "moderne syntese" av Mendels genetikk og Darwins evolusjonsteori, nåtidens form for Darwinisme. Han viste at den genetiske variasjonen i populasjoner er større enn man tidligere hadde tenkt seg. Dobzhansky skrev *Mankind Evolving* i 1962, og har blitt kjent for sitatet "Nothing in biology makes sense except in the light of evolution."¹⁷.

I 1939 kunne **Warmke** og **Blakeslee** lage tetraploid jonsokkblom ved hjelp av hjelp av colchicin (Science 89 (1939) 391-392).

Cellebiologi og differensiering - hvordan skapes form ?

Embryologen **Wilhelm Roux** (1850-1924) studerte froskeegg, gjorde eksperimentelle forsøk på froskeembryoer og stilte spørsmålet om hvordan et embryo kan vokse og utvikle seg fra en formløs masse av celler til en organismert gruppe av celler i et individ. Embryo var noe annet enn et evolusjonært kaleidoskop. Roux mente at det måtte være primordier i egget som kunne utvikle seg til organer, mosaikkutvikling. Roux og den tyske botanikeren og cytologen **Eduard Strasburger** (1844-1912) søkte etter biologisk forklaringer på cellenivå. De formulerte mosaikkteorien, en mekanisme for embryodifferensiering. Embryo er celler bundet sammen til en harmonisk totipotent system.

Dette var i konflikt med **Hans Adolf Eduard Driesch** (1867-1941), som arbeidet med sjøpinnsvinegg, og fant resultater som var stikk i strid med mosaikkteorien. Hvis han drepte den ene cellen etter første deling av et froskeegg, fant han at den gjenværende cellen utviklet seg til en hel frosk, ikke en halv. Han kunne også presse sammen to egg, og slike forsøk var med å kunne forklare siamesiske tvillingfødsler. Driesch var en av de siste som forfektet teorien om vitalisme. Uenigheten skyldtes forskjeller i organismer og eksperimentelle systemer. **Christian René De Duve** (1917-) fant celleorganellene lysosomer og peroksysomer. Vakuolene i plantecellene har samme funksjon som lysosomer i dyreceller.

¹⁷American Biology Teacher 35 (1973)125-129

Ett gen - ett enzym

Allerede i 1908 holdt den engelske legen **Archibald Edward Garrod** (1857-1936) en forelesning *Inborn errors of metabolism*, publisert i Croonian Lectures i 1909, som omhandlet spesielle stoffskiftesykdommer bl.a. annet feil i omsetningen av fenylalanin som ga sykdommen fenylketonuria. Homogentisinsyre akkumulerte i blodet og urin istedet for urea. Alkaptonuria ga mørkefarget urin, og det skulle vise seg at sykdommen skyldtes veil ved enzymet homogentisat 1,2-dioksygenase som deltar i nedbrytningen av den aromatiske aminosyren fenylalanin. Fenylketonuria skyldes feil i enzymet fenylalanin hydroksylase. Albinisme skulle det vise seg skyldes en feil i metabolismen av aminosyren tyrosin.

I 1958 fikk de tre amerikanerne Beadle, Tatum og Lederberg nobelprisen i fysiologi og medisin for arbeid innen forskningsfeltet biokjemisk genetikk. **George Wells Beadle** (1903-1989) kom til Cornell universitetet som hadde et faglig inspirerende miljø skapt av maisgenetikeren **Rollins A. Emerson** (1873-1947). Beadle arbeidet opprinnelig med pollensterilitet hos mais. **Bernard O. Dodge** fra New York Botanical Garden arbeidet med stammer av muggsopp *Neurospora crassa*, og da Beadle møtte mikrobiologen **Edward Lawrie Tatum** (1909-1975) hadde de et greit valg av organismetype til forsøkene, *Neurospora*. Beadle og Tatum påviste i 1941 den fysiologiske rollen til gener og fant hvordan gener kontrollerer biokjemiske reaksjoner. De formulerte hypotesen *ett gen - ett enzym*. Idag er dette bare en del av historien siden ett gen koder for en polypeptidkjede og et enzym kan være satt sammen av forskjellige proteinkjeder. Beadle og Tatum brukte en rødfarget form, kalt rød brødmuggsopp, som ikke trenger andre vitaminer enn biotin for å vokse. Brødmuggen vokser på en gelé av mineralsalter, sukker og B-vitaminet biotin, som nettopp var oppdaget. Brødmugg som er monoploid kan formere seg seksuelt ved fusjon av greinutløpere fra to forskjellige kryssingstyper, og det blir produsert en diploid zygote som deretter ved meiose og mitose danner åtte monoploide sporer i en sporesekk (ascus). Brødmugg kan også formere seg aseksuelt ved deling, og har kort generasjonstid for det seksuelt produserte avkommet. Brødmugg er lett å holde i kultur, og finnes både i haploid og diploid stadium. Ved kryssingsstudier kunne Beadle og Tatum undersøke biosyntesen av aminosyren tryptofan. *Neurospora* var bedre egnet enn bananfluen til å studere biokjemisk genetikk. Var det mulig å isolere mutanter? Brødmugg kan muteres med røntgenstråler eller UV-lys, og det er lett å identifisere biokjemiske mutanter. Det voksne stadium er haploid slik at alle gener viser fenotyputtrykk. Etter bestråling av sporene med røntgenstråler vil noen av dem ikke vokse, men ved tilførsel av vitamin B₆ begynner de å vokse. Denne egenskapen kan overføres via kryssing og følger Mendelsk genetikk. Dette kobler sammen genetikk og metabolisme. Sammen med Tatum oppdaget **Joshua Lederberg** (1925-) seksuell reproduksjon i bakterier. Da fant også at genetisk materiale kan overføres fra en bakterie til en annen ved hjelp av bakterievirus (bakteriofager).

Den amerikanske biokjemikeren og ernæringsfyiologen **Elmer McCollum** (1879-1967) oppdaget vitaminene og ga dem navn etter et bokstavsystem. McCollum brukte albinorotter og fant at de vokste dårlig hvis de ikke fikk fett i kosten, noe som skyldtes "fettløselig A". Han oppdaget også "vannløselig B" og vitamin D.

Bakteriofager - molekylærbiologenes bananfluer

Tyskeren **Max Delbrück** (1906-1981) var elev av Bohr, og arbeidet ved California Institute of Technology. Max Delbrück, som hadde doktorgrad i teoretisk kvantemekanikk, skiftet fagområde, gikk over til biologi, og var en av grunnleggerne av gruppen som arbeidet med bakteriofager. Fra fysikken var erfaringene at det er best å studere det enkleste mulige system. Kjente fysikere på den tiden var Niels Bohr, Otto Hahn, Lise Meitner og Wolfgang Pauli. Max Delbrück klargjorde livssyklus til bakteriofager i 1939. De andre som var med å danne den såkalte bakteriofaggruppen var **Alfred D. Hershey** (1908-1997) og **Martha Chase** (1927-2003) og **Salvador Luria** (1912-). Bakteriofagene har et hode omgitt av kappeprotein med arvemateriale i form av DNA eller RNA, og en hale som virker som kanyle for å sprøyte nukleinsyrer inn i bakterier. Fagene fester seg på utsiden av bakteriene og sender DNA inn i bakteriene. Bakteriofagene har kort generasjonstid, er lette å få til å vokse på agarskåler med bakterieceller. Hershey og Chase fulgte infeksjonsprosessen, og fant i 1952 at *Escherichia coli* bakteriene ble disorganisert av bakteriofagen T2. Først dyrket de bakteriene på et medium med radioaktivt ^{32}P -fosfor, seinere tilførte de T2 som fikk inkorporert ^{32}P i nukleinsyrene. Så dyrket de bakterier på radioaktivt ^{35}S -svovel og fagen fikk merket proteinkappen. Når radioaktivt ^{32}P tas opp blir det inkorporert i DNA, og radioaktiv ^{35}S -svovel blir inkorporert i svovelaminosyrene methionin og cystein som inngår i protein. De brukte deretter de to typene av fag til å infektere bakterier. Så fant de at proteinkappen ble igjen på utsiden av bakterien, mens DNA ble sendt inn i bakterien. Delbrück og Luria fant at bakterier kan oppnå resistens mot bakteriofager ved mutasjon. DNA er genetisk aktivt. **Norton D. Zinder** og **Joshua Lederberg** (1925-) fant at bakteriofager overfører genetisk informasjon fra en bakterie til en annen bakterie. Dette var introduksjonen til bakteriegenetikken. Lederberg oppdaget ekstrakromosomalt sirkulært DNA kalt plasmider. Den franske mikrobiologen **André Michael Lwoff** (1902-1994) fant at bakteriofager kan være i en kryptisk lysogen form i bakterien, kalt profag. Profagen lever stille i genomet som et "sovende virus". Dette profagstadiet ble navngitt med den greske bokstaven lambda (λ). Under noen stressbetingelser, bl.a. ultrafiolett lys som påvirker DNA, kan den latente profagen våkne, bli vegetativ, formere seg og ødelegge vertscellen. Bakteriofagene kan deretter infektere nye bakterier. Andre eksempler på latente virus er herpes simplex- virus. Lwoff arbeidet sammen med **Francois Jacob**, og etterhvert også **Elie Wollmann**. Wollmann og Jacob studerte konjugasjon i bakterier (transduksjon). Ved bruk av en stamme *Hfr* (høy frekvens av rekombinasjon) av tarmbakterien *Escherichia coli* med høy mutasjonsrate kunne de ved bruk av Waring-blender og avbrudd av konjugasjonen til forskjellig tid finne ut hvor fag lambda befant seg.

H. Fraenkel-Conrat og **R.C. Williams** laget i 1956 tobakkmosaikkvirus fra nukleinsyre og protein. **Matthew Stanley Meselson** (1930-) og **Franklin William Stahl** (1929-) var amerikanske molekylærbiologer som i 1954 merket DNA i tarmbakterien *E.coli* med den tunge nitrogenisotopen ^{15}N . Den tunge nitrogenisotopen ble inkorporert i basene i DNA. Ved sentrifugering av DNA i tetthetsgradient med cesiumklorid kunne de vise at DNA blir kopiert ved semikonservativ replikasjon, og at de to trådene i DNA beholder strukturen mellom celledelingene. Semikonservativ replikasjon betyr at hver av dattercellene får en DNA-tråd fra foreldercellen. På begynnelsen av 1960-tallet gjorde Meselson og Stahl, sammen med Brenner og Jacob, studier av mRNA i proteinsyntesen på ribosomene.

Det er tre teknikker som blir viktige for biologiens videre utvikling: Det er 1) Svedbergs konstruksjonen av en ultrasentrifuge; 2) Elektroforese, som **Arne Tiselius** fikk nobelprisen for i 1948, og 3) Kromatograferingsteknikken. I 1931 hadde **Harold Urey** laget en tung

isotop av hydrogen, deuterium og det ble også mulig å lage anrikt ^{15}N . De tunge isotopene ble brukt av **Rudolph Schoenheimer** i metabolismestudier, men tunge isotoper er mer kompliserte å bruke. Radioisotoper laget i partikkelakseleratorer og radioaktiviteten kan lett måles i en Geigerteller. I 1940 kunne **Martin Kamen** og **Samuel Ruben** lage den radioaktive karbonisotopen ^{14}C som ble av uvurderlig betydning for studiet av karbonmetabolismen i alle organismer. Andre viktige radioaktive isotoper som sendte ut β -partikler og ble brukt i biologisk forskning er svovelisotopen ^{35}S og fosforisotopen ^{32}P .

Det molekylære grunnlaget for arv - et gen er en kjemisk enhet

Molekylærbiologien omfatter strukturen og arkitekturen til biologiske molekyler. Biokjemien tar for seg hvordan biologiske molekyler samvirker i cellemetabolisme og arv, og genetikken forteller hvordan informasjon overføres fra en generasjon til den neste. I løpet av 1960-tallet skjedde den en molekylarisering av biologien. På 1960- og 70-tallet ble enzymer rensset og egenskapene deres beskrevet, men så ble fokus skiftet til genomene og nukleinsyrene

Den sveitsiske kjemikeren **Johann Friedrich Miescher** (1844-1895) jobbet bl.a. i Hoppé-Seylers laboratorium i Tübingen. Han fant et stoff som ikke kunne brytes ned av proteaser og kalte det nuklein. Det viste seg å være en syre, nukleinsyre, oppdaget i 1869. Det biologiske materialet som ble brukt var sperm med store kjerner fra laks i Rhinen. Nuklein inneholdt karbon, hydrogen, oksygen, nitrogen og fosfor.

På 1930-tallet kjente man til to typer nukleinsyrer, deoksyribose nukleinsyre (DNA), og ribosenukleinsyre (RNA) med ribose i stedet for deoksyribose, og nukleinsyrer med uracil i stedet for thymin. På tidlig på 1940-tallet ble det klart at cellekjernen inneholder både RNA og DNA. Kolonnekromatografien ble videreutviklet av **Martin** og **Syngé**. Denne metoden brukte **Chargaff** og **Davidson** i 1949 for å finne strukturen til DNA. De fant at mengden adenin (A) var lik mengden thymin (T) i en prøve, og mengden cytosin (C) var lik guanin (G). Men hvordan var AT og GC ordnet tredimensjonelt ?

Lungebetennelse kan skyldes bakterien *Diplococcus pneumoniae*. Denne bakterien finnes i forskjellige typer avhengig av om de har en polysakkaridkapsel rundt cellene eller ikke. Glatte skinnene bakteriekolonier med polysakkaridkapsel gir lungebetennelse, mens røffe uten denne kapselen gir ikke lungebetennelse. Den britiske mikrobiologen **Fredrick Griffith** (1877-1955) fant i 1928 at døde *Diplococcus* bakterier kunne transformere levende ikke sykdomsfremkallende bakterier, men som etter transformasjonen ga sykdom. I 1944 oppdager amerikaneren og bakteriologen **Oswald Theodore Avery** (1877-1955), **Colin MacLeod** (1909-), og **Macllyn McCarthy** (1911-), ved studier av pneumokokker, at det transformerende prinsipp er DNA. Det transformerende prinsipp ble ikke ødelagt av de proteinnedbrytende enzymene trypsin og chymotrypsin og heller ikke av ribonuklease, men det ble nedbrutt av Dnase. De fant at DNA kan overføres fra døde varmeinaktiverte bakterier til levende bakterier. DNA kan transformere bakterier, og DNA er bærer av arvbar genetisk informasjon. Det som blir arvet er ikke protein, men nukleinsyrer. Avery og medarbeideres oppdagelse øket interessen for studier av DNA, noe som skulle føre fram til Crick og Watsons oppdagelse DNA-strukturen. Gener i form av DNA er termodynamisk sett kjemisk stabile, noe som er uvanlig ut fra deres form og struktur. **Erwin Schrödinger** (1887-1961) skrev *What is Life* (1944), om hvordan informasjonen er stabil, hvordan den kan overføres til neste generasjon. Schrödinger trodde at informasjonen ble overført via aperiodiske krystaller.

Francis Harry Compton Crick (1916-) kom til Cavendish laboratoriet ved Universitetet i Cambridge, som var ledet av Max Perutz og Sir Lawrence Bragg. **Wilhelm Röntgen** oppdaget røntgenstrålene i 1895. Seinere fant man at når røntgenstråler sendes

gjennom krystaller av stoffer dannes karakteristiske diffraksjonsmønstre av lys og mørke linjer og punkter. **H.W. Bragg** (1862-1942) og sønnen **W.L. Bragg** (1890-1971) utviklet en teori for røntgendiffraksjon av proteiner. **John Kendrew** (1917-1997) og **Max Perutz** (1914-) studerte i Braggs laboratorium, og undersøkte den tredimensjonal struktur til proteiner ved hjelp av røntgenkrystallografi. En annen røntgenkrystallografigruppe ved Kings College i London bestod av **Maurice Hugh Frederick Wilkins** (1916-) og **Rosalind Elise Franklin** (1920-1958) og som studerte sturkturen nukleinsyrer. **James Dewey Watson** (1928-), student hos Luria, kom også til Cavendishlaboratoriet. Wilkins (1916-) hadde skaffet røntgenkrystallografidata som viste at DNA måtte ha en heliksstruktur. Rosalind Franklins krystallografidata, viste at fosfat satt utenfor heliksen, noe som var viktig for oppdagelsen av DNA strukturen. Hun har først i ettertid blitt tilkjent en viktig del av æren for oppdagelsen av dobbelheliksstrukturen i DNA. Rosalind Franklin studerte også kappeproteinet hos tobakksmosaikkvirus. **Erwin Chargaff** bestemte tidlig på 1950-tallet at basene i DNA var adenin (A), cytosin (C), guanin (G) og thymin (T) og at det var like mengder AT og GC. **Alexander Todd** hadde vist at nukleinsyrer inneholder grupper med sukker og fosfat. Crick fant sammen med Watson at DNA har to komplementære kjeder. Crick kjente også til at **Linus Pauling** (1901-1994) hadde oppdaget at aminosyrene i protein dannet en heliks, en molekylær korkopptrekker. Ved hjelp av Chargaffs oppdagelse kunne de lage en modell av DNA som en dobbelspiral, med baser på innsiden i par holdt sammen med hydrogenbindinger. I 1953 skrev Crick sammen med Watson den klassiske artikkelen *A structure for Deoxyribose Nucleic acid* i tidsskiftet *Nature* april 1953 171 (1953) 737-738. Watson, Crick og Wilkins delte i 1962 nobelprisen i fysiologi og medisin. Watson skrev bøkene *The Double Helix* (1968); *The Molecular Biology o the Gene* (1965). Sammen med John Tooze og David Kurtz skrev Wilson boka *The Molecular Biology of the Cell* (1983). Sistnevnte brukte vi som lærebok på kurset BB 384 Genteknikk ved Biologisk institutt, Universitetet i Oslo, som vi fikk igangsatt i 1984. Kurset fikk nummer 84 siden det ble påbegynt i 1984. På laboratorieøvelsene brukte vi **Maniatis** sin blåfargede "kokebok" for molekylærbiologer: *Molecular Cloning: A laboratory manual* fra 1979, laget til et molekylærebiologikurs ved Cold Spring Harbor, ga oppskrift på alle teknikkene som trengtes til genteknologien. Kurset dekket et oppdemt behov og ble svært populært.

Ved Pasteurinstituttet arbeidet **François Jacob** (1920-) og **Jacques Lucien Monod** (1910-1976) som dannet den franske molekylærbiologiske skole. De studerte hvordan en organisme kan kontrollere hvor mye protein den skal lage. De undersøkte enzymet β -galaktosidase fra tarmbakterien *Escherichia coli*, og *lac*-operonet. Enzymet som spaltes melkesukker (laktose) blir bare laget når melkesukker er tilstede, et fenomen kalt enzyminduksjon. Laktose virker som et induserende stoff, og gener kan skrues av og på. Tanken ble skapt om at det måtte være tre hovedtyper av gener hos bakteriene: strukturgener som bestemmer aminosyrerekkefølgen i proteiner, reguleringsgener som lager repressorer, og operatorgener hvor repressorene blir bundet. Teorien går ut på at repressoren blir bundet til en del av DNA-sekvensen, kalt operator, som ligger oppstrøms for genet som blir regulert. Tanken oppstod om at det måtte være et kortlevet intermediat mellom gen og protein, som skulle vise seg å være budbringer RNA (mRNA). Flere gener sammen i et operon, styrt av en promoter, kan overføres til mRNA. Teorien om operon ble utviklet av Jacob, Monod og **Arthur Pardee** (1921-). Jacob, **André Lwoff** (1902-1994) og Monod delte nobelprisen i medisin og fysiologi i 1965 for arbeidet med kontroll av genuttrykk i bakterier. Jacob og Monod valgte atskilte forskningsveier. Monod studerte, sammen med **Jean-Pierre Changeux** og **Jeffries Wyman**, hvordan allosteriske enzymer blir regulert. Monod publiserte i 1971 boka *Chance and Necessity* som tok for seg biologiske og filosofiske betraktninger omkring alle former for liv. Tarmbakterien

Escherichia coli stamme K12 ble mye brukt i eksperimentene og også K12(λ), som inneholdt et lambdavirus. Dette var ufarlige bakterier, selv om *E.coli* stamme O157:H7 i våre dager er blitt kjent for å gi alvorlige matforgiftninger.

Det sentrale dogme er rekkefølgen DNA \rightarrow RNA \rightarrow protein, men **Howard Temin** (1934-1994), som studerte retrovirus, viste at det også var mulig å omdanne RNA til DNA. Det overbevisende bevis kom da **David Baltimore** (1938-) fant en revers transkriptase, et enzym som kan omdanne RNA til DNA. Temin, Baltimore og **Renato Dulbecco** (1914-) fikk nobelprisen i medisin og fysiologi i 1975 for oppdagelsen av sammenheng mellom tumorvirus og gener i cellen.

Barbara McClintock (1902-1992) studerte maiskromosomer. Ringkromosomer blir dannet ved bro-brudd, og bruddene fester seg og danner ringer, publisert i Cold Spring Harbor Symposiet i 1951. McClintock oppdaget at det genetiske materialet ikke var så stabilt som man hadde trodd, og at kontrollelementer (transposons) kan flytte seg rundt i genomet. Evelyn Fox Keller: skrev en biografi om Barbara McClintock: *A feeling for the Organism* (1983). Se N.C Comfort: Genetics 140 (1995) 1161-1166

Arv blir ikke bare overført via kromosomene i cellekjernen. **Ruth Sager** (1918-1997) oppdager at kloroplaster inneholder sirkulært DNA, og **Boris Ephrussi** (1901-1997) finner at også mitokondrier inneholder DNA. Dette gir enn cytoplasmatisk arv som ikke følger mendelsk genetik.

Den nye tid - genenes tidsalder

Marshall W. Nirenberg (1927-) løste den genetiske koden ved å vise at tre baser (et kodon) på DNA koder for en aminosyre. Sammen med tyskeren **Heinrich Matthaei** klarte Nirenberg å lage syntetisk RNA med bare uridin, og de klarte å konstruere et system som laget fenylalanin. Polyuridylysyre sammen med celleekstrakt ga polyfenylalanin. Snart ble koden oppdaget. Et kodon med 3 baser gir 64 mulige kombinasjoner, og en aminosyre kan kodes av flere forskjellige triplitter. Resultatene ble bekreftet av **Har Gobind Khorana** (1922-) som fant en kjemisk metode for å lage polynukleotider med kjent sekvens. Khorana, Nirenberg og **Robert William Holley** (1922-1993) delte nobelprisen i medisin og fysiologi i 1968. AUG er koden for start av translasjon, men koder også for aminosyren metionin. Derfor starter alle proteiner med metionin. Holley bestemte basesekvensen i alanin transfer RNA. **Severo Ochoa** (1905-1993) kom til samme resultat. Nordmennene **Kjell Kleppe** og **Ruth Kleppe Aakvaag** gjorde postdoktorstudier hos Khorana. I 1966 var alle kodene for aminosyrene dechiffrert. Genene avleses ved transkripsjon hvor gensekvensen blir transkribert til en komplementær tår med ribonukleinsyre (RNA) kalt mRNA (Budbærer RNA). RNA inneholder sukkeret ribose i stedet for deoksyribose som i DNA, og har uracil i stedet for thymin. Deretter blir informasjonen fra mRNA oversatt (translatert) til en aminosyresekvens i protein.

Den tredimensjonale strukturen til protein ga grunnlaget for spesifisitet. Hvordan utvikles mer kompliserte organismer? Molekylærbiologen **Sydney Brenner** (1927-) begynte å bruke en nematode (*Coenorhabditis elegans*), bestående av noen tusen celler, men som har et fullt utviklet nervesystem. Nematoden lever i jorda og spiser av planterøtter. Brenner kuttet nematoden i 20.000 tynne snitt som han studerte i elektronmikroskop. Det er ca. 100 gener som deltar for å lage nervesystemet i nematoden, men isolering av transkripsjonsregulerende proteiner var vanskelig.

Studiet av genomet hos høyere organismer viste at det inneholder repeterte sekvenser

med DNA. Gentranskripsjonen gir heterogent nukleært RNA (HnRNA) hvor bare en liten del kommer ut i cytoplasma som mRNA. Eksoner blir omdannet til mRNA, men intronsekvensene som kan utgjøre inntil 95 % av genet blir fjernet. Det er altså mosaikk DNA, skjøting og splittede gener. Skjøten mellom introner og eksoner er utsatt for mutasjoner

Starten på genteknologien startet i 1972 med en artikkel i tidsskriftet PNAS skrevet av **David Jackson, Robert Symons** og **Paul Berg** (1926-) som omhandlet DNA fra et SV40 onkogen, og DNA fra endret fag lambda som ble satt inn i tarmbakterien *Escherichia coli*. Eksperimentene av denne type ble sett på som risikable med muligheter for spredning av virus og onkogener, og rekombinant DNA-teknikk kunne misbrukes. Berg utviklet metoder som gjorde at bakterier kan ta opp fremmede gener, men gjorde samtidig oppmerksom på hvilke farer misbruk av rekombinant DNA-teknikk kunne medføre. Et åpent brev til tidsskriftet Science i juli 1974 underskrevet av bl.a. Berg, etterlyste retningslinjer for arbeid med rekombinant DNA. Mange var redd for at det skulle skapes sykdomsfremkallende organismer som man ikke hadde kontroll over. Berg fikk nobelprisen i kjemi i 1980 for utvikling av gentekniske metoder (rekombinant DNA teknikker) sammen med amerikaneren **Walter Maxam Gilbert** (1932-) og engelskmannen **Frederick Sanger** som hadde arbeidet med metoder for sekvensering av baser i DNA. Gilbert fant kjemiske stoffer som spaltet DNA ved bestemte nukleotider. Sanger fant en enzybasert teknikk for sekvensering basert på DNA polymerase og hemmere. Polyakrylamidelektroforese på tynne geler gjorde det mulig å sekvensere DNA. Den kjemisk farmasøytiske industrien så potensialet i de nye genteknikkene. Grunnlaget baserte seg på restriksjonsenzymet oppdaget og rensset av sveitseren **Werner Arber** og amerikanerne **Hamilton Othanel Smith** (1931-) og **Daniel Nathans** (1928-). Disse fikk nobelprisen i fysiologi og medisin i 1978 for dette arbeidet. Restriksjonsenzymene kan brukes til å kutte DNA-molekylet ved bestemte basesekvenser, og blir et viktig verktøy i utvikling av de nye genteknikkene. Muligheten til enzymatisk å kutte gener i DNA i spesifikke biter gjør det mulig å bestemme organiseringen og den kjemiske sammensetningen av gener.

I 1978 kunne **Michael Smith** lage basespesifikke mutasjoner i DNA fra en bakteriofag, og sammen med **A. Fehrst** og **G. Winter** klarte han å lage store mengder av et protein med forutbestemt aminosyresekvens. **Stanley Cohen** (1922-) og **Herbert W. Boyer** (1936-) hadde laget et rekombinant plasmid som de satte inn i bakterieceller, og plasmidet formerte seg i bakterien. Cohen og Boyer søkte i 1974 om patent på metoden for rekombinant DNA-teknikk. I tiden som fulgte kom det komme mange nye bioteknologipatenter.

Tom Maniatis ved Harvard fant metoder som gjorde det mulig å komme fra protein tilbake til det tilsvarende gen. Ved å isolere mRNA for hemoglobin, og vha. en revers transkriptase kunne de lage kopi-DNA (cDNA) som ble satt inn i et plasmid eller fag lambda, og som deretter kunne plasseres inn i bakterier. Problemet var imidlertid at genet som ble satt inn manglet reguleringssignaler. **David Hogness** kunne kutte hele genomet tilfeldig med restriksjonsenzymet, fragmentene ble satt inn i plasmider, og fag lambda og ble ført tilbake til bakterier. På denne måten blir det mulig å lage et genbibliotek for hele organismen. På samme vis kunne det lages et cDNA bibliotek basert på isolering av mRNA.

Bakteriene ble fortynnet slik at de dannet enkeltkolonier på petriskåler. Kolonien med bakterier som inneholdt et utvalgt gen blir utvalgt med molekylær hybridisering. Bakteriekoloniene blir overført til nitrocellulosefilter og denaturert for å atskille DNA. Deretter blir filterpapiret inkubert med et DNA-fragment (cDNA) kalt gensøker (probe) som er radioaktivt merket. Dette fragmentet vil hybridisere, filteret blir vasket og lagt mot

røntgenfilm. Deretter kan man gå tilbake til petriskålen og plukke ut bakteriekolonien som inneholder genet man er ute etter. Virus kan brukes som gentransportør (vektor). Interessante gensekvenser kan oppformerer ved molekylær kloning. Det er blitt isolert mange forskjellige restriksjonsenzymmer, som kutter DNA på forskjellige steder, noe som gjør klipping og liming av gensekvenser mulig. Restriksjonsenzymenes naturlige oppgave er å beskytte bakteriene mot fremmed DNA. Agarose geler gir bedre muligheter for separasjon av DNA. Det ble utviklet mer effektive vektorer:

I 1980 ble fremmed DNA satt inn i planteceller for første gang. Gensekvensene danner oppskriftsboka, men kan vi forstå språket? Onkogener kontrollerer celledelingen, og lager proteiner som er nødvendig for celledeling. Gener som har sentral rolle i vekst og celledeling er konservert gjennom evolusjonen.

Sidney Altman (1939-) og **Thomas R. Cech** (1947-) delte nobelprisen i kjemi i 1989 for oppdagelsen av at RNA ikke bare er et passivt bindeledd mellom DNA og protein, men at RNA også kan ha katalytisk aktivitet, kalt ribozym.

Homeoboksgener (*Hox*-gener) tilhører homeotiske gener, inneholder en sekvens med 180 baser som koder for protein som binder seg til operator-gener. Boknavnet kommer fra at man tegnet en firkant rundt denne felles sekvensen. Dette er gener som styrer utviklingen av formen på alle dyr. Mutasjoner i disse genene gir endring i form. F.eks. mutasjonen *anntennapedia* hos bananflue som gjør at det vokser ut bein på hodet eller mutasjon i *Lim1* som gir hodeløse mus. *Hox*-genene er homologe, ligger i klynger og genene ligger i samme rekkefølge som kroppsstrukturene. *Hox*-gener finnes også hos maneter og det er likheter i genstrukturen hos alle dyr. De fleste dyr har bare en *Hox*-klynge som f.eks. insekter, det samme gjelder lansettfisker som danner overgang til vertebratene, mens pattedyr har 4 *Hox*-klynger. **Christiane Nüsslein-Volhard** og **Eric Wieschaus** ved det europeiske molekylære biologilaboratoriet i Heidelberg (EMBL) studerte bananflueembryologi, utviklingen av fluer fra egg. I 1980 publiserte de hvilke av 20.000 gener som styrer utviklingen av alle kjente mutasjoner hos bananflue.

En stor del av spontane aborter skyldes misdannelser pga. mutasjoner, og disse feilkonstruksjonene kan aborteres meget tidlig i fosterutviklingen, så tidlig at det ikke oppdages at det er en abort.

PCR - polymerase kjedereaksjon - biologenes kjernereaksjon

DNA polymerase ble i 1955 isolert fra tarmbakterien *Escherichia coli* av **Arthur Kornberg**. Kornberg fikk nobelprisen i 1959 sammen med Ochoa. **Severo Ochoa** (1905-1993) hadde isolert en polynukleotid fosforylase. Kornberg og Ochoa oppdaget enzymer som kunne brukes til å lage nukleinsyrer *in vitro*. **Gobind Khorana** (1922-) var også av dem som førte fram ideen om en PCR-reaksjon. Imidlertid var det **Kary B. Mullis** (1944) som i 1983 så muligheten som lå i PCR-teknikken. Det trengtes en DNA primer, akkurat som man trengte noen få sukker for å kunne lage polysakkarider. De metodene som Kornberg og medarbeidere utviklet gjorde at man i 1970 kunne lage et syntetisk gen. DNA polymerase kan brukes til å bestemme sekvensen i et DNA molekyl og PCR-teknikken er det motsatte av en sekvenseringsteknikk. **Fredrick Sanger** hadde brukt 3 radioaktivt merkede nukleotider og en fjerde i begrensende mengder. Enzymet stoppet der hvor X skulle settes inn. DNA som skulle sekvenseres ble satt inn i en M13-fag der det er som enkeltrådet DNA. Rekombinant enkeltrådfagen isoleres og oligonukleotid komplementær til fag DNA virker som primer. Dessuten ble de tilsatt dideoksynukleotider, 4 nukleotider og 1 analog. Forsøket gjøres med 4 forskjellige analoger. Mullis brukte Sangers sekvenseringsteknikk. DNA polymerase fra en bakterie som lever i varme kilder *Thermus*

aquaticus er varmestabil slik at man ikke behøvde å tilføre polymerase for hver forlengelsefase i PCR-reaksjonen. Kary Mullis fikk nobelprisen i kjemi i 1993 for oppdagelsen av PCR teknikken sammen med **Michael Smith** (1932-) for oppdagelsen av teknikken for steds spesifikk mutagenese.

Stanley Prusiner fikk nobelprisen i 1997 for sitt arbeid med prioner (protein infektøs partikkel) som får vanlige proteiner til å folde seg annerledes, proteiner som kan gi hjernesykdommer som scrapie hos sau, kugalskap hos kyr og en variant av Creutzfeldt-Jacobs hos mennesker, samt Kuru hos menneskeetere på Borneo. Det er likhetstrekk mellom disse hjernesykdommene og Alzheimers sykdom som gir presenil demens.

Fysikk som forutsetning for biologiens utvikling

Lys er elektromagnetisk stråling

Sir Isaac Newton (1642-1727) var en av naturvitenskapens banebrytere. Hans gravitasjonsteori viste hvordan all bevegelse i rommet skjer etter matematiske lover. Newton mente at lys var partikler ("korpuskler" og hans boks *Opticks* fra 1704 ble et klassisk verk innen optikk (lyslæren). I 1676 oppdaget den danske astronomen og fysikeren **Ole Christensen Rømer** (1644-1710) at lyset beveger seg med høy og endelig hastighet ved å studere formørkelse på en av Jupiters måner. Rømer var også den første som oppfant meridiansirkelen. I 1678 presenterte den nederlandske fysikeren og astronomen **Christiaan Huygen** (1629-1695) en bølgeteori for lys. Huygens pendelur ble viktig for å kunne måle nøyaktig tid, og han oppdaget sentrifugalkraften og kunne forklare pendelbevegelse. Huygens forklarte hvordan forandringer i utseende til Saturn skyldes at planeten er omgitt av en flat tynn ring med materie. Seinere oppdager **Gian Domenico Cassini** (1625-1712) at det er et hull i ringsystemet rundt Saturn og at ringene ikke er homogene. **Thomas Young** (1773-1829) viste lysets interferensfenomener i 1801, noe som styrket bølgeteorien for lys. Young splittet en lysstråle i to stråler, og da de to strålene ble forent dannet det seg et bilde av lyse og mørke ringer. Newtons partikkelteori kom derved noe i bakgrunnen. Young skrev *Course of Lectures on Natural Philosophy and the Mechanical Arts* (1807) og studerte også elastiske fenomener (Youngs modulus), og skrev også om språk og deltok i tyding av Rosetta-stenen. **Augustin Jean Fresnel** (1788-1827) studerte interferenssegenskapene til lys, jfr. Fresnel-linse. Dessuten kom **James Clark Maxwell** (1831-1879) med en teori med fire ligninger som sa at lyset var elektromagnetiske bølger med en elektrisk og en magnetisk vektor, og bølgene beveger seg med lysets hastighet gjennom rommet. Maxwells ligninger om elektrodynamikk forener elektrisitet og magnetisme, felt og bølger, og la et teoretisk grunnlag for Faradays teori om elektrisitet og magnetisme. Maxwells ligninger var en forutsetning for radio og fjernsyn. **William Herschel** (1738-1822) hadde i år 1800 sendt sollys gjennom et prisme og oppdaget varmestrålingen i den røde delen av spekteret. **Heinrich Hertz** (1857-1894) fant i 1888 at elektriske gnister fra kobbertråder ga elektromagnetisk stråling med bølgelengder i cm-området, radiobølger. Hertz oppdagelse la grunnlaget for Marconis telegraf. I 1897 oppdaget **Joseph John Thomson** at alt stoff inneholder elektroner. **Max Planck** (1858-1947) fant at lyset hadde partikkelnatur, kalt kvanter eller fotoner. Den

fotoelektriske effekten, hvor lys kunne gi utsendelse av elektroner fra en metallplate i vakuum, beskrevet av **Philipp Eduard Anton Lenard** (1862-1947), ble forklart av Einstein i 1905. Einstein fikk trykket frem artikler i *Annalen der Physik* bl.a. *Die Grundlage der allgemeinen Relativitetstheorie* (1916) hvor hva skjer når lyset møtes av tyngdekraften ble beskrevet. Lyset hadde en dualisme. Det kunne betraktes både som lys og partikkel, men det var ingen selvmotsigelse i dette. Det betyr at vårt daglige begrepsapparat ikke er tilstrekkelig til å forklare kompleksiteten i lys. På 1900-tallet ga elektromagnetisme og termodynamikk nye forklaringer på hva energi er. **Josiah Willard Gibbs** (1839-1903) utviklet termodynamikkens lover i *On the equilibrium of heterogenous substances* (1875-1878). Alle objekter sender ut elektromagnetisk stråling og typen avhenger av hvilken temperatur objektet har. Den tyske fysikeren **Wilhelm Wien** (1864-1928) har gitt navn til Wiens forskyvningslov som angir ved hvilken bølgelengde man får maksimal utstråling fra et objekt avhengig av temperaturen. **Josef Stefan** (1853-1893) og **Ludwig Boltzmanns** (1844-1906) lov fra ca. 1880 sier at energien som sendes ut fra et objekt stiger med fjerde potens av temperaturen. Energien måles i joule, et navn etter den engelske fysikeren **James Joule** (1818-1889). Joule gjorde studier av sammenhengen mellom arbeid, friksjon og varme. I 1924 foreslo **Louis de Broglie** (1892-1987) at elektronene kan betraktes som bølger og partikler. Broglie fant at lyset alltid velger den korteste veien, det vil også si den korteste tiden. Dermed kunne Schrödingers bølgeligning danne basis for kvantemekanikken. Kvantemekanikk inngår i vårt daglige liv, uten at vi egentlig forstår den til bunns.

I 1814 gjenopptok tyskeren **Joseph von Fraunhofer** (1787-1826) Newtons eksperimenter med sollys og prisme. Fraunhofer lette etter en kilde for rent monokromatisk lys for å studere brytningsindeksen i glass. Fraunhofer lot sollyset passere en smal spalte, og oppdaget at spekteret inneholder mørke spektrallinjer, allerede oppdaget av Francis Wollaston, og Fraunhofer ga dem navn A, B, C, D... De to mørke D-linjene er de samme som emisjonen i en natriumflamme. Newton hadde ikke oppdaget disse linjene fordi han spredte lyset gjennom et hull. Fraunhofer laget en nomenklatur for spektrallinjene, og spektroskopet kunne brukes til kjemiske studier i astronomien. Helium ble oppdaget ved hjelp av spektroskopi under en solformørkelse og fikk navn etter solguden Helios. **William Crookes** (1832-1919) oppdaget katodestråler, gjorde spektroskopiske undersøkelser og laget mørke briller som beskyttet mot sterkt lys. Kirchhoff og Bunsen fant i 1859 at emisjons- og absorpsjonslinjene er avhengig av temperatur. **Gustav Robert Kirchhoff** (1824-1887), kjent for lover om spenning, strøm, samt stråling fra svarte legemer, og **Robert Wilhelm Bunsen** (1811-1899) oppdaget at grunnstoffene gir spesifikke spektrallinjer, cesium gråblå og rubidium rød. I 1857 laget Robert Bunsen en gassbrenner med klar flamme - Bunsenbrenneren. Det ble oppdaget at et varmt legeme gir et kontinuerlig spektrum, mens en varm transparent gass har emmisjonslinjer.

Einsteins spesielle relativitetsteori fra 1905 gjelder langt unna masse som gir gravitasjon, og sier hvordan bevegelse påvirker mål av avstand og tid hos observatører som beveger seg med forskjellig hastighet. Når man beveger seg opp mot lysets hastighet påvirkes tids- og avstandsmålinger, men lyshastigheten er alltid konstant. Tiden er ikke den samme for to iakttagere atskilt i universet. Den generelle relativitetsteorien fra 1915 sier at gravitasjonen påvirker formen på tidrommet. Tidrommet er flatt, unntatt nær tunge objekter som stjerner. Teorien forklarer hvorfor lys avbøyes rundt tunge objekter, og forklarer presesjonen hos Merkur, samt hvordan objekter med enorm tetthet kan kollapse og danne sorte hull. En klokke går saktere nær en stor masse. Det betyr at klokken går raskere i en satellitt enn ved jordoverflaten, samt at den går saktere fordi satellitten beveger seg. I sum har gravitasjonen størst virkning, slik at klokken går raskere i satellitten. Dette må det tas hensyn til i GPS-satelitter med atomur. **Hendrick Antoon Lorentz**

(1853-1928), som hadde vist allerede før elektronet var kjent at elektrisitet var i form av elektroner, utviklet Lorentz-transformasjonslikningen som viste hvordan tids- og stedskoordinater endrer seg når man beveger seg fra et stasjonært til bevegelig system. Einstein videreførløket Lorentz-transformasjonen. **Johann Carl Friedrich Gauss** (1777-1855) og **Georg Freidrich Bernhard Riemann** (1826-1866) bidro til matematikk som brukes på og gi forståelse av verden. Gauss bidro til løsnings av himmellegemes bevegelse i *Theoria Motus* (1809) med bla. forklaring på bevegelsen av asteroiden Ceres oppdaget i 1801. Gauss laget et matematisk modell for jordmagnetisme, grunnlag tallteori og grafisk framstilling av komplekse tall i *Disquisitiones arithmeticae* (1801). Riemann utviklet en algebra for geometrien, topologi eller Riemannsk geometri, som var med å danne grunnlaget for Einsteins relativitetsteori. **Jules Henri Poincaré** (1854-1912) var sammen med Riemann grunnleggerne av topologien.

Werner Heisenberg (1901-1976) fant at man ikke kan bestemme både fart (bevegelsesmengde) og posisjon til en partikkel (Heisenbergs usikkerhetsrelasjon), og sammen med **Paul Dirac** og **Erwin Schrödinger** la han grunnlaget for kvantemekanikken. Flere fysikere var også interessert i biologi f.eks. **Erwin Schrödinger** (1887-1961) med boka *What is Life ?* Den danske fysikeren **Niels Bohr** (1885-1962) laget en modell av atomet (atomteori) i 1913 som bare kunne beskrives ut fra kvanteteorien utviklet av Max Planck og Albert Einstein. Atommodellen var en sol med planeter. Hvordan kunne noe ha masse, men ikke størrelse ? Var det tomt rom mellom partiklene i atomet ? Hvordan påvirker bestanddelene seg i atom via et tomrom ? Bohr holdt en forelesning i København, *Life and light*, som seinere ble publisert i tidsskriftet Nature. Flere andre fysikere har hatt betydning for utviklingen av biologien: **Antoine Henri Becquerel** (1852-1908) oppdaget i 1896 at fotografiske plater blir svartet av radioaktivitet i kontakt med uran, utstråling fra uran kalt Becquerel-stråler. Det ble mulig å skille alfastråler (heliumpartikler), betastråler (elektroner) og gammastråling. Måleenheten for radioaktivitet er i dag Becquerel, og erstattet måleenheten Curie. **Marie Sklodowska Curie** (1867-1934) og ektemannen **Pierre Curie** (1859-1906) oppdaget og studerte polonium og radium. Stein kunne avgj energi uten tilsynelatende å endre seg. Becquerel delte nobelprisen i fysikk i 1903 med ekteparet Curie. Dette var innledningen til atomalderen.

Bekblende fra gruvene i Joachimsthal inneholdt radioaktive grunnstoffer. I starten ble radioaktiviteten betraktet som helt ufarlig, og til og med helsebringende i form av radioaktive mineralkilder, Curie hårvann, Crema activa, og selvlysende tall på urskiver var fra den tiden."De vises sten" som alkymistene hadde lett etter for å kunne lage gull var stråling fra radioaktive isotoper. Laboratorienotatene til Marie Curie er fremdeles radioaktive. Radioaktive isotoper kan brukes som en radioaktiv klokke for mor-datternuklider, og blir brukt bl.a. til måling av jordas alder, bl.a. uran-thorium, uran-bly, krypton-argon, argon-argon og 40-kalium-40-argon. De eldste fjell på jorda og månen er ca. 4.5 milliarder år gamle. **Alan Cox** og **Brent Darymple** studerte hvordan de magnetiske polene endrer posisjon, og hvor magnetisert jern orienterer seg etter de magnetiske omgivelsene. **Frederick Vine** og **Drummond Matthews** viste at det ble dannet ny sjøbunn på hver side av spalten den midtatlantiske rygg. Materien er bygget opp av elektroner, protoner og nøytroner, og masse og energi er koblet sammen i Einsteins formel $E=mc^2$. Jorda befinner seg i en roterende spiralgalakse, Melkeveien, og verken jorda eller sola er sentrum i universet.

Temperatur og varme

Galileo Galilei laget et termometer i Firenze, ca. 1640. I utviklingen av termometeret

baserte man seg på prinsippet om at en væske utvider seg med økende temperatur. Tysk-nederlenderen **Daniel Gabriel Fahrenheit** (1686-1736) og **Anders Celsius** (1701-1744) som var professor i astronomi ved universitetet i Uppsala baserte seg på bruk av kvikksølv i termometeret. Fahrenheit brukte en kuldeblanding med is-vann- salmiakk og koksalt (-17.78 °C) som nullpunkt og kroppstemperaturen som det andre ytterpunktet. Dette ga en skala fra 0-96 °F. Den franske naturforskeren **René Antoine Ferchault de Réamur** (1683-1757) baserte seg på bruk av vann og alkohol. Både Réamur og Celsius brukte koke- og smeltepunktet for vann som referanseverdier på temperaturskalaen. Celsiusskalaen (kokepunkt 0° og smeltepunkt 100°) ble snudd etter at Celsius var død. En fransk fysiker, **Guillaume Amontons** (1663-1705), mente at det måtte finnes en absolutt temperaturskala. Begrepet absolutt temperatur ble videreutviklet av **William Thomson** (1834-1907) som ble adlet til **Lord Kelvin**. Kelvinskalaen har et nullpunkt ved minus 273.15 °C.

Naturvitenskapen har som formål å utforske og forstå naturfenomener, mens teknologi er kunnskap anvendt med et praktisk formål som i vindmøller, vannhjul, oppgangssag eller dreiekværn som knuste og malte korn mellom steiner. Hva er varme, energi og arbeid ? Tidligere trodde man varme var flogiston og kalori. Energi er evne til å utføre arbeid. Stillingsenergi er opplagret energi avhengig av stillingen og **William Macquorn Rankine** (1820-1872) innførte begrepet potensiell energi. Man kjente til at bevegelse (bevegelsesenergi) kan utføre arbeid. Varme kan skapes ved friksjon. Varme er energi og energiflukt, og arbeid er "varmens mekaniske ekvivalens". Arbeid og varme overfører energi fra et sted til et annet. **Rudolph Clausius** (1822-1888) viste i *Über de bewegende Kraft der Wärme* (Om varme som bevegende kraft) at varme er energi som flyttes fra høy til lav temperatur. Varme går ikke fra kjølig til varmt. Elektrisk energi er stillingsenergien til elektronene. Termodynamikken (varmelæren) med sin første og andre hovedsetning gir ytterligere forklaring på hvordan naturen fungerer. Den andre hovedsetningen sier at i et system overlatt til seg selv vil entropien (grad av uorden) øke. Den totale energimengden i verden er konstant. Entropi er et mål på uorden. Jo mer uorden, desto mer entropi. I fast is er vannmolekylene mer ordnet enn i flytende vann, og i vanddamp er molekylene mer uordnet enn i vann. Skifte mellom aggregattilstandene is, vann og vanddamp medfører endringer i entropi. Det skjer en stor økning i entropi når vann går over til damp, og dette krever energitilførsel. Entropi sier noe om kvalitet på energien. Lav entropi vil si høy energikvalitet. Entropien i universet øker hvis det sendes ut varme fra en gjenstand. Entropi er også et mål på informasjon. Et annet resultat av den andre hovedsetningen er at det ikke går an å overføre varme til arbeid uten samtidig å ha et varmetap. Det går heller ikke an å utnytte unyttig varmeenergi til arbeid uten samtidig å tilføre ny varme. Franskmannen **Nicolas Léonard Sadi Carnot** (1796-1832) oppdaget at varme er energi og la grunnlaget for termodynamikkens andre hovedsetning. Både varme og arbeid kan måles i enheten joule (J), oppkalt etter **James Joule** (1818-1889). En joule tilsvarer en newtonmeter=ett wattsekund=ca. 0.24 kalori. Ett hjerteslag tilsvarer ca. 1 J. At varme gir arbeid ga grunnlaget for dampmaskinen og forbrenningsmotoren.

Kull er energikilden i dampmaskinen. Enten det gjelder vår kropp eller dampmaskinen virker de etter samme prinsipper. Begge består av en varmekilde og et kuldemagasin og mellom disse utføres det arbeid. Carnot viste at maskinen var mest effektiv ved størst temperaturforskjell mellom varmekilde og kuldemagasin. Avkjøling til omgivelsestemperaturen skjer spontant, men spontant betyr ikke det samme som at det skjer raskt. Oppvarming til over omgivelsestemperatur krever tilførsel av energi. Fra maten vi spiser sender vi ut ca. 100 watt=100 joule per sekund. Kroppens entropi minsker når det sendes ut varme. Så lenge som vi spiser unngår vi økning i entropi. Forandringer er aldri isolert fra omgivelsene. Orden et sted betyr mer uorden et annet sted.

Alle molekyler, atomer og ioner vibrerer litt omkring sitt plasseringspunkt og i en gass er molekylene i rask bevegelse, farer ikke retninger, kolliderer og spretter (kinetisk gassteori).

Kreasjonistene har brukt den andre hovedsetningen som bevis for at liv ikke kan oppstå spontant, men må ha blitt skapt av en gud. Kreasjonistene forneker det vitenskapelige fundamentet for biologien, Darwinismen, og mener at alt er skapt av en gud og det finnes ingen fossilrekker. Kreasjonistene hevder at mennesket har lite til felles med andre organismer og menneskene levde sammen med dinosaurene, og påstår at det ikke er en evolusjonær sammenheng mellom gamle organismer fra tidligere geologiske tidsperioder og nålevende organismer. Termodynamikkens første og andre lov beskriver lukkede systemer. Biologiske systemer er åpne systemer som det strømmer stoff og energi igjennom, og organismene lever på entropiforskjeller når entropi fraktes til omgivelsene. Dette gir mulighet for selvorganisering, men forklarer ikke arv. Bibelteksten er uforenelig med vår gamle jord og evolusjon. Erkebiskopen **James Ussher** (1581-1656) i Irland proklamerte at jorden var ca. 6000 år gammel og ble til 23. Oktober i år 4004 før kristus ved å telle sammen årene i livsløpene til den bibelske familie fra Adam og Eva (*Sacred Chronology* (1620))

Gass

En gass består av molekyler som beveger seg kaotisk og med stor hastighet, noe som gir gassen et trykk. Kinetisk gassteori fra 1857 ble utviklet av **Rudolph Julius Emanuel Clausius** (1822-1888). I 1868 kunne den britiske astronomen **Joseph Norman Lockyer** (1836-1920) og kjemikeren **Edward Frankland** (1825-1899) ved studere solkoronaen oppdage en ukjent gass som ble kalt helium, oppkalt etter sola Helios. Lockyer studerte også den astronomiske orienteringen av pyramider, templer og steinsettinger. Kjemikeren **William Ramsay** løste opp uranstein i syre og identifiserte edelgassen helium (1895) og sammen med medarbeidere oppdaget han xenon og krypton i 1898. Ramsay kunne vise at helium kom fra radioaktiv spalting av radon. Carl von Linde kjølte ned luft til den ble flytende og atskilte de forskjellige gassene i lufta etter deres kokepunkt. Hydrogen er den vanligste gassen i universet, deretter følger helium. Imidlertid er det lite helium på jorda siden det ikke danner molekyler med andre stoffer, det er lett og diffunderer ut i verdensrommet. Helium blir flytende ved 4K. **Johannes Diederik van der Waals** (1837-1923) gjorde endringer av tilstandsligningen for gasser, og fant dessuten at partikler kan tiltrekke hverandre med svake krefter (van der Waals krefter). **James Dewar** (1842-1923) klarte å kondensere gassen hydrogen. Han konstruerte dessuten en termos, og i laboratoriet i dag fyller vi flytende nitrogen i en Dewar-flaske.

Materie - atomer og reduksjonisme

Hva består materien av? Hvordan er materien bygget opp? De greske naturfilosofene Thales fra Milet, Heraklit fra Efesos og Empedokles introduserte stoffene ild, luft, jord og vann som byggestoffer, og Aristoteles innførte i tillegg kvintessensen, men ingen av disse er grunnstoffer. Demokrit mente at verden bestod av udelelige atomer. Epikur fra Samos mente at også gudene bestod av atomer og måtte således følge naturlovene. Naturfilosofene filosoferte over naturens bestanddeler, men gjorde ingen eksperimenter som kunne bekrefte eller avkreftede de hypotesene de framsatte. Lavoisier tok i bruk skålvækt som instrument og kunne derved studere massen til stoffer og masseforandringer ved kjemiske reaksjoner. **John Dalton** (1766-1844) innførte på nytt atomhypotesen (A

new system of chemical philosophy). Materien består av atomer. I et grunnstoff er alle atomene like. Den italienske kjemikeren **Stanislaò Cannizzaro** (1826-1910) laget en liste over relative atommasser (atomvekter) for de kjente grunnstoffene. Hydrogen fikk masse 1 og de andre fikk masse i forhold til dette. I 1897 kunne **J.J. Thomson** (1856-1940) ved Cavendish-laboratoriet i Cambridge vise at et negativt elektron kunne bli sendt ut av atomet. I 1910 studerte **Ernest Rutherford** (1871-1937) og hans elev **Hans Geiger** (1882-1945) alfapartikler som ble sendt mot en gullfolie. Noen av alfapartiklene ble reflektert, noe som tydet på at de hadde truffet en hard kjerne. Kjernen utgjør mesteparten av atommassen. Atomet er stort og kjernen liten, men mesteparten av massen befinner seg i kjernen. Kjernen i et hydrogenatom er et proton med positiv ladning og kjernen til både hydrogen og nitrogen kan rotere, mens kjernen i karbon og oksygen roterer ikke. Antall protoner i kjernen angir atomnummeret. Alle grunnstoffer unntatt hydrogen har i tillegg nøytroner i kjernen. At atomene eksisterer viste Einstein i studiet av Brownske bevegelser. **James Chadwich** (1891-1974) oppdaget nøytronet i 1932. Antall elektroner er også lik atomnummeret. Helium inneholder to elektroner og to protoner. Kjernen er omgitt av en elektronsky, men hvorfor styrter ikke de negativt ladete elektronene inn i den positivt ladete kjernen? **Niels Bohr** (1855-1962) fremsatte en atomteori (*On the constitutions of atoms and molecules*) hvor elektroner beveger seg i avgrensede områder i baner rundt en kjerne, analogt med en planetmodell hvor kjernen var en sentral sol. Det skulle imidlertid vise seg at elektronet er både bølge og partikkel og følger ingen faste baner. **Erwin Schrödinger** (1887-1961) introduserte bølgemekanikk og fant en ligning for atomet. Løsning av Schrödinger-ligningen ga sannsynlighetsfordelingen for å treffe på et elektron rundt kjernen. Denne sannsynlighetsfordelingen, kalt orbitaler, er lik bølgefunksjonen til elektronet. Hydrogenatomet har en s-orbital uten skarp yttergrense. Fra s-orbitalet er det flere orbitaler med sannsynligheter for å treffe på elektroner rundt kjernen. To områder med p-orbitaler, 4 områder med d-orbitaler og 6 områder med f-orbitaler (1s 3p 5d). Det er bare plass til to elektroner i samme orbital og de må ha motsatt spin (Wolfgang Paulis eksklusjonsprinsipp). Elektronskall er grupper av energinivåer og elektroner i p-orbital har høyere energi enn elektroner i s-orbital i samme skall.

Voltacellen kunne gi strøm og straks elektrisiteten ble tilgjengelig kunne **Humphry Davy** (1778-1829) i 1807 lage grunnstoffet kalium ved elektrolyse av pottaske og natrium ved elektrolyse av soda. Davy fant også grunnstoffene kalsium, magnesium, strontium og barium. Den svenske kjemikeren **Jöns J. Berzelius** (1779-1848) isolerte grunnstoffene cerium, selen og thorium og innførte en tobokstavkode for grunnstoffene basert på deres latinske eller greske navn, Fe (ferrum), Ag (argentum) osv.

Dmitrij Ivanovits Mendelejev (1834-1907) ordnet i 1834 de på den tid 61 kjente grunnstoffer i et periodesystem basert på egenskaper og atomvekt (Avogadros lov), horisontale perioder og vertikale grupper. Grunnstoffene ble ordnet etter atomnummer, med et nytt elektron for hver plass i systemet, og det ble åpne hull til grunnstoffer som fremdeles ikke var funnet. Grunnstoffene i de loddrette gruppene i periodesystemet har mange likhetstrekk. Gruppe 1 med natrium og kalium har ett elektron i s-orbital og gruppe 2 med magnesium, kalsium og strontium har to elektroner i s-orbital. De seks gruppene til høyre i periodesystemet har tre p-orbitaler som hver skal fylles med to elektroner. Gruppe 13 med bor får ett elektron, gruppe 14 med karbon og silisium får to elektroner og den siste gruppe 18 hvor alle p-orbitalene er fylt med elektroner utgjør edelgassene med bl.a. helium, neon og argon. Grunnstoffenes periodesystem har en smal del på midten, transisjonsmetallene, grunnstoffer hvor 5d-orbitaler hvor hver skal fylles med to elektroner, som gir i alt 10 grupper. De indre transisjonsmetallene har elektroner i f-orbital (7f-orbital) som kan fylles med i alt 14 elektroner. De vannrette rekkene i periodesystemet kalles perioder.

Via kollisjoner i partikkelaksellratorer har vi fått ytterligere informasjon om hvordan materien er bygget opp. Protoner og nøytroner kalles nukleoner og begge spinner. Protoner har isospinn med klokka og nøytroner har isospinn mot klokka. Protoner har ladning, nøytroner har ikke ladning, men litt mer masse enn protonet. Elektroner, nøytroner og protoner har halvtallige spinn og kalles fermioner, oppkalt etter **Enrico Fermi** (1901-1954). Bosoner er partikler med heltallig spinn, oppkalt etter **Satyendra Nath Bose** (1894-1974). Fermioner holdes ihop av bosoner. Protoner frastøter hverandre, og nøytroner og protoner er bygget opp av kvarker. Begrepet kvark ble innført av **Murray Gell-Mann** (1929-) i 1963. Kvarkene fikk navn: opp, ned, sjarm, topp, bunn og fremmede. For elementærpartikler finnes en tilsvarende antipartikkel, og fotonet som ikke har noen masse er sin egen antipartikkel. Partikkel og antipartikkel kan kollidere og gi et utbrudd av elektromagnetisk stråling (partikkel annihilation). Elektronets antipartikkel er positronet. Elementærpartiklene har et spin og en verdi av spinnet. For fotonet er dette helt, men for elektroner, protoner og nøytroner er spinn lik en halv. Elektroner og protoner har spin $+1/2$ og $-1/2$. med totalt vinkelmoment lik 0. Ifølge kvanteteorien vil spinnet være i alle retninger samtidig, og bestemmes bare når de måles. Raskere enn lyset telepati som Einstein kalte det. Har du målt verdien for proton en må verdien for proton nummer to være gitt selv om de to partiklene er millioner av kilometer fra hverandre. **Alain Aspect** (1982) gjorde et forsøk i Paris med to protoner som gikk hver sin vei mot en separat magnet, med kort avstand mellom partiklene. Korrelasjonen mellom de to vinkelmomentene ble målt med en høyfrekvent lasersvitsj.

En optisk laser sender ut fotoner i samme kvantenivå og en laserstråle har ren farge og strålingen er koherent. Også atomer kan befinne seg i en stråle og hvis en gass med natriumatomer kjøles ned mot det absolutte nullpunkt lages det en ny form for materie **Bose-Einstein kondensat**. Jfr. atomlaser versus optisk laser. Virkeligheten er det vi kan se og ta på. Vanskeligheter oppstår når deler av virkeligheten blir så liten eller stor at vi må ta i bruk instrumenter for å kunne observere og registrere dem. Dette er en virkelighetsutvikling mot "se og høre, men ikke røre". Målet med den store enhetsteorien blir å forene de fem kreftene vi i dag kjenner til: sterke kjernekrefter, svake kjernekrefter, magnetisme, elektriske krefter og gravitasjonskraften. Elektromagnetisme har uendelig rekkevidde og har pluss og minus som opphever hverandre. Gravitasjon er tiltrekning mellom masser, og man forstår lite hvordan den er satt sammen. Fritt fall gir vektløshet, dvs. gravitasjonen er eliminert. Man antar at det er et boson kalt graviton med spinn lik 2. Den sterke kjernekraften er uten masse, har lang rekkevidde og formidles av et boson kalt gluon. Svake kjernekrefter forklarer radioaktivitet og formidles av W og Z vektorboson. Det arbeides også med å forene relativitetsteori og kvantemekanikk. Nøytrinoer har halvspinn, liten masse og ingen ladning. Andre kjernepartikler er leptoner, hadroner, myoner og dets nøytrino (charme-kvark og strange-kvark), tauonet med nøytrino (topp-kvark og bunn-kvark). Elektronet og dets nøytrino har opp-kvark og ned-kvark. Innen både fysikk, kjemi og biologi ser man stadig eksempler på symmetri. Superstreng-teori kobler sammen fermioner og bosoner. En streng kan vibrere på forskjellig måte. Strengen kan ha en Planck-lengde er lik 10^{-35} meter. Planck-tid er 10^{-43} sekunder, og ingen klokke kan tikke fortere enn dette.

Meteren ble innført som måleenhet i Norge 1872, og erstattet måleenheten tomme. En norsk tomme var 0.62 meter, = $1/38$ av lengden av sekundpendelen (45 grader nordlig bredde). En alen var lengden fra albu til spissen av lillefingeren. Lengden av meteren ble bestemt under det franske vitenskapsakademiets meridianekspedisjonen i 1792-1799 av astronomene **Pierre François André Mechain** (1744-1804) og **Jean Baptiste Joseph Delambre** (1749-1822). De målte meridianen med triangulering fra Dunkerque til

Barcelona. Platinameteren ble imidlertid 0.2 meter for kort. Det metriske system ble innført i Frankrike 1790, og ved lov i 1840, men USA og Storbritannia strittet imot og var skeptisk til metersystemet.

Lyd er trykkbølger i væske eller gass og som deretter blir registrert av ører hos dyr. Høyere frekvens gir ultralyd. Lydintensitet (effekt per areal) måles i en logaritmisk skala som decibel (dB). Nullpunktet (0 dB) på decibelskalaen er høregrensen som mennesket har for lyd på (1000 Hz). Navnet *bel* har skalaen fått etter **John Graham Bell** (1847-1922) som oppfant telefonen i 1876, med telefonforbindelse først mellom Chicago og New York. Opprinnelig var skalaen grov og den ble seinere inndelt i 10 deler og fikk navnet decibel. Smertegrensen for øret er ved ca. 120 dB. **Johann Christian Doppler** (1803-1853) undersøkte lyset fra periodiske dobbeltstjerner og fant at bølgelengden fra lyset varierte periodisk. Lyden fra sykebil endrer seg hvis den kommer mot oss i forhold til den kjører vekk. Det skjer en strekning av lyd- eller lysbølger for objekter som beveger seg vekk fra en observatør, eller blir mer kompakte hvis objektene beveger seg mot observatøren. Dopplereffekten brukes til å finne hastigheten til galakser som fjerner seg fra oss ved å måle rødforskyvning av spektrallinjer. Teorien om "det store smellet" (Big Bang) har blitt utfordret av **Perat** og **Alven** med sin teori om plasmauniverset. Kan romtiden fryse eller smelte ?

Vitenskap er måling. Alt er bygget opp av atomer. Richard Feynman.

Atombomben

Albert Einstein (1879-1955), berømt for den spesielle relativitetsteori, den generelle releerativitetsteoriene, studier av Brownske bevegelser og forklaringen av den fotoelektriske effekten, la med ligningen $E=mc^2$ som et tillegg til *Zur Elektrodynamik bewegter Körper* det teoretiske grunnlaget for atombomben. Masse er energi. Like lite som Nobel kan klandres for militær bruk av dynamitt og sprengstoff, kan Einstein klandres for generalenes ønsker.

Otto Hahn (1879-1968), **Lise Meitner** og **Fritz Strassmann** oppdaget i 1938 at det var mulig å spalte tunge atomkjerner ved å bombardere dem med kjernepartikler, det var mulig å få til fisjon av uran-235. Nøytroner kunne styrtes inn i atomkjernen og gi fisjon. Allerede **Ernest Rutherford** og **Frederick Soddy** hadde i 1903 beregnet av det ville frigis store energimengder ved en fisjonsprosess , nærmere kalkulert av **Frisch** i 1939. Italieneren **Enrico Fermi** (1901-1954) utviklet en teori for betastråling. Fermi påpekte bruken av langsomme nøytroner som lettere kunne reagere med kjernene, og han var sammen med Leo Szilard med å konstruere verdens første kunstige kjernereaktoren (atomreaktor), ved universitetet i Chicago i 1942. **Frederic Joliot** hadde funnet muligheten for å bremse nøytronene med moderatorer, grafitt eller tungtvann. Naturlig uran inneholder bare ca. 0.71 % uran-235 og resten uran-238. Det store spørsmålet var hvor stor var den kritiske massen ? Uran 235 kan bli anriket ved sentrifugering, det trengs ca. 15 kilo U-235. Plutonium-239 laget i atomreaktor var mer effektivt, det trengtes bare en kritisk masse 4 kilo.¹⁸ Manhatten prosjektet ved Los Alamos i New Mexico ble ledet av **Robert Oppenheimer** (1904-1967) førte til utviklingen av en fisjonsbombe. 16. juli 1945 skjedde den første prøveeksplasjon. En kritisk masse med anriket uran U-235 treffes av nøytroner som blir absorbert og gir en ustabil kjerne som deles i ca. to halvdeler, hvor det samtidig frigis store mengder energi. Det sendes samtidig ut 2-3 nye nøytroner og det blir en kjernereaksjon. Den 6. august 1945 ble

¹⁸Logan, J.: *The Critical Mass*. American Scientist 84 (?) 263-277.

det over Hiroshima sluppet en atombombe av kanonrørtypen med to underkritiske masser U-235 som skytes mothverandre, sammen med beryllium og polonium som gir nok nøytroner til å lage en eksplosiv spalting av uran. Over Nagasaki ble det 9. august sluppet en implosjonsbombe basert på plutonium 239. Virkningen var sjokkert skremmende, og verden har ikke blitt den samme etter dette. Utviklingen av en fusjonsbombe, hydrogenbomben, med en atombombe som tennsats i 1952 ble ledet av **Edward Teller** (1908-) og **Johan Archibald Wheeler** (1911-). Wheeler og Bohr utviklet i 1939 en teori for fisjon grunnlagt på en dråpemodel for atomkjernen. Flere fysikere, bl.a. Robert Oppenheimer protesterte og mente at kjernekraften burde brukes til fredelige formål istedet. Teaterstykket *Copenhagen* tar for seg et møte mellom Niels Bohr og **Werner Heisenberg** (1901-1976).

Arten menneske hadde utviklet et våpen som kunne utslette store deler av livet på Jorden. **Murray Gell-Mann** kunne holde orden på alle partiklene som kom ut av partikellakselleratorene. Atombombene har gitt en gjensidig trussel og terrorbalanse.

Gunnar Randers og Odd Dahl var viktige i byggingen av forsøksreaktoren JEEP I på Kjeller som åpnet i 1951, hvor Norsk Hydro bidro med tungtvann, men hvordan skaffe uran? Evje i Setesdal var en mulighet, uran-tungtvannsbrytning med Frankrike en annen, men endte med uran fra Kongo.

Andre oppdagelser

Tyskeren **Alfred Wegener** er kreditert oppdagelsen av kontinentaldrift og platetektonikk (tekton - bygger) i *Die Entstehung der Kontinente und Ozeane* (1912). Kontinentalplatene flyter, kan kollidere, og en plate kan skli under en annen (subduksjon). For 285 millioner år siden var alle kontinentene samlet i et stort kontinent. Først ble Afrika atskilt og deretter S-Amerika og Australia. Den midtatlantiske rygg går fra Island til Antarktis. Jordskjælv forekommer der platene treffer hverandre og gir vulkansk aktivitet.

Franskmannen **Gustave Gaspard Coriolis** (1792-1843) utviklet de fysiske-matematiske prinsippene for hvordan tregheten påvirker objekters bevegelser i forhold til et roterende system. Coriolis-kraften gir forklaring på vindretningen rundt lav- og høytrykk. **George Hadley** (1685-1768) viste hvordan passatvindene ble dannet pga. temperaturforskjellene mellom ekvator og subtropene og spesielle luftstrømmer (Hadley-celler). **Luke Howard** laget i 1803 et system for inndeling av skyer basert på kombinasjoner av stratus, cumulus, cirrus og nimbus. Goethe skrev dikt tilegnet Howard.

Elektrisk telegrafi med telegrafstasjoner forbundet med ledninger mellom sender og mottaker dannet etter hvert et verdensomspennende telegrafnett. Det ble lagt sjøkabel over den engelske kanal i 1851 og over Atlanterhavet fra Irland til Amerikas østkyst i 1866. Basert på Ørsted og Faradays oppdagelser ble det laget en telegrafnøkkel med spole og jernkjerne. Spolen var tilkoblet +-polen på et batteri og minus-pol til jord. Når telegrafnøkkelen ga en sluttet strømkrets ble spolen magnetisk og vippet opp en anordning som avhengig av hvor lengde nøkkelen ble holdt nede laget prikker og streker på et papir som gikk med jevn hastighet, alfabetet til Samuel Morse. Ved multipleksing kunne man sende flere telegram i en ledning. Etter hvert viste seg at en trenet radiotelegrafisk kunne lytte seg fram til meldingen, raskere enn å lese prikker og streker på et papir. Forsøk viste at strøm sendt gjennom en primærespole kan gi høyspent vekselstrøm i en sekundærespole. Denne høyspente strømmen kunne produsere gnister mellom jord og antenne, gnistsendere som sendte ut elektromagnetiske bølger med lysets hastighet, grunnlaget for trådløs telegrafi. Etter hvert ble det laget lysbuesendere.

I 1901 ble det mulig å sende trådløse radiosignaler med morsetegn over Atlanterhavet takket være den italienske oppfinneren **Guglielmo Marconi** (1874-1937), som etablerte The Marconi Wireless Company i 1897. Det ble laget skipstelegrafer, og meldingen om Titanics forlis i 1912 ble sendt via trådløs telegraf.

Thomas Alva Edisons (1847-1931) oppdaget glødelampen i 1879, og fonografen som ledet til gramofonen. Tidligere hadde lyskilden vært fakler, talglys, stearinlys og gasslys, gass fra forkoksning av kull. Humphrey Davy hadde i 1810 oppdaget av høy spenning sendt gjennom to spisse kullstaver som nesten sto i kontakt med hverandre laget en lysbue mellom kullelektrodene. Kullbuelyset trengte vekselstrøm, men et problem var at kullstavene raskt brant opp. The Edison General Electric tiltrakk seg en rekke dyktige medarbeidere som behersket glassblåsing av vakuumteknologi, og det ble laget en glødepære, glasspære med vakuum og en spiral med kulltråd laget fra bomull koblet til elektrodene. Denne lampen ble demonstrert i Menlo Park N.Y. Imidlertid hadde Edison stor tro på likestrøm, men **Nikola Tesla** oppdaget fordelene med vekselstrøm, at lav spenning kan transformeres til høy spenning som muliggjør transport av mye strøm over lange avstander uten stort energitap. Tesla konstruerte også en trefase vekselstrømsmotor i 1888. De første dynamoene ble drevet av dampmaskiner. Werner Siemens konstruerte i 1866 en dynamo basert på en spole rundt et anker med bløtjern. Etter hvert kunne mekanisk energi i strømmende vann omdannes til elektrisk energi i elektriske kraftverk. Elektromotoren erstattet dampmaskiner. Sammen med strømledninger ble telefontråder ført gatelangs. Det amerikanske teleselskapet American Telephone and Telegraph Company, AT&T, opprettet egen forskningsavdeling Bell Labs, og General Electric med tilsvarende GE-lab. I Europa laget firmaet Siemens-Halske telegrafer og undervannskabler.

Henry Ford laget en fabrikk i 1903 med masseproduksjon av biler. Forderismen viste seg å være et stivnet system som ikke satset på stadige forbedringer, ny design og fleksibilitet. Budskapet fra Ford var: "Velg hvilken farge du vil på bilen, bare det er svart". Naturvitenskap hadde gitt forståelse av naturen og verden. Ingeniører kunne løse et bestemt problem basert på naturkunnskap, elektrisitet og mekanikk. Styrkeberegninger ga mulighet for nye brokonstruksjoner. Masseproduksjon ga rasjonell og billig tilgang til ettertraktede varer. Industrialiseringen krevde tilgang på billige råvarer med tilhørende imperialisme og utnyttning av kolonier. Maskiner erstatter menneskelig arbeidskraft. Charlie Chaplins film *Modern times* (Moderne tider) (1936) harsellerte over samfunnet med masseproduksjon og ensformige arbeidsoperasjoner langs samlebåndet. Mindre fysisk hardt arbeid gir mer tid til fritid, ferie og høyere lønn. Det ble mindre ensformig monotont arbeid. Allikevel skulle det vise seg at arbeiderklassen måtte utkjempes mange slag for å kunne sikre seg rettigheter som vi i dag tar som en selvfølge, kort arbeidsdag, lang ferie, lav pensjonsalder, syke- og trygdelønnsordninger, et sikkert, sosialt og trygt arbeidsmiljø. Etter hvert utviklet det seg en kløft mellom skole og det praktiske virkelige arbeidslivet. Noen studerte, mens andre "gikk i lære" og gjorde nytte for seg. Innen det norske arbeiderparti var tankegangen at akademikerne skulle tjene arbeiderklassen, og ikke omvendt. Det er den samme tankegangen som ligger bak når universitetet blir satt til å løse samfunnsoppgaver, i stedet for å skaffe ny grunnleggende viten om verden og organismene.

Guglielmo Marconi. Brødrene **Wilbur Wright** (1867-1912) og **Orville Wright** (1871-1948) gjennomførte en tolv sekunders flytid i 1903 ved Kitty Hawk i North Carolina.

Kjemikeren **Leo Bækland** (1863-1944) gjorde flere oppdagelser. Han laget et fotografipapir Velox, seinere solgt til George Eastman, og han laget en syntetisk skjellakk bl.a. brukt til isolatorer. Den revolusjonerende oppdagelsen var imidlertid bakelitt, den første type plastikk. I dag finnes plastikk i omtrent alle typer produkter. **Philo Farnsworth** (1906-1971) arbeidet

med hvordan bilder kunne lages ved hjelp av elektroner, og hvordan elektroniske bilder kunne overføres, en oppdagelse som første fram til fjernsynet (televisjon).

William Shockley (1910-) oppdaget transistoren i 1947. Elektriske signaler som kom ut av krystaller med germanium var større enn de som ble sendt inn. Mikrochipen (1958), månelandingen og etableringen av Internett (1969) har påvirket vår hverdag. Integreerte kretser på en mikroprosessor åpnet den digitale verden, hvor det binære tallsystemet med null og en kunne beskrive alle bokstaver, tegn og tall.

Det går lang tid fra en oppdagelse gjøres til det blir en akseptert sannhet. Eksempler på dette er **Ignaz Semmelweis** og barsefeber. **Barbara Mc Clintock** og oppdagelsen av transposoner, et ustabil genom med DNA som forflytter seg i genomet. Legen **Kilmer Mc Cully** Harvard Medical School, som oppdaget på 1960-tallet at mengden av aminosyren homocystein kunne påvirke utviklingen av hjertesykdom, en tid da alle snakket om kolesterol. Mc Cully har skrevet om dette i *The Heart Revolution*. Mengden homocystein i blod kunne senkes med å spise korn, vegetabilier og ved tilførsel av vitaminene folinsyre, B₆ og B₁₂. Så ble det stille om homocystein.

I 1969 utførte den sørafrikanske kirurgen **Christiaan Barnard** og kolleger verdens første hjertetransplantasjon. Verdens første prøverørsbarn Louise Brown ble født i England i 1978, og det første prøverørsbarnet i Norge ble født i 1983.

Filosofi, samfunn, religion og biologi

I Kina ble det brukt orakelbein med innskrevne spørsmål til naturguder og forfedrenes ånder. Ved oppvarming ble det sprekker i beina og disse kunne tolkes som svar fra gudene. **Konfucius** (551-479 f.kr.) lære opptegnet i analekter ga praktiske råd om samliv, dyder og ritualer, hvor godhet, velvillighet og vennskap ble vektlagt. Ifølge konfucianisme og taoisme er de utfyllende og vekselvirkende grunnkreftene i naturen yin og yang.

Ifølge den greske nemesislæren fantes det en rettfærdig verdensorden hvor hybris (overmot) og bigotteri ble straffet. "Det går en Nemesis gjennom livet". **Thomas Aquinas** (1225-1274) diskuterte forhold mellom tro og fornuft, årsak og virkning, og fremsatte med fem gudsbevis, gud- den første årsak eller første beveger. Thomas mente at det var umulig å vise at universet har en begynnelse, og det er ingen motsetning mellom tro og fornuft..

Humanistene dyrket antikkens litteratur og gresk språk, og gikk generelt ut mot skolastikken og geistelighet. Noen av humanismens grunnleggere var italienerene **Francesco Petrarca** (1304-1374), berømt for sine sonetter, og **Giovanni Boccaccio** (1313-1375) berømt for *Decameronen*. I resten av Europa dominerte middelalderens tankegang gjennom mesteparten av 1400-tallet. I året 1469 kommer det en latinsk oversettelse *Corpus hermeticum* av hermetistiske skrifter fra den første tiden etter kristi fødsel, muligens skrevet av Hermes Tismegistos. Hermetismen hadde impulser fra egyptisk, gresk og romersk og var preget av alkymi og magi. Alkymistene arbeidet med å transmutere metaller med mål å lage gull og sølv fra simple metaller, det første grunnlaget for moderne kjemi, men alkymistene var også opptatt av måter å forlenge livet. Albrecht Dürers snitt *Melencolia* (1514) var inspirert av alkymistene samt pytagorere og viste et "magisk kvadrat". Sofisk kvikksølv og svovel, salt svart og gul galle, hvit flegama og rødt blod var viktige ingredienser. Aristoteles mente at alle objekter ble forandret for å oppnå perfektion, og med disse tanker mente man å kunne lage gull fra det mindre perfekte. Alkymien var preget av religion og mystikk. Mystisisme forener religion, kult og esoterisk kunnskap for de hemmelig innvidde. I en ekstase kunne man

komme i kontakt med gud. Filosofenes stein var et stoff som kunne lage sølv eller gull. Dionysius fra Areopagita skrev på 400-tallet *Mystica theologia* med innslag av nyplatonisme. I sein middelalder utviklet **Jean Buridan** (1295-1358) teorier for bevegelseslære og kom med viktige bidrag innen logikk. **Nicole Oresme** (1323-1382) var lege og matematiker, kommenterte Aristoteles skrifter og hadde innledende tanker om fall-lover samt sannsynlighetsberegning. Oresme betraktet universet som et stort urverk i regelmessig og harmonisk bevegelse.

Thomas More (1478-1535) i England var en representant for humanismen (l. *humanus* - menneskelig), og i *Utopia* (1916) som betyr ingensteder, beskrev More et øyrike og idealstat med rettferdighet, frihet, liberalisme, kultur og verken fattige eller rike. Et samfunn hvor alle måtte arbeide seks timer per dag, med kloke lover og hvor jern var mer verdt enn gull og sølv. Den kristne humanisten og augustinermunken **Erasmus fra Rotterdam (Desiderius Erasmus Roterodamus)** (1466-1536) gikk i den satiriske *Moriae enkomion (Dårskapens lovtale)* (1509) og i *Colloquia familiaria (Samtaler fra dagliglivet)* til angrep på kirken, overtro og dårskap (uforstand). Erasmus var i opposisjon til reformasjonen. "Over alt hvor Lutherdommen rår, går de vitenskapelige studier under". Erasmus var kritisk til klosterliv, skinnhellighet og fromhet. *Dårskapens lovtale* tilegnet Erasmus sin gode venn Thomas More. "Hva ville vel livet ha vært -ja, kunne det i det hele tatt kalles liv - hvis all kjødets lyst og glede ble tatt fra det?", skrev Erasmus.

Den franske humanisten **François Rabelais** (1495-1553) skrev historiefortellingene *Pantagruel*, og *Gargantua*, som omhandler bohemaktig, dionysisk glede over livet, og ap med skolastikerne. Tidligere hadde den greske satirikerer **Lukian** (120-180 e.kr.) drevet harselas med gudetrom og overtro.

I Tyskland beredde **Johan Reuchlin** og **Ulrich von Hutten** grunnlaget for reformasjonen, hvor **Martin Luther** (1483-1546) i 1517 kom med 95 teser mot pavemakt og avlatshandel, slått opp på døren til slottskirken i Wittenberg. Ved kjøp av avlatsbrev kunne man få tilgivelse og slippe skjærsilden. **Ulrik Zwingli** var en tilsvarende reformator i Sveits. Zwingli var mot fasten og mente at prestene burde kunne gifte seg. Zwingli mente at nattverden bare kunne betraktes som et minnemåltid i takknemlighet til gud, men Luther mente at vin og brød virkelig var kristi blod og legeme. Franskesyken (syfilis) var utbredt og herjet i hele Europa fra 1400-tallet og utover, noe som man mente var guds straff for hor og utukt. **Juan Luis Vives** (1492) var en spansk filosof som utga *De disciplinis* (1531) som omhandlet undervisningsteori og *De caucis corruptarum arlium* om psykologi. Vives argumenterte mot skolastikkens konvensjoner og autoriteter, og var en av forløperne for Francis Bacon.

Grekerne hadde vært opptatt av geometri, men i Italia var det matematikere som arbeidet med algebra bl.a. **Niccolo Tartaglia** (1499-1577) og matematikeren **Girolamo Cardano** (1501-1576) som klarte å løse tredjegradslikninger, dog ikke uten personlige konflikter. Cardano skrev også det medisinske verket *De subtilitate rerum* (1550). Nederlenderen **Simon Stevin** (-1620) innførte desimalregningen i 1585. I 1614 viste matematikeren **John Napier** (1550-1617) reglene for logaritmer.

Tyskeren **Georgius Agricola** (1494-1555) skriver et læreverk *De re metallica* (1556) om gruvedrift og metallutvinning, hvor han forsøker å ordne mineraler og bergarter i et system. I Sachsen og Harzen er det tyske bergverksarbeidere som skaffer seg kunnskap om malm, hammer, meisel, ildsetting, gruver, gruvesjakter og paternosterverk. Etter hvert blir gruvesjaktene så dype at grunnvann strømmer inn i gruvegangene og skaper problemer. Agricola beskriver lungesykdom hos gruvearbeidere i Joachimsthal, som det seinere skulle vise seg skyldes radioaktive isotoper. Jernoksid ble redusert med trekull i en smelteovn, og store skogsområder forsvant med metallutvinningen. Jern med høyt innhold av karbon er porøst og vanskelig å smelte. Edelmetaller ble brukt i mynter og smykker. Den franske

vitenskapsmannen **Bernard Palissy** (1510-1590) var kjent som keramiker, men holdt også offentlige forelesninger om naturvitenskap.

Francis Bacon (1561-1626) var opptatt av læring og "den store tidsepoken" hvor mennesket med hjelp av vitenskapen skulle beherske naturen. Han skrev *The Proficiency and Advancement of Learning* (1605), videre *Novum Organum (Nytt instrument)* (1620), *The New Atlantis* (1626) og *Sylva Sylvarum* (1627). Bacon ønsket å fjerne subjektivitet fra vitenskapelig tenkning. Han utviklet induktiv tenkning og den eksperimentelle metode (induktive metode/Baconske metode) basert på observasjon og eksperiment i motsetning til Aristoteles som skrev den første *Organum*. Inferens er konklusjoner fra premisser. Deduksjon er konklusjon fra et generelt tilfelle til et spesielt, og induksjon er fra et spesifikt tilfelle til et generelt. Bacon ønsket å forstå verden ut fra induksjon og empiri. **Baruch Spinoza** (1632-1677) levde i Amsterdam og delte verden i en materiell og en åndelig. Det har alltid vært vitalister som mente, i motsetning til f.eks. **René Descartes** (Cartesius) (1596-1650), at liv ikke bare kunne forklares ved mekanisk årsak-virkning effekter.

Selvreparasjon og reproduksjon var ifølge vitalistene krefter som ikke vitenskapen kan forklare. Disse kreftene eksisterte før den organiske prosessen mente vitalistene. Descartes mente at fenomener i levende organismer var et resultat av fysikk og kjemi, og han hadde et mekanistisk syn på liv og livsfunksjoner. Han gikk fra det enkle til det komplekse. Komplekse problemer kunne løses ved å studere enkeltdelene. Descartes forsøkte å lage en allmenngyldig plattform for all kunnskap hvor alt skjedde med matematisk nødvendighet. Hans mekaniske naturfilosofi ble presentert i *Principia philosophiae* (1644) (Filosofiens prinsipp). Alt levende og livløs materiale har utstrekning og er bevegelig og delbart. Descartes mente at vi må tvile og tro på våre sanser og det eneste som er sikkert er at man tviler: "*Je pense, donc je suis*" ("*Cogito, ergo sum*/Jeg tenker, altså er jeg"). Descartes hevdet at alle ting i naturen var maskiner, skrevet i *Tractatus de homine* (1662). Han unngikk Galileos skjebne ved ikke å publisere *Le Monde* (Verden) en fysisk teori for universet med et heliosentrisk verdensbilde. *Le Monde* ble publisert 14 år etter hans død. Der skrev han om lys overført som en bølgefront bestående av stoff og skilte mellom lys slik vi ser det og lys som kropp. I *Meditationes de prima philosophia* (1641) presenterte han et metafysisk forhold mellom stoff (*res extensa*) og tanke (*res cogitantes*). Descartes fikk imidlertid problemer med begrepene kropp og sjel, materie og ånd, noe Aristoteles hadde sluppet unna ved å mene at sjelen lå i formen. Descartes store verk var *Discours de la méthode pour bien conduire sa raison et chercher la vérité dans les sciences* (1637) med seinere 3 vedlegg: *La Dioptrique*, *Les Météores* og *La Géométrie*, sistnevnte om analytisk geometri. Descartes ble invitert til dronning Kristina i Stockholm hvor han døde noen måneder seinere. Den engelske filosofen **Thomas Hobbes** (1588-1679) mente at sjelen var dødelig, og han trodde ikke på den fri vilje, men på determinisme. Hobbes betraktet verden som stoff i bevegelse, og var tilhenger av Galileo og Gassendi. Han skrev om politisk teori i *Leviathan* (1651) og mente at nasjoner og folk er egoistiske. Spekulasjon, spill, hasard, kontrabandeverer, fram til vår tids markedsliberalisme og grådighet viser at Hobbes hadde rett. Myndighetene må beskytte det egoistiske folket mot deres egen griskhet, og nasjonene er i stadig kamp om ressurser og rikdom.

Herbert of Cherbury (1583-1648), en av deismens grunnleggere, ønsket å skape en naturlig fornuftsreligion som alle kunne godta. I *De veritate (Om sannheten)* (1624) redegjør han for en slik religion basert på generelle morallover. Naturretten går ut på at det finnes en rettferdighet som finnes innebygd i menneskets vesen, og naturlige rettigheter er livet og frihet. Ifølge naturretten er kvinner likeverdige med menn. Mennesket har opprinnelige rettigheter og plikter grunnet sin natur og tilknytning til naturen. En av humanismens og naturretens første fanebærere var **Hugo Grotius** (1583-1645). I *Mare liberum (Fritt hav)* fremmer han synet om at alle nasjoner har lik rett til å ferdes på det åpne hav, men mest

berømt er *De jure belli et pacis (Om krigens og fredens rett)* (1625). Grotius ideer ble videreført av **Samuel von Pufendorf** (1632-1694) i hans *De jure naturae et gentium (Om naturens og folkenes rett)* (1682). Holberg skrev om *Naturens og Folkerettens Kundskab*. **Gottfried Wilhelm Leibniz** (1646-1716) stiftet vitenskapsakademiet i Berlin (1700), og var matematiker som arbeidet med integral- og differensialregning (infinitesimalregning) og naturfilosof med atomlæren som utgangspunkt. Tidligere hadde franskmannen **Pierre Gassendi** (1592-1655) koblet atomlære fra Epikur og Lukrets med en materialistisk mekanisk verdensoppfatning og skrev *De vita et moribus epicuri* (1647). Leibniz mente at det fantes partikler, kalt monader, som var basis for universet. I mikroskopet hadde man sett at det i en vanddråpe krydde av liv og Leibniz's livsprinsipp og innerste vesen for materien var de levende, evige og udelelige monader. Plantenes monader kunne ikke føle sa Leibniz. Newton hadde funnet opp infinitesimalregningen (integral- og differensialregningen), men det var Leibniz som først offentliggjorde det i 1684. **William Gilbert** (1544-1603) framsatte i *De magnete* (1600) (Om magneten), et standardverk om elektrisitet og magnetisme, en hypotese om at jorda var en magnet og han laget en jordmodell kalt *terella* hvor han kunne vise prinsippet for jordmagnetismen. **Kristian Birkelands** seinere terella-modell var hentet fra Gilbert. **Evangelista Torricelli** (1608-1647) var assistent hos Galilei, og kunne med et lukket rør med kvikksølv (kvikksølvbarometer) vise i 1644 at lufttrykket tilsvarte 760 mm kvikksølv, og at det oppstod et luftomt rom på oversiden av kvikksølvet. Torr er en gammel måleenhet for gasstrykk oppkalt etter Torricelli. Den franske matematikeren og vitenskapsmannen **Blaise Pascal** (1623-1662) viste med Torricellis barometer at lufttrykket sank når instrumentet ble plassert på en fjelltopp. Han konstruerte også en regnemaskin, et telleverk kalt pascaline. Pascal trakk seg imidlertid tilbake fra matematikken og fordypet seg i jansenismen gjengitt i *Pensées*. Tyskeren **Otto von Guericke** (1602-1686) hadde konstruert en luftpumpe som sugde luft ut av metallbeholdere. I et eksperiment kunne Guericke vise at hvis han pumpet luft ut av to "magdeburgske" metallhalvkuler satt mot hverandre klarte ikke flere hester å trekke dem fra hverandre siden de ble holdt sammen av lufttrykket utenfra beskrevet i *Experimenta nova Magdeburgica de vacuo spatio* (1672).

Vitalistene mente f.eks. at gjæring skyldes en egen livskraft forskjellig fra fysikk og kjemi, en type kraft som fulgte naturlover som bare gjaldt for levende ting. Den mekanistiske holdningen til liv ble støttet av **J.J. Berzelius** (1779-1848) som sa at alle kjemiske prosesser skyldes biologiske katalysatorer. **Eduard Buchner** mente at gjæringen av sukker var en biokjemisk prosess drevet av celleenzymmer.

Mary Wollstonecraft (1759-1797) var en pioner og forut for sin tid innen kampen for kvinners rettigheter. Hun mente at kvinner og menn hadde samme natur og eventuelle forskjeller skyldtes forskjellig oppdragelse. Hun gikk inn for felles skoleklasser med gutter og jenter, og påpekte viktigheten av at kvinner skaffet seg utdanning slik at de ikke ble økonomisk avhengig av mannen i ekteskapet. Hun mente at ekteskapet egentlig var en utbredt form for prostitusjon. Hun skrev *Thoughts on the education of daughters* (Tanker om døttres utdanning) (1787) og *Vindication of the rights of women* (Forsvar for kvinnes rettigheter) (1792). Wollstonecraft skrev også reisebrev fra en reise hun gjorde til Sør-Skandinavia i 1795 (*Letters written during a short residence in Sweden, Norway and Denmark*), oversatt til norsk i 1976 (Min nordiske reise). I disse reisebrevene beskriver hun land, folk, kultur og landskap, men det er også biologiske betraktninger bl.a. kampen for eksistens:

Den overdådighet med hvilken naturen har beriket dem, forhindrer enhver forbauselse når man i hver liten bergsprekk kan se en spinkel småfuru som kjemper for eksistensen. Dette er lang tid før Darwin. Wollstonecraft er i reisebrevene også inne på den riktige antakelsen om at planten får hovedsakelig sin næring (CO₂) fra luften og har økologiske

betraktninger:

“Det er egentlig ikke forbausende at furuen så ofte blir undergravet, siden den sender sine røtter ut i horisontal retning og bare trenger en smule jord til å skjule dem der de klamrer seg til det nakne fjell. I mine øyne gir intet annet et så tydelig bevis for at det hovedsakelig er luften som nærer trær og planter, som disse furuers frodige utseende. - Granene trenger dypere jord, og man ser dem sjelden så frodige og tallrike på de golde klipper. De søker tilflukt i sprekkene, eller på steder hvor furuene i årtuseners løp har forberedt et fotfeste for dem”.

Hun observerte med en blanding av “medlidenhet og gru” hvordan soldater ble opplært: *... ..jeg gjorde meg refleksjoner over en gammel tanke jeg har hatt, nemlig at det er bevarelsen av arten, ikke av individene, som ser ut til å være Guddommens plan gjennom hele naturen”.* Wollstonecraft mente at dødsstraff burde oppheves, slik den var nå var den bare *“morskap for en måpende folkemasse, som ikke føler medynk med delinkventen, men idel nyfikenhet”.*

Postdarwinismen ble fulgt oppfinnelsenes tid med en enorm industrialisering av Europa og Nord-Amerika, fra landbruk til industri. I England hadde **Oliver Cromwell** (1599-1658) under borgerkrigene på 1640-tallet kjempet for parlamentet mot kongemakten, og seinere mot Stuartene. Parlamentarismen i England ga frihet. Treploger ble brukt på 1600-tallet. Det fantes imidlertid mange tekniske innretninger som møller og hammerverk. På 1700-tallet ble England et foregangsland innen landbruksforskning og praktisk landbruk. **Adam Gottlob Moltke** (1710-1792) innførte landbruksreformer i Danmark.

På 1800-tallet ble det i England utviklet en mekanisk industri med fabrikker, i et økonomisk og militært maktsentrum. Bomull har lange fibre og er lettere å spinne enn ull. Bomullsspinnerier ble drevet av vannhjul, selv om dampmaskinen eksisterte. I begynnelsen måtte skyttel med spole skyves med håndkraft under vevingen, manufaktur, håndverksfremstilte tekstiler. Engelsk lov beskyttet mot import av billige indiske bomullsstoffer.

Spinnemaskinen *The spinning Jenny*, laget av **James Hargreaves** i 1765, ga en mekanisk tekstilindustri med store økonomiske konsekvenser. Spinning-Jenny kunne spinne flere tråder samtidig, men ble drevet med håndkraft. Samuel Crompton laget en spinnemaskin i 1779. En vingespindel og spole på samme akse gir både tvinning og spoling. Etter hvert ble det mange spoler på hver maskin. Mekaniserte bomullsspinnerier la grunnlaget for en bomullsbørs i Manchester. **Edmund Cartwright** (1743-1823) oppfant et maskindrevet mekanisk vevstol. Han laget også en maskin som kunne karde ull, en repslagmaskin, samt flere landbruksmaskiner. **Joseph-Marie Jacquard** (1752-1834) laget en selvgående vevstol i 1804 basert på et hullkortsystem som kunne veve mønster, hvor kjedetrådene blir løftet. **Richard Arkwright** (1732-1792) tok patent på en vingespinnemaskin for spinning av bomull, drevet av vannkraft, og ble kalt “water frame”. Arbeiderne i Manchester og Nottingham gjorde opprør mot bruk av maskiner (antimaskinisme). **Isaac Merrit Singer** (1811-1875) laget en symaskinfabrikk i 1853 som laget enkelttrådet symaskiner. Produksjonen av synåler skjedde i produksjonslinjer med arbeidsdeling. I England ble det bygd kanaler og jernbane for transport, det var kapital, arbeidskraft og marked.

Thomas Newcomen (1663-1729) laget en dampmaskinen som ble brukt til å pumpe vann ut av gruveganger. Den hadde en dampkjele i en sylinder, og ved tilføring av vann ble dampen kondensert og lufttrykket sank. Det var en vippebom koblet til pumpen. Kraften ble overført via stangdrift og løfteanordninger. Dampmaskinen til Newcomen ble forbedret av **James Watt** (1736-1819). **Matthew Boulton** (1728-1809) samarbeidet med Watt og bidro med økonomisk suksess. Damp inneholder latent varme og det var ikke energigunstig å tilføre vann til den

varme kjelen. Det ble installert en egen atskilt kald kjele hvor kondenseringen av dampen skjedde. Boremaskiner kunne bore ut sylindere. Måleenheten ble hestekraft, hestens evne til å utføre arbeid. Dette var starten på en teknologisk utvikling som har fortsatt opp til vår tid. Det er ikke bare å overføre teknologisk utstyr, mottakernasjonen må også ha teknologisk kunnskap. Dampmaskinen ble raskt tatt i bruk i kull- og jernindustrien. Tidligere ble tre omdannet til trekull brukt til å utvinne jern fra jernmalm. Nå ble koks brukt i stedet. Dampkraft ble brukt i transportsektoren i båter og tog og ble viktig for verdenshandelen. Jernbanen bandt sammen nasjonalstater, sentrifugalregulatoren holdt togfarten konstant. Treskestokken ble erstattet av dempdrevet treskemaskin. Jernbanen hadde behov for jern. Kull behøves for å redusere jern. En kullmile består av en stabel ved omkring en sentral akse, det hele dekket med fuktig jord, slik at det skjer langsom forbrenning uten luft, og det dannes trekull i stedet for aske. Tre tonn tre gir ca. ett tonn trekull. Jernutvinningen ble basert på koks i stedet for trekull og steinkull. Ved destillasjon av trekull dannes det gass og koks. Koks inneholder imidlertid jern og fosfor som kan forurense jernet, og denne virkningen ble unngått ved at koks og jern bare stod i kontakt med hverandre via en ildbro og varm luft. Det ble også bygget støpejernruer. Tidligere ble vogner trukket av hester. Det ble utviklet høytrykksdampmaskiner, og George Stevenson laget et damplokomotiv med tørrkjele, og det ble laget jernbane mellom Manchester og Liverpool. Det var hjuldampere på Mississippi og det store sjøene i USA. Riktignok kunne klipperen seilskipet Cutty Sark, sjøsatt i 1869, konkurrere med dampskip i frakt av te og ull.

Den første verdensutstillingen i Crystal Palace ved Hyde Park i London 1851, vegger av glass i en stålkonstruksjon inspirert av drivhus, viste Storbritannia som en økonomisk stormakt som styrte verdenshandelen.

Vi ser hvordan teknologien hittil utvikles i en teknologisk tradisjon drevet av oppfinnere og håndverkere, hvor det stadig gjøres små endringer og forbedringer av maskiner og utstyr, basert på empiri. Det samme gjelder landbruk hvor dyrkningsmetoder, dyre- og planteforedling videreutvikles via praktisk erfaringskunnskap. Det er fremdeles ikke behov for naturvitenskapelig teori i fysikk, kjemi, matematikk og biologi. Det er ingeniøren, i. *ingenium*-oppfinnsomhet, som styrer den teknologiske utviklingen. Det er ingeniører som utvikler og konstruerer våpen til krigsformål, og det er sivilingeniøren som tar for sivile oppgaver som konstruksjon av ruer, demninger og kanaler. I Frankrike utdannes militær- og sivilingeniører ved Ecole des Pont et Chaussées grunnlagt i 1747 og Ecole Polytechnique fra 1794. Kaptein Nemo er oppfinneren i bøkene til Jules Verne. I USA er det MIT og Caltech. Teknologi og teknologene startet den naturvitenskapelige revolusjon. Etter hvert kommer det teoretiske grunnlaget fra naturvitenskapen til å skape teknologiske forbedringer og nye oppfinnelser, en vitenskapsbasert teknologi som erstatter erfaringsteknologien. Det blir gjort energibetraktninger om skovlenes plassering, over- eller underfallsvannhjul. Hva er egentlig varme og elektrisitet? **Sadi Carnot** (1796-1832) utviklet det teoretiske grunnlaget for varmeomsetningen i dampmaskinen, det vil si i hvilken grad varme kan brukes til å utføre arbeid. Carnot viste at dampmaskinene som var tunge og lite håndterlige bare utnyttet ca. 12% av energiinnholdet i brenslet. Tidligere trodde man at varme var et stoff, kalt caloricque. **James Joule** (1818-1889) fant den mekaniske ekvivalens til varme, hvor mye arbeid som kan produseres av varme og omvendt. Det var en mekanistisk holdning til naturen. Fremdeles omtales en plante som en kjemisk fabrikk.

Det skjedde en utstrakt mekanisering og utnyttning av arbeidskraft. Negerlaver ble brukt på bomulls- og sukkerplantasjer i Sør-Statene på 1800 tallet. Harriet Beecher Stowe med *Uncle Tom's Cabin* (Onkel Toms hytte, 1852) var et viktig litterært bidrag i antislavebevegelsen. I 1797 laget amerikaneren **Charles Newbold** (1764-1833) en jernplog. Amerikaneren **Cyrus**

H. Mc Cormick laget den første slåmaskinen til landbruket i Chicago i 1840, en start på mekaniseringen av landbruket. Selvbinderen ble laget i 1876. Selvbinderen virket som en slåmaskin, men samlet kornet i kornband (nek) bundet sammen med selvbindingergarn laget av sisal. Kornbandene ble deretter tørket på hesjer eller staur, for deretter å bli tresket på låven, ofte via treskemaskiner som ble flyttet fra gård til gård. Samtidig forbedret **John Deere** plogen. Det første jordbruket var meget arbeidsintensivt, men mekaniseringen frigga stor arbeidskraft fra landbruket som kunne benyttes i industrien.

Råjern inneholder 4-6% karbon, støpejern 2-4% karbon, mens smijern og stål inneholder mindre enn 2% karbon. Bessemerprosessen patentert av **Sir Henry Bessemer** (1813-1898) i 1855 gjorde det mulig i en pæreformet metallbeholder, kalt Bessemerovn eller konverter, å lage billig stål fra siliumrikt råjern. Karbon forbrennes til karbonmonoksid (CO) og deretter CO₂, og derved fjernes karbon fra jernet. Imidlertid måtte jernet inneholde lite fosfor, og fosforfattig malm fantes i Spania og Sverige. Fosfor gjør stålet sprøtt. Sidney G. Thomas løste i 1878 problemet med fosfor, idet han dekket innsiden på med kalkstein (basisk Bessemerprosess). Kalken gjorde at fosfor ble fjernet i reaksjon med kalsium. Tidligere hadde Bessemer brukt ildfast leire på innsiden av ovnen. Med Thomas-Gilchrist prosessen kunne man lage stål fra malm med høyt fosforinnhold, og biproduktet Thomas-fosfat kunne bli brukt i landbruket som fosforgjødsel. Det ble bygget stål- og valseverk i Ruhr, Elsass-Lothringen og Middlesborough. Etter hvert ble stål laget ved Simens-Martin-prosessen, Siemens-Martin ovn, funnet opp av franskmannen **Pierre Martin** (1824-1915) og de tyske brødrene Friedrich og Wilhelm **Siemens**. Stålintustrien er kapitalkrevende. Både **Friedrich Krupp** (1787-1826), videreført av sønnen **Alfred Krupp** (1812-1887) som ga grunnlaget for Krupp-verkene, og **Andrew Carnegie** (1835-1919) hadde begge sin basis i store formuer fra virksomheten i stålproduksjon. Stål kan tilsettes andre grunnstoffer som krom, vanadium, wolfram og molybden og få spesielle egenskaper. Stål ble brukt i skip, tog, togskiner og skyskraper. Krupp startet også stor våpenproduksjon. Det ble laget mange typer verkstedmaskiner som kunne dreie, bore, slippe, frese og høvle stål. Henry Maudsley laget en dreibenk med roterende arbeidsstykke, og det ble mulig å dreie skruer og muttere. Hans elev Joseph Whitworth har fremdeles sitt navn knyttet til en gjengestandard, som eksisterer ved siden av de metriske gjengestandardene. Etthvert overtok USA den ledende posisjonen som produsent av høypresisjons verktøymaskiner.

Sammen med utviklingen av spinning av bomull og ull utviklet det seg en fargeindustri basert på organisk kjemi. Da kull ble omdannet til koks som ble brukt til jernindustri og oppvarming, var biprodukte tjære. Tjære ble omdannet til gass brukt i gasslykter til belysning, men det ble tjærerester igjen fra gassverket. Jeg kjenner godt fra min barndom lukta fra gassverket i Storgata i Oslo, og vi fyrte hjemme med koks. Ernest Snell hadde et tjæredestilleri hvor produktene var gass, asfalt, tunge og lette tjæreoljer. **August Wilhelm Hofmann** (1818-1892), elev av Liebig, var først professor ved Royal College og Chemistry, men ble deretter i 1865 professor i organisk kjemi ved Berlinuniversitetet etter Mitscherlich. Hofmann isolerte både benzen og toluen i tjærerestene i lett-tjæreolje. En blanding av benzen og salpetersyre ga nitrobenzen, som sammen med jernspon og saltsyre via reduksjon ga anilin (C₆H₅NH₂). Bruttoformelen var kjent, men ikke detaljene. Anilin var tidligere blitt isolert av Otto Frische i 1841 fra det naturlige fargestoffet indigo, men nå ble det mulig å lage indigo fra anilin.

Mauvein, et fioletrødt syntetisk fargestoff til direktefarging av bomull, ble oppdaget av **William Henry Perkin** (1838-1907). Dette førte fram til en fargeindustri basert på anilinfarger og syntetisk indigo. Perkin gjorde studier i organisk kjemi og laget allyltoluidin. Tanken var at

dette stoffet kunne bli oksidert til syntetisk kinin som kunne brukes i behandling av malaria. Allyltoluidin sammen med oksygen og kaliumdikromat dannet et mørkt bunnfall som innholdt anilin. Når dette bunnfallet ble løst i sprit ga det en vakker fiolett lysekte farge. Anilinblått, anilinfiolett (Hoffmanns fiolett), anilingult, imperial purpur, indigoblått, metylfiolett, malakittgrønt, rødfarget fuksin, rhodamin og eosin, samt lyseblå-rosa mauve (etter Malva-kattost) var nye syntetiske farger, og mange av dem ble presentert på verdensutstillingen i London i 1862 og i Paris i 1867. Graebe og Liebermann klarte ved målrettet syntese å lage alizarin, en rødfarge som tidligere bare ble isolert fra jordstengelen til planten krapp. Anilinsvart ble brukt til farging av bomull og til trykksverte. Friedrich August Kekulé sin strukturteori fra 1857 og benzenteori fra 1865 gjorde at man kunne lage strukturformler for de nye kjemiske forbindelsene. Benzen inneholdt en ring, naftalen to ringer og antracen tre ringer.

Tyskland hadde kjemisk kunnskap, og utkonkurrerte England og Frankrike med sin nye kjemiske fargeindustri, og bomullsindustrien hadde økt behov for farging av stoffer. Det er få farger som binder seg direkte til stoffet. Bomull er grågul og må blekes. Mange av fargestoffene var tungtløselige, det ble laget løslige reduserte stoffer, som deretter ble tilbakeoksidert til det opprinnelige. En lang rekke industriselskaper oppstod som hadde sin basis i anilinfarger, og mange av dem eksisterer fram til vår tid. Plantasjene med fargeplanter krapp og indigoplanter ble unødvendige. Purpur fra purpursnegl og kochenille fra kaktuslus i Mexico ble utkonkurrert.

Badische Anilin- und Sodafabrik (BASF) grunnlagt i 1861 laget syntetisk indigo i 1897. Bayer & Co grunnlagt 1861 og Hoechst (1862) laget fuksin. Under første verdenskrig ble imidlertid fabrikkene involvert i krigsindustri. Flere fabrikker slo seg sammen i 1926 og dannet I.G. Farben, et selskap som sammen med stålkartellet Krupp ble dømt i rettsprosessene etter andre verdenskrig. I.G. Farben inngikk allianse med Norsk Hydro i 1927, hvor I.G. Farben hadde patent på Haber-Bosch-metoden for industriell nitrogenfiksering, men I.G. Farben hadde også patent på gassen Zyklon B brukt i gasskammerne.

Mange av de syntetiske fargestoffene var imidlertid giftige. Syntetisk gummi og bensin var andre industriprodukter. Gummiplantasjene med produksjon av naturgummi ble mindre viktige. Patentlovgivningen ble utviklet for å beskytte forskningsresultatene, mens universitetene publiserte sine oppdagelser i tidsskrifter, til fri avbenyttelse for alle. Det ble dannet eget forskningslaboratorier tilknyttet industrien. Laboratorier, som betyr arbeidssted, er stedet for vitenskapelige undersøkelser. De syntetiske tjærefargestoffene ble også tatt i farging av mikroskopiske preparater og blodceller, bruk i kjemoterapi dvs. kjemisk behandling av sykdom bl.a. syfilis og sovesyke, et arbeid ledet av Paul Ehrlich og Elias Metchnikoff.

Etter Napoleonskrigene og Wienerkongressen i 1815 utgjorde de tyske statene en løs samling. Etter den Tysk-Østerrikske krig i 1866, dannes i 1867 det Nordtyske forbund under ledelse av Prøyssen, mens Østerrike inngår i det Østerrikske-Ungarske dobbeltmonarki (1867-1918). Fram til "skuddet i Sarajevo" og første verdenskrig var Tyskland en ledende industrinasjon i Europa. Den første verdenskrig ender i katastrofe for Tyskland. Versailles-freden i 1919 og det strenge kravet om skadeserstatninger danner opptakten til den andre verdenkrig.

Elektrisitet og kjemi gir grunnlag for en rekke nye industriprodukter. Behov for råstoffer og nye markeder la grunnlag for imperialisme. Industriutviklingen ga vekst av bysamfunn med bykultur og folkeforflytning fra landbygda. Agrarsosialistene priste bonden og marxistene industriarbeideren.

Talltastaturet var effektivt for innskriving av tall og kassaapparatene fra NCR (National Cash Register) fra 1890 brukte tannstenger og sifferhjul. Keynes økonomi var basert på

konstant indre miljø og likevekt, til erstatning for laissez-faire kapitalisme. Teoriene til økonomen **John Maynard Keynes** (1883-1946) med *The General Theory of Employment, Interest and Money* (1936) kom til å prege metodene som ble brukt til å bekjempe nedgangstider.

Det fossile brensel ble mer effektivt utnyttet hvis forbrenningen kunne skje inne i en metallsylinder i en motor. En forgasser forstøvet bensin og en komprimert gass-luft blanding inne i sylinderen ble antent. Forbrenningsmotoren ga mye avgasser. I 1876 bygde den tyske ingeniøren **Nikolaus August Otto** (1832-1891) en firetakts bensinmotor. En motorsykel ble laget i 1885 av **Gottlieb Daimler** (1834-1900) og **Wilhelm Maybach** (1846-1929) som hadde laget en flottørforgasser som forstøvet bensin i en luftstrøm. En motorvogn ble konstruert i 1886 basert på forbrenningsmotoren. I 1891 produserte Daimler en lastebil. Maybach laget sammen med von Zeppelin motorer til luftskip. **Karl Benz** (1844-1929) konstruerte en 2-taktsmotor og 4-taktsmotor med elektrisk tenning. Daimler-Benz ble slått sammen i 1926. **Rudolf Diesel** (1858-1913) la det teoretiske grunnlaget for utvikling av dieselmotoren. Bensin er hydrokarboner med fra 5-10 karbonatomer, mens diesel har fra 15-25 karbonatomer. Bensin- og dieselmotoren medførte en jakt på olje, og et fremtidig forbruk av fossilt brensel som på et eller annet tidspunkt må vise seg som globale miljøskader og økonomiske ringvirkninger.

Det amerikanske system med rasjonaliserte fabrikker med samlebånd og mekanisering med spesialmaskiner ga masseproduksjon av biler som Ford, Cadillac, Buick, Chevrolet og Oldsmobile. Henry Ford etablerte Ford Motor Company i 1903, og i 1908 kom modell T. Ford viste også at det var mulig å havne inn i en blindgate med spesialmaskiner hvor det ikke skjedde noen nyutvikling og endring i design. "Fleksibel masseproduksjon" ble det nye stikkordet, og "Forbrukeren må aldri være helt tilfreds og fornøyd med det han eller hun har kjøpt". Charlie Chaplins film *Modern Times* (1936) illustrerer det ensformige arbeidet ved samlebåndet

I 1938 introduserte firmaet Du Pont nylon (polyamid66). Nylon suger ikke vann og ble tatt i bruk i tauverk, fiskegarn og nylonstrømper ble populære. Det ble laget flere polymere kunststoffer som orlon, perlon og terylen.

Fysiologen **Claude Bernard** hadde i 1878 skapt begrepet *milieu intérieur*, tilsvarende **Walter B. Cannons** (1871-1945) homeostase, det biologisk selvregulerende system som opprettholdt et konstant indre miljø - selvopprettholdelse. **Herbert Spencer** (1820-1903) tok for seg filosofiske aspekter ved lover om biologisk utvikling og overførte dem til samfunnsliv. Spencer innførte begrepet om at den meste tilpassete eller skikkete overlever "survival of the fittest" (*Fortnightly Review* mai 1870). Sosialdarwinismens dogme var at livet var en kamp. Kampen mellom individene driver samfunnet fremover. Darwinismen brukt på menneskets utvikling, kultur og sivilisasjon ble kalt sosialdarwinisme. Sosialdarwinismen ble misbrukt i et politisk økonomisk budskap hvor man kunne skape et hierarki av raser og klasser, og definere noen mennesker som tilhørende en mindreverdige lavere orden.

Den tyske fysiologen **Jacques Loeb** (1858-1924) ville redusere biologi til stoff i bevegelse. Loeb kunne få utvikling av sjøpinnsvinegg som ikke var befruktet, og han utviklet en kjemisk teori i *A Mechanistic Conception of Life*. Som Schopenhauer mente han at verden var deterministisk og at den fri vilje er en filosofisk illusjon, men han var ikke pessimistisk som Schopenhauer. I 1886 kom Loeb til universitetet i Würzburg som assistent hos fysiologen **Adolph Fick** (1829-1901). Loeb skrev i 1912 essaysamlingen *The Mechanistic Conception of Life*. Bevissthet og ideer var abstrakte begreper, stoff kom sekundært (idealistene). Materialistene hevdet at stoff eksisterte før og uavhengig av sanseapparat og før tanker om stoffets natur og organisering. Fenomener i verden var stoff i bevegelse. I en mekanistisk materialisme kan man studere delene og forstå helheten via reduksjonisme. Reduksjonisme

forklarer egenskapene på et organisasjonsnivå vha. egenskapene på et lavere organisasjonsnivå. Kompleksiteten kan studeres ved å ta helheten fra hverandre og interaksjonen mellom delene er det viktige.

Opplysningstiden i Frankrike, Storbritannia og Tyskland på slutten av 1700-tallet var preget av den selvstendige tenkning, tro på fornuft (*la raison*) og folkeopplysning. Kampen ble rettet mot overtro, uvitenhet, religion og kirkens hemmende og lammende effekt på den frie tanke. I opposisjon til stat og kirke. Representanter for opplysningstiden var Voltaire, Rousseau, Diderot og Montesquieu. Ifølge **Voltaire** er alle mennesker like og frie. Voltaire avslørte maktmisbruk i kirke og samfunn, og mente at ifølge historieskriverne så jorda bare ut til å ha vært til for konger, statsledere og hærførere; kulturhistorien var vel så viktig, mente Voltaire. To ganger satt Voltaire i Bastillen. Frankrike har vært et foregangsland ved ikke å blande statens anliggender med personlig religiøs tro. Dette vises i 2003 hvor det i Frankrike blir lovforbud mot å bruke prangende religiøse symboler (hijab, kippa og kors) i skolen.

I Tyskland var **Christian Wolff** (1679-1754) en av opplysningstidens representanter, i Storbritannia **John Locke** og den skotske filosofen **David Hume** (1711-1778). **John Locke** (1632-1704) i 1700-tallets England vektla toleranse, rettferdighet og frihet for legeme og ånd. Ifølge Locke har styringsmyndighetene ansvar for folket. Mennesket har rettigheter og myndighetene må beskytte disse, hvis ikke må de fjernes, om nødvendig med revolusjon. Locke var opptatt av hva som var basis for vår kunnskap og mente bl.a. at bevissthet var et resultat av sanseintrykk, beskrevet i *Essay concerning Human Understanding* (1690). Sjelen var fra fødselen en *tabula rasa*, og ble bygget opp av empirisk kunnskap. Locke var med å legge grunnlaget for opplysningstiden i Frankrike. **Christian Thomasius** (1655-1728) kjempet for åndsfrihet og mot hekseprosessene i opplysningstidens Tyskland.

I Frankrike måtte filosofene **Jean Jacques Rousseau** (1712-1778), **François-Marie Arouet Voltaire** (1694-1778), **Maquis de Condorcet** (1745-1794), økonomen **Anne Robert Jaques Turgot** (1727-1781) finansminister hos Ludvig 16., og **Denis Diderot** (1713-1784) og matematikeren **Jean Le Rond d'Alembert** (1717-1783), kjempe mot det politiske systemet, som endte med den franske revolusjon i 1789 under slagordet "Frihet, likhet og brorskap". Diderot og d'Alembert var redaktører for det store verket *Encyclopédie, ou Dictionnaire raisonné des sciences, des arts et des métiers*. Første bind utkom i 1751 og det 35. siste bind utkom i 1780. I *Encyclopédie* ble håndverksteknikk og mekaniske innretninger beskrevet med plansjer. Medarbeiderne fra opplysningstidens Frankrike ble kalt encyklopedister. Voltaire i *Lettres philosophiques* (1734) og den politiske tenkeren **Charles de Secondat baron de Montesquieu** (1689-1755) med *L'Esprit des Lois (Om lovens ånd)* (1748) så den friheten som fantes i England, og kritiserte samfunnsforholdene i Frankrike. Kristendomskritikk og kamp mot kirkens representanter var et resultat av den frie tanke, og i 1764 ble jesuittene, soldatene i Ignatius Loyolas Jesuitterorden, fordrevet fra Frankrike. Turgot var også inspirasjonskilde for sosialøkonomen **Adam Smith** (1723-1790) og hans bok *An Enquiry into the Nature and Causes of the Wealth of Nations* (1776). Smith la grunnlaget for kapitalisme, økonomisk liberalisme, fri markedsøkonomi, og vektla fritt næringsliv som klarte seg best selv uten statlig innblanding og styring. Naturforskningen fra 1700-tallet fikk betydning for bergverk, landbruk, samferdsel og næringsliv. **Thomas Robert Malthus** (1766-1834) med sitt *Essay on Population* (1798) som var til stor inspirasjon for Darwin fikk også betydning for faget økonomi.

Rousseau fikk en prisoppgave for "Har framgangen i vitenskap og kunst virket til å forderve eller å bedre sædene". **Niels Treschow** (1751-1833) hadde et naturvitenskapelige grunnsyn og sa: "artene utvikles av hverandre, mennesket nedstammer fra en dyreform".

Det kom en motreaksjon på 1800-tallets empirisme med oppblomstring av naturfilosofi i Tyskland og til en viss grad i Skandinavia. Viktige naturfilosofer var Johann **Wolfgang von**

Goethe (1749-1832), **Immanuel Kant** (1724-1804) og **Friedrich Schelling** (1775-1854). Kant utøvet religionskritikk (*Allgemeine Naturgeschichte und Theorie des Himmels* (1755) og *Kritik der reinen Vernunft* (1781)), og formulerte "das Ding an Sich" om hva vi vet om tingenes tilstand. **Lorenz Okan** (1779-1851) grunnla tidsskriftet *Isis* hvor han tok opp kontroversielle spørsmål.

Det var 13 engelske kolonier i N-Amerika. Slaver ble hentet fra Afrika til koloniene i V-India. Store tobakksplantasjer fantes i Virginia. **Benjamin Franklin** (1706-1790), oppdageren av lynavlederen, arbeidet for fremskritt og mot sneversyn. Franklin var politisk engasjert i amerikanerens frigjøring fra britene. Det var franske kolonier i Quebec og Montreal i Canada. Louisiana fikk navn etter Ludvig 14. Noeville Oreleans fikk i 1717 navn etter hertug Filip av Oreleáns. Bourbonerernes liljebanner.

Jonathan Swift (1667-1745) kom i fortellingene om *Gullivers reiser* (*Gulliver's Travels into several remote Nations of the World*) (1726) med besk satirisk samfunnskritikk mot krig, advokater, rettsapparat og sjarlataner. I 4. del i Gullivers reise til hestenes land, som Voltaire fikk oversatt til fransk, møter man yahoene som har de menneskelige egenskapene frátseri, grådighet, hat, begjær, troløshet og svakhet, men hestene hadde godt sinnelag og var veloppdragene. I Swifts satire i 3. del med Gullivers reise til de vitenskapelige pedanters land Laputa hvor vitenskapsfolk arbeider med meningsløse prosjekter som å utvikle lam uten ull. Swift skrev også et satirisk poem om mikroskopet. Slike fantasireiser kjenner man også igjen i *Niels Klims underjordiske Reise* (*Nicolai Klimii iter subterraneum*) skrevet av Holberg.

I Aldous Huxleys science fictionroman *Brave New World* (*Vidunderlige nye verden*) fra 1932 finner man et skrekkbilde med forbedringer og kloning av mennesker satt i et politisk og industrielt system. Den nordamerikanske uavhengighetserklæringen fra 1776 fastslo menneskenes medfødte rettigheter. Etter 7-årskrigen mistet Frankrike Canada, India og innflytelse i Europa. Pariserfreden i 1763 var et ydmykende tap for Frankrike. På slutten av 1800-tallet var England, Tyskland og Frankrike vitenskapelige stormakter i naturvitenskap, kultur og kunst, men som ender i et sammenbrudd med første verdenskrig.

Filosofen **Alfred North Whitehead** (1861-1947) innførte begrepet organisk mekanisme. Arbeidet ble publisert i 1925 som Lowell Lectures ved Harvard universitetet *A philosophical Interpretation of Nature*. Verket ble anmeldt av Henderson i 1926 i *The Quarterly Review of Biology*. Whitehead skrev forøvrig *Principia Mathematica* (1913) sammen med **Bertrand Russel** hvor de ønsket å skape et logisk matematisk system uten selvmotsigelser, matematikk redusert til logikk. Matematikken ble formalisert med aksiomer som grunnlag for teoremer. En setning er vist sann ved at den motsatte setningen er usann. Imidlertid kunne syllogismer med to sanne premisser gi en gal konklusjon og føre til en selvmotsigelse. **Kurt Gödel** (1906-1978) ga i 1931 et viktig bidrag til denne formaliseringen via sitt ufullstendighetsteorem. Kunne også filosofien reduseres til logikk? Filosofen **Ludwig Wittgenstein** (1889-1951) arbeidet med slike tanker i *Tractatus Logico-philosophicus* (1922), og seinere i *Philosophical Investigations*, utgitt posthumt i 1953. **John William Draper** (1811-1882) som arbeidet med fotokjemi skrev en bok om konflikten mellom religion og naturvitenskap (*History of the conflict between religion and science* (1874)). I samme stil var en bok om Historien om krigen mellom vitenskap og teologi i kristendommen (1896) skrevet av **Andrew Dickson White** (1832-1918), grunnlegger av Cornell universitetet.

Den britiske biologen **Joseph Henry Woodger** (1894-) gjorde teoretiske og filosofiske utgreiinger om vitenskapelig metoder innen biologi. På den tiden fantes det ingen generell biologisk teori. Det fantes mye fakta, men ingen helhet. Woodger arbeidet med organiseringen av de separate hierarkiske nivåene i alt liv, fra molekyl til organisme. Woodger er mest kjent for *Biological Principles: a critical study* fra 1929, og *The Technique of Theory Construction* publisert i 1939. På 1930-tallet nådde biologien det samme stadiet som vitenskapelig disiplin på linje med fysikk og kjemi.

Vitenskapsfilosofen **Karl Raimund Popper** (1902-1994) skrev *Die Logik der Forschung* i 1934, og oversatt i 1959 til *The Logic of Scientific Discovery* hvor han formaliserte den hypotetisk deduktive metode. Popper sier at man kan ikke verifisere en naturlov/hypotese fordi det er logisk umulig, men naturlovene/hypotesene lar seg falsifisere hvis det finnes logiske observasjoner som strider mot dem. En teoris styrke avhenger av dens evne til å motstå falsifisering. Selve basis for vitenskapens utvikling er mulighet for åpen og fri kritikk. Siden vitenskapelige eksperimenter gjøres av mennesker ligger det alltid en psykologisk faktor i forsøksplanlegging og behandling av resultatene. Einstein fant at naturlovene er like for en hvilken som helst observatør. Noen fundamentale prinsipper for universet gjelder: Ingenting kan bevege seg raskere enn lyshastigheten. Masse og energi henger sammen. Den laveste oppnåelige temperatur er det absolutte nullpunkt.

Popper var også demokratiforkjemper og advarte mot totalitære idéer i de politiske teoriene til Karl Marx i *The open society and its enemies* (1945).

Filosofen og historikeren **Thomas Kuhn** (1922-1996) så paradigmer som brå skiftninger fra en tenkemåte til en annen (paradigmeskifter), som skaper vitenskapelige revolusjoner¹⁹. Vanligvis utvikler vitenskapen seg innen et akseptert paradigme, men forskningen kan få ny retning etter et paradigmeskifte. Man må imidlertid være klar over at all ny kunnskap bygger på tidligere kjent kunnskap. Således kan vi si at all kunnskap er menneskehetens felles eiendom og burde forvaltes deretter. Ingen kan derfor sies å ha eiendomsrett til kunnskap. Biologi skiller seg fra fysikk og kjemi at den ikke er forutsigbar. En fysiker kan lang tid i forveien finne ut når det blir en måne- eller solformørkelse, planetenes plassering på himmelvelvingen, tidevannets skiftninger. Vi kan ikke forutsi hvordan et biologisk system vil utvikle seg, og hvordan det vil respondere på en forandring. Biologi har på denne måten mange måter likheter med meteorologi, med sin uforutsigbarhet. Matematikken bygger på aksiomer, sannheter som alle er enige om. Evolusjonslæren (Darwinisme) er et aksiom i biologien, men i motsetning til de andre naturvitenskapene, er det stadig splid om selve fundamentet for faget biologi, variasjon, evolusjon og adaptasjon. Spliden og mistroen kommer bare fra presteskap og de religiøse krefter i samfunnet.

David Fredrich Strauss (1808-1874) forfektet at evangeliene kunne ikke tolkes bokstavelig i *Das Leben Jesu Kritisch bearbeitet* (1835). **Ludvig Feuerbach** (1804-1872) skrev *Kristendommens vesen* (1841), kom med religionskritikk, og mente at mennesket har skapt gud og religion. Han vil fjerne det guddommelige og derved komme fram til menneskets vesen.

Ateismens grunnlag er "mennesket skaper gud og gud skaper ikke mennesker". **Sigmund Freud** (1856-1939) betraktet "religionen som en kollektiv nevrose". Freud tok for seg underbevissthet, fortrenning, fri assosiasjon av tanker, psykoanalyse²⁰ og hvordan seksuelle traumer kan påvirke atferd. Tidligere hadde man trodd at hysteri (gr. *hystera* - livmor) hos kvinner hadde sin årsak i livmoren. Freud mente at hysteri, delirium og nevroses var reminiscenser fra tidligere traumatiske opplevelser, og det seksuelle hadde stor betydning for utvikling av traumer. Freud mente at jeget, overjeget som skyldes foreldrenes moralske påvirkning og virkeligheten kunne havne i konflikt med hverandre. Freuds tanker fikk stor betydning for litteratur, kunst, psykologi og studiet av seksualkonflikter og underbevissthet.

Emile Durkheim (1858-1917) er sammen med Georg Simmel, **Max Weber** (1864-1920) og Karl Marx grunnleggerne av samfunnsvitenskapen. I *Le Suicide* (1897) (Selvmordet) diskuterte Durkheim selvmordet som et paradoks som strider mot det biologisk

¹⁹Kuhn, T.S.: *The Structure of Scientific Revolutions* (1962).

²⁰Freud, S.: *Psykoanalysen. Slik den var - og slik den ble*. J.W. Cappelens Forlag AS. 1965

selvoppholdelsesprinsipp og de moralske aspekter ved selvmordet. Durkheim hevdet at "individene handler ifølge en sosial tvang" og at religiøse skikker virker samfunnsbevarende.

Den amerikanske zoologen **A.C. Kinsey** (1894-1956) som utga Kinsey-rapportene om menneskenes seksuelliv ga større åpenhet omkring det seksuelle. Den viste at homofil atferd var mer utbredt enn man trodde. At "menn har bryster" er et resultat av utviklingen i fosterlivet som er i det store felles hos menn og kvinner, og utgjør "Livets lille spøk" som Stephen Gould uttrykte det. Menn og kvinner har forskjellige seksuelle behov. Gould påpekte at seksuell nytelse hos kvinner ikke er direkte koblet til funksjonen reproduksjon, et tilsynelatende paradoks sett i evolusjonær sammenheng. Hos mannen er dette mer direkte koblet, men ikke hos kvinnene. Kinsey-rapporten viste at masturbasjon av klitoris ga mye lettere orgasme enn samleie, og vaginalveggen har ingen tilsvarende følelser, og at kvinner generelt har vanskeligheter med å få orgasme ved vanlig samleie. Klitoris og penis er homologe organer og er følsomme for stimuli, og følger samme utviklingsbaner under fosterutviklingen. Plasseringen av klitoris i forhold til vaginalåpningen er et eksempel på at evolusjonen ikke alltid velger optimale løsninger, nok et eksempel på "Livets lille spøk". Når Freud doserte om modningen fra klitoral til vaginal orgasme tok han grundig feil. Drømmetolkning ble videreført av **Carl Gustav Jung**. Reeperbahn i Hamburg og "Red light district" i blunkende røde neonlys er omgitt av mørke, mystiske, skjulte og forbudte syndefulle handlinger som vekker instinkter og lyster i underlivet. Kjøp av pornoblader og pornofilm er belagt med tabu og skam. Tekkelige og pene piker i plisséskjørt (pli- bra holdning/oppførsel) sitter med bena samlet, og sprikende bein blir sett på som vulgært og ufint.

Positivismen (naturalismen) inspirert av **Auguste Comte** (1798-1857), vektlegger den naturvitenskapelige metode, observasjoner, eksperimenter, empiri, naturvitenskapelige forklaringer og sider nei til metafysiske tanker om tilværelsen. Fritenkerene vil vekk fra kirkelig autoritet. Ateisten forneker gud og nekter å tro på religiøs sannhet. Det vi sanser er det virkelige. I *Cours de philosophie positive* (1830-1842) viser Comte hvor velegnet de vitenskapelige naturlovene er for beskrivelsen av virkeligheten. Naturen og omgivelsesfaktorene kan reduseres til grunnleggende fenomener og logisk sammenheng. Det spekuleres ikke over mål og hensikt. Objektive lover for samfunnet former menneskene. **Herbert Spencer** (1820-1903) utarbeidet i *First Principles* (1862) en utviklingslov hvor det i både biologi, kunst, samfunnsliv og vitenskap skjedde en utvikling fra ensartethet til mangfold. Det er kamp mellom individene i et samfunn. Andre representanter for positivismen var **John Stuart Mill** (1806-1873) som vektla sansekunnskap og lykke for flest mulig. Mill skrev også en bok om kvinners underkuelse *On the Subjection of Women* (1869), som påpekte at det ikke var noen prinsipiell forskjell mellom kvinner og menn. Mill mente at ingen kan straffes for sine meninger, bare sine handlinger.

Biologiske vesener er målrettet i den forstand at de kan nå fram til reproduktiv alder for deretter å dø. Hensikt er nær koblet med begrepet adaptasjon. Noe som har et formål. All adaptasjon har et formål om overlevelse, men adaptasjonen er imidlertid et resultat av biologisk evolusjon og seleksjon. Mennesket er en biologisk organisme med lik biokjemi, genetikk, celler, celleinnhold som andre dyr, og vi har en felles evolusjonær arv med dyrene. Alt ved et dyr eller menneske synes organisert med et formål eller hensikt, men evolusjonen som sådan gir ikke en utvikling hvor det finnes en hensikt. Eksistensialismen oppstod i Tyskland på 1930-tallet. Tilværelsen er absurd og vi er ansvarlige for egne handlinger var budskapet fra bl.a. Jean-Paul Satre i *L'Être et le néant* (1943). Selv om dyr som skal dø trekker seg vekk fra flokken, gjemmer seg og søker å dø i ensomhet, er det sannsynligvis bare mennesker som er seg helt bevisst sin egen død - *memento mori*. Jfr. Spinoza: *En fri mann tenker på livet, ikke*

døden. **Baruch Spinoza** (1632-1677) var determinist og forsvarte åndsfriheten i *Tractatus theologico politico* (1670). Hendelser, handlinger og avgjørelser har en årsak, og derfor finnes ikke fri vilje, mente Spinoza. **Georg Wilhelm Friedrich Hegel** (1770-1831) viste at mennesket har ønske og behov for å kjenne, forstå og beherske sine omgivelser, det finnes en verdensfornuft, og ingenting i naturen eksisterer med nødvendighet. Hegel og Spinoza var tilhengere av panteismen, gud finnes i alt, selv om Spinoza ble beskyldt for å være ateist. Ifølge Spinoza er det bare en virkelighet, og han utviklet en etikk basert på aksiomer og teoremer. Spinoza mente at man kunne betrakte tilværelsen “under evighetens synsvinkel” (sub specie aeternitatis) noe som gir grunnlag for indre ro, lykkefølelse og frihet fra negative følelser. I antikkens Hellas ble dialektikk, samtalekunst, brukt for å løse fundamentale spørsmål med argument og motargument. Hegels dialektikk baserte seg på klare begreper og bevismessig holdbar logikk.

Johann Gottlieb Fichte (1762-1814) utviklet sin filosofi som en vitenskapslære (Wissenschaftslehre (1794) og mente at moralsk orden er identisk med gud. Både **Johann Gottfried Herder** (1744-1803) og **Max Weber** (1864) påpekte begge kulturens viktige rolle og betydning for utvikling av samfunnet. Weber viste hvordan protestantisk puritanisme kunne lede til kapitalisme. Ifølge Weber må man i vitenskapen skille tydelig mellom objektive sannheter og subjektive dommer.

Hos mennesket er tanken på døden uutholdelig og skremmende, og at ens liv i likhet med andre organismer har en endelig slutt skaper redsel og frykt hos mange mennesker. En religiøs tro om et neste liv etter dette kan for mange være med å gi “ro i sjelen”. Statsledere støtter opp om denne troen for å hindre oppløsning og uro i samfunnet. Troen er basert på religiøs indoktrinering allerede fra tidlige barneår, og har god grobunn der analfabetismen rå. Religioner som lover evig liv og paradiset får lett fotfeste i menneskesinnet. Selv om det er ubehagelig: vi bør innse at livet bare leves her og nå på linje med annet liv, og at alt annet er gammel overtro. Det finnes verken himmel med kjeruber, serafim, skyts-, basun- og erkeengler eller et helvete med satan og djevlar. Balsamerte faraoer av petrifiserte bein, hud og muskler utstyrt med rikdom i gravkammerer i pyramidene eller rike vikinggraver med skip og alt som trengtes i det neste liv viste hvor utbredt troen var om evig liv. Trussel om evig pine i et glohett helvete sammen med en djevel, blir desverre mange skremt av, “Du dåre, i natt kreves din sjel av deg”. “Evig” i denne sammenheng er også interessant sett i relasjon til verdensrommets alder. Et genialt salgstriks er muligheten til å kjøpe seg fri fra skjærsilden: “Når mynten i kollekten klinger, sjelen ut av skjærsilden springer”. Det er en pågående konflikt mellom vitenskap og tro. Noen av religionene er basert på ensretting, hjernevask, og massesuggesjon, blottet for naturvitenskapelig kunnskap, sunn fornuft og humanisme. Koranen må læres utenat (hifz). Brytes moralreglene er det groteske straffemetoder effektivt via *rabies theologorum* (teologenes raseri). Fundamentalistiske religioner forfekter bare en sannhet, og brukes av presteskaper kun til undertrykkelse.

I tredje mosebok kap. 20 utstedes dødsdommene fortløpende for utroskap, sex mellom slektninger (blodskam) og homofili. Med dagens naturvitenskapelige kunnskap er det underlig å lese om ofring av dyr (9. kap.), om rene og urene dyr (11. kap.), om spedalskhet (13. & 14. kap.), om naturlig menstruasjon som ble betraktet som noe urent (15. kap.). I femte mosebok 5. Kap gis det forbud mot å avbilde guder og profeter (5.kap.), avgudsdyrkelse straffes med døden (17. Kap.), barn født utenfor ekteskap får ikke være med i Herrens menighet (23. Kap.). Det som er ille er at dette gamle tankegodset som er gått ut på dato fremdeles får leve i erkekonserverte religiøse miljøer. I *Erkjennelsens kilde* skrev den gresk-ortodokse **Johannes fra Damaskus** (675-749) at ingen har sett gud, men at det var mulig å vise hans åsyn på ikoner. Dette var ikonoklasmens tidsalder i Bysants med ødeleggelse av ikoner og bilder. Johannes fra Damaskus fikk stoppet ikonoklastenes

ødeleggelse, og muliggjorde overføringen av kirkelig bildekunst fra Bysants fram til vår tid. Fremstillingen var først todimensjonal, etter hvert kom perspektivene inn i bildene og kunsten ble tredimensjonal og fikk ny oppblomstring i renessansen.

Mange av religionene doserer et budskap som er i strid med flere av artiklene i *De forente nasjoners menneskerettigheterklæring*.

I naturvitenskapen er det naturlig å bruke visuelle modeller av hvordan man tenker seg fenomener opptrer. Hvis det hadde vært en gud ville det vært selvsagt at man laget en modell av guden eller profetene, gjerne i form av en tegning eller et bilde. Forskningsprosjektet gud, profeter, engler, himmel og paradiset: Hva slags materie er guden og profetene laget av? Hvor finnes guden, profeten, englene og satan? Følger guden naturlovene? Hvem skapte guden? I hvilken form reiser sjelene til himmelen og paradiset? Bli sjelen rematerialisert til kropp når den havner i paradiset eller helvete? Er sjelen bygget opp av atomer? Hvor fort reiser sjelene til paradiset eventuelt helvete?, med lysets hastighet? Hvor i universet befinner himmelen og dette omtalte paradiset seg? Guden blir vanligvis tegnet som en gammel mann, men hvorfor kan ikke en potensiell gud like godt og kanskje bedre bli framvist i bildeform som en kvinne?

Det er kun voldelige trusler som hindrer at man får pirke humoristisk i fernissen på et religiøst byggverk som står på kvikkleire. En gang trodde man at guden levde på eller bak månen. I ettertid virker det komisk at Monty Pythons film *Life of Brian* av Statens filmkontroll i 1980 skulle bli forbudt framvist. "Så morsom at den ble forbudt i Norge." Eller at Arnulf Øverlands innlegg i Studentersamfunnet: *Kristendommen - den tiende landeplage*, skulle bli anmeldt av professor Ola Hallesby for brudd på blasfemiparagrafen. Øverland ble frikjent i blasfemirettsaken i 1933, og vi får håpe at det var siste gangen noen kommer halende med blasfemiparagrafen.

Jens Arnfred Olesen ble i 1912 dømt for en artikkel, "Den store humbug (de kristnes julehelg)" publisert i *Fritænkeren*. Saken mot Agnar Mykles *Den røde rubin* skjedde i 1957, en tid hvor også Henry Millers danske utgave av *Sexus* ble beslaglagt. Jens Bjørneboes harmløse sjarmerende bok *Uten en tråd* (1966) om en orgasmespesialist og en ung jentes seksuelle erfaringer ble av både Byretten og Høyesterett dømt som utuktig.

Salman Rushdie med boka *Sataniske vers* og Ayaan Hirsi Ali med *Krev din rett! Om kvinner og Islam*, og diverse karikaturtegnere har dødsdommer hengende over seg fordi de har stilt meget berettigede kritiske spørsmål vedrørende dogmatisme i religionen islam. Vi burde ha protestert mye kraftigere den gang fatwaene ble utstedt.

Aleksandr Solzjenitsyn satt 8 år i GULag-leir (Glavnoje Upravlenie Lagerej (leirenes hoveddirektorat) for å ha kritisert Stalin, beskrevet i *En dag i Ivan Denisovitsj liv og GULag-arkipelet*. Stalin-tidens kommunisme var et system basert på frykt, tvangsarbeid, dødsleire og angiveri, og hvor annerledestenkende kunne havne i konsentrasjonsleire som f.eks. GULag-leiren Kolyma. Etter 1953 ble denne aktiviteten redusert. Venstrefascisme, vulgærkommunisme, høyrefascisme og prestestyre viser kynisk menneskeforakt, hvor enkeltindividet er satt tilside, og menneskeverd teller ikke. Likhetstrekkene mellom stalinsovet, nazityskland, stasityskland og den iranske presterepublikken Iran er besnærende. Maktapparatet krever lov og orden. Urimelighetene vil over tid gi en flodbølge av hat som fører inn i terrorens blindgate med hevnjerrig destruktiv vold. Det er alltid skremmende med mennesker som gjør ting synkront, enten det er i bønn eller militærtropp.

De 22 nazistene som ble dømt i Nürnbergdomstolen for forbrytelser mot menneskeheten viste seg ikke å være sinnssyke, og de var mer enn gjennomsnittelig intelligente. **Hannah Arendt** (1906-1975) utviklet teorier for totalitære ideologier. I boka *Eichmann in Jerusalem, a report on the banality of evil* (1963) redegjorde Arendt hvordan de administrative massakrene i nazistenes døds- og utryddelsesleire ble gjennomført med støtte av statsapparatet, et

folkemord. Det totalitære system er basert på lydighet og utføring av ordre og grå byråkrater som administrerer og gjør papirarbeid. I totalitære stater underkaster enkeltindividet seg maktapparatet, de er likegyldige og unntakende og har ikke lenger personlig ansvar. Det viste hvordan moralbegrepet kan tynnes ut. Ifølge Hannah Arendt blir individet "bærer av ordre". Holocaust er ikke et enkeltstående eksempel i menneskets historie, og antisemitisme og antijødiske holdninger var ikke spesielt mer utviklet i Tyskland enn i andre stater bl.a. Øst-Europa. Jødene har i sin tusenårige historie alltid blitt betraktet som en paria-kaste. Menneskets janusansikt, latente voldtendenser og dårlige egenskaper kan vekkes til live i spesielle tilfeller, som under Krystallnatten (Kristallnacht) 9.-10. november 1938 med "de knuste vinduers natt" hvor synagoger ble satt i brann. Nürnberglovene fra 1935 hadde forbudt ekteskap og forbindelser mellom jøder og ariere, og begreper som tysk blod, tyske borgere, halv- og kvartjøder, sterilisering og eutanasi ble tatt i bruk. Fra høsten 1939 ble naziregimet i Tyskland kriminelt og totalitært. Under Wannseekonferansen i januar 1942 ble Endlösung - "den endelige løsningen" formulert med systematisk utryddelse av jøder og sigøynere. Mange nordmenn og norsk politi var spesielt flittige i innsamling og utsendelse av jøder til Tyskland under siste verdenskrig. Mange nordmenn utøvde også stor flid som fangevoktere for krigsfanger, serbere og russere, i arbeids- og utryddelsesleiren Beisfjord ved Narvik. Noen ganger er det litt for lett å skylde på at man ble "ofre for omstendighetene".

I et forsøk på å rette opp urett begås vanligvis ny urett. Etter Hitlers ugjerninger ble det begått motsatte ugjerninger ved fordrivelse av millioner av tyskere fra Königsberg i det gamle Ø-Preussen. Det samme skjedde i Serbia hvor Norge og Nato var med å bombe sivile med klasebomber og brukte ammunisjon med utarmet radioaktiv uran. Serberne måtte lide mye under Hitler-Tysklands krig i allianse med Albania og støtte av Ustasja-bevegelsen i Kroatia.

I dag drives det politisk arkeologi for å sikre rettigheter til land og vann, ikke lenger vitenskapelig arkeologi. Toleranse blir erstattet med etniske utrenskninger.

Forskere og teknologer utvikler stadig mer avanserte og drapeseffektive våpen, og flyvere og soldater som bruker dem har stadig større avstand og distanse fra drapsprosessen.

Ray Bradburys *Fahrenheit 451* er en science fiction-bok som omhandler en totalitær stat der bøker er forbudt, og indikerer temperaturen hvor bøker brenner. Bokbålene gjennom historien er dystre. Det samme gjelder totalitære staters ønske om å styre befolkningens tanker og interesser ved å forby bøker, hindre og kontrollere adgang til internet, fjerne demokratiet og redusere og knekke yttringsfrihet, samt hindre kunnskap om naturen, biologisk evolusjon, mennesket og universet. Christian Kroghs bok om *Albertine* som utkom i 1886 ble øyeblikkelig beslaglagt. Hans Jægers *Fra Kristiania-Bohemen* ble beslaglagt i 1885.

I Aldous Huxleys bok *Vidunderlige nye verden (Brave new world)* som utkom i 1932 beskrives et samfunn hvor kunstig befruktning gir alfa- til epsilonindivider oppformert i inkubatorer i utklekningslaboratorier. Epsilonindividene er lavkaste og dannes når oksygennivået i dyrkningsflaskene med næringsmedier blir redusert, en sosial predestinasjon. For øvrig er hele samfunnet preget av lykke, velvære, parfyme og god lukt, følekino, underholdning og sinekyre. Lidenskap blir stimulert ved å ta tabletter med soma.

En mye mer skremmende framtidssjón kom i 1949 med George Orwells *1984*. Et av partiets tre slagord i boka var "Uvitenhet er styrke". Orwell skisserer et samfunn styrt av partiet, men som manglet de mest elementære nødvendighetsartikler, bortsett fra det indre partiet som har alt og hvor ingenting mangler. Partiet og dets kadre var opptatt med å omskrive historien. Angivere og total overvåkning i form av Store Bror og tankepoliti hindret enhver opposisjon og tanker som stred mot partiet. Partiet laget et forenklet språk, "Nytale", som reduserte ordforrådet betraktelig, slik at borgerne ikke skal tenke for meget og for avansert. Når man hadde et ord for "god", skulle man bruke "ugod" for det motsatte og alle andre ord som kunne være synonyme ble fjernet fra "Nytale". Annerledestenkende ble utsatt

for den mest ondskapsfulle, groteske, utpekulerte og grove tortur, slik at de kom på andre tanker. George Orwell var skremmende forutseende om samfunnets utvikling. Nyttale i vår tid går ut på å fjerne ord som kan virke støtende, og erstatte dem med andre, men problemet for myndighetene er at meningsinnholdet ikke blir endret.

Neil Postmans *Amusing ourselves to death* (Vi morer oss til døde) (1985) satte fingeren på utviklingen av en tanketom og overfladisk underholdningsindustri, hvor fjernsynet blir en enveis bildesamtale, som presenterer begivenheter, katastrofer og brokker av virkeligheten i korte glimt. Det er bare de fotogene som får opptre. Fjernsynet presenterer lettvtint underholdning og ukomplisert nytelse, og det er ikke plass til kompliserte budskap. Det settes ingen forkunnskapskrav til seere av et program. Kunnskap bygger på et grunnmur av forkunnskaper, og kunnskap er en forutsetning for klokskap. Vanskelige ord, uttrykk og fagtermer kan man ikke benytte, det er ikke tid til resonnement, argumenter og begrunnelse. En nyhetsoppleser stiller trivielle og lite meningsfylte spørsmål til en eller annen reporter "direkte", som skal gi seeren følelsen av å være tilstede i nyhetsbildet akkurat der og nå. Undervisning blir underholdning. Læreren blir "mediebevisst" entertainer hvor presentasjonen og show er viktigst. Innhold og kvalitet har mindre betydning. Dette er underholdningsindustriens tidsalder. Tyranner og despoter bruker underholdning for å hindre misnøye i befolkningen. Idrettsikoner blir dyrket. Læringen skal skje ved drama, bilder, teatralisk framføring sammen med fengende musikk. Formidlig av vitenskap må nå være spektakulær, enkel og gjerne ledsaget av høye smell, lysglimt og annen underholdning. Budskapet må bli formidlet i korte setninger, og hvor budskapet og de viktigste ordene må være med i første setning. Det er ikke tid til resonnement, og intervjuobjekter blir avbrutt av overivrige selvsentrerte og gjerne aggressive programledere. Film, krimbøker og dataspill kan inneholde hemningsløs vold uten at noen reagerer, men er det en snev av vanlige seksuelle handlinger så våkner den moralske harnisk. Realityserier vekker kikkerinstinctet og nysgjerrighet.

Vi burde spørre om hva gjør fjernsynet og underholdningsindustrien gjør med oss som mennesker ? Gir det oss visdom, lærdom, klokskap, forstand og forståelse ? Eller forsøpler det tilværelsen og fjerner oss fra den natur vi er en del av og avhengige av ? Det trykte ord er bærer av den kulturelle evolusjon, og det er gjennom skriftspråket vi har utviklet oss som mennesker. Leve bøkene og bibliotekene !

Citius, altius, fortius: raskere, høyere, sterkere

Idrett har sin opprinnelse fra menneskets evolusjon hvor hurtighet og utholdhet var viktig for å kunne fange bytte eller for å unngå en predator. Lagidrett er samarbeid i jakt på et bytte, for eksempel en ball, og kast og evne til å treffe et mål var viktig. Noen mener at idretten kan virke som en moralsk rettesnor og forbilde for ungdommen, men kommersialisering av idretten har gitt en ny type idrett hvor penger, strategi og underholdning er blitt viktigst. Motivene om "edel kappestrid" og "en sunn sjel i et sunt legeme" forvitrer og finnes bare som pulveriserte rester. Kamera følger utøverne kontinuerlig. Myndighetene støtter idretten siden den skaper nasjonalt samhold. På en fotballkamp kan man leve ut sine dypeste instinkter og drømmer, knuffing og basketak blir ufarliggjort Det som tidligere ville ha blitt karakterisert som ufine handlinger, som lureri og bøllete bajasopptreden, har blitt en del av underholdningen. Idrett som yrke har gjort at konkurransen når grensen for menneskelig yteevne og hundrøds sekunder og målfoto tas i bruk. Antidopingarbeidet er en måte å hindre at de mest ekstreme virkemidlene for juks og fanteri blir tatt i bruk for å sikre seier og glamour.

Blant curieuse Spørsmaal, som fortiene at examines, er dette, om Verden forværres eller forbedres. Ludvig Holberg: Tilbagegang eller fremskridt (1744)

Tiden

Vi ser på den menneskeskapt klokke hva tiden viser, men reflekterer ikke over tidsbegrepet. I idretten måles tiden i hundredeler. Årstidenes skiftninger, soloppgang og solnedgang, månefasene, planetbevegelsene, samt flo og fjære er naturens egne sykliske tidsfenomener, som mange mangler kunnskap om. Illustrert ved betegnelsen "Sola snur" om vinter- og sommersolverv. Det indikerer manglende naturforståelse.

"Vi bygger alle våre luftslott, problemene oppstår når vi prøver å leve i dem"

Sømmelighetsbegrepet endrer seg med tiden. Blasfemi og utukt er tidsavhengige relative begreper. Problemet oppstår når det ikke skjer en fornyelse i en religion. En religion stagnert i stammekultur og middelaldersk tankegang, og hvor kritikk og tilpasning til vår tid ikke tolereres, får katastrofale følger for åndsfriheten og sannhetssøkerne. Allianser mellom de konservative kreftene innen verdensreligionene blokkerer for humanisme og opplysning. På Galileis tid ble de kirkelige støtt hvis man hevdet at jorda ikke var universets sentrum, og inkvisisjonen sørget for at det skulle stort mot til å presentere andre tanker og sannheten.

De mest paternalske religionene vil kontrollere kvinnenens seksualitet, og vil hindre kvinners rett til utdanning og likeverd. Terskelen for bruk av trusler og vold i alle former er omtrent ikke-eksisterende, mens framvisning av nakenhet og normal seksuell aktivitet er totalt tabubelagt, *in absurdum*. Menns ønske om å kontrollere kvinners seksualitet gir seg utslag i vold mot kvinner og det er strenge kyskhetskrav for kvinner og infibulasjon, men ikke tilsvarende krav til menn. Når budskapet er at det er greit å drepe de vantro og annerledestenkende har man endt opp med en religiøs nazisme. Det er i de ortodokse religiøse miljøene biologiens vitenskapelige fundament, darwinismen, ikke blir akseptert. Messianismen, messias gjenkomst, som er en del av kristendommen, jødedommen og islam, er det vanskelig å forstå ut fra naturvitenskapelig kunnskap. Fysikeren **Stephen Hawking** ved universitetet i Cambridge mener at gud er et vitenskapelig spørsmål og kan ikke bare overlates til den enkeltes tro. Universet og de fysiske lovene har alltid vært og ble ikke oppløst under Big-bang (*A Brief History of Time* (1988)).

Jean-François Champollion (1790-1832) kunne ved hjelp av Rosettasteinen og koptisk tyde de egyptiske hieroglyfene. Straks var kirken redd for at det skulle finnes bevis på eksistensen av kulturer som hadde overlevd syndefloden og som var eldre enn det bibelen foreskrev. Ifølge islam er islamsk rett (Sharia) hevet over menneskene og hadithen (hva profeten sa og gjorde) fra 600-tallet er direkte overført til vår tid og skal fortelle oss hva som er tillatt (halal) og hva som er forbudt (haram). Koranen kan ikke kritiseres og det jordiske livet skal være en forberedelse til det himmelske. Himmelske hvafor noe?, er et naturlig spørsmål. Systemet er basert på frykt, mistenksomhet, allianser og sosial og moralsk kontroll. Det er et paternalsk autoritært hierarkisk system hvor klan, stamme og familie settes foran individets frihet. Ære, vanære og skam er viktige begreper, og vanære gjenopprettes med aggressiv vold. Religionene med sine ritualer og bønn gir trøst, men de sekulære kreftene innen religionene må tørre å ta et oppgjør med gammelt tankegods og moralregler som strider mot menneskerettighetene og individets frihet. Hvor er logikken med rituell slaktning?, halal-islam, og kosher-jødedom. Det er mange fellestrekk mellom eldre kristendom, jødedom og islam. Tidligere hadde islam et budskap om etnisk og religiøs toleranse, men i vår

tid er dette snudd til etnisk og religiøs rensing av landområder²¹.

Ingen har sagt det bedre enn Jens Bjørneboe i *Ti bud til en ung mann som vil frem i verden*:

*Det første bud er ganske lett.
De som er flest har alltid rett.*

*Tenk alltid på hva folk vil si.
Og ta den sterkestes parti.*

*Og tviler du, så hold deg taus
til du ser hvem som får applaus.*

*Tenk nøye ut hva du bør mene.
Det kan bli dyrt å stå alene.*

....

Innen kristendommen og islam blir homofili fremdeles fordømt. Inntil 1972 var homofile handlinger straffbare i Norge. Den britiske forfatteren **Oscar Wilde** (1854-1900) bla. kjent for *Bilde av Dorian Gray* ble i 1895 satt i fengsel i to år for sin homoseksualitet. Etter dommen dro han til Frankrike hvor han døde i ensomhet og fattigdom. Gunnar Heiberg skriver rørende og godt i nekrologen ved Oscar Wildes begravelse:

“... Etter at han brutalt var kastet til jorden av sine landsmenns gemene hykleri...: det var aldri et bittert ord å høre fra Oscar Wilde. Han anklaget ingen. Ikke dets lover. Ikke en gang sine venner. ...Den menneskelige rettferdighet ville ha ham til idiot i fengselet, fordi han hadde sanselige tilbøyeligheter som mange bra folk har hatt, som kan ha straff nok i seg selv, og som i hvert fall ikke raker noen andre”.

“Det var ikke mange mennesker til stede ved sørgegudstjenesten i St. Germain-des-Prés. Og det var verken morsomt eller stemningsfullt å høre en fransk prest mumle fransk latin og en engelsk prest snøvle engelsk latin.

Det var underlig å gå bak denne manns kiste, som het Oscar Wilde, som gjemte seg her i Paris under navn av Sebastian Menmouth - ikke av skam, men for å få losji, for å unngå ubhageligheter, for å være fri for pøbelaktigheter -, og som i to år i fengslet bar brennemerket C. 3.3.”

Grunnen til at grisekjøtt er forbudt i noen religioner har sannsynligvis sin opprinnelse i at i tidligere tider var det ofte parasitter i gris som kunne gi livstruende sykdom hos mennesker. Noen vil heller ikke spise makrell fordi man trodde at makrellen spiste på fiskere som var druknet.

²¹Hamilton-Dalrymple, William: From the holy mountain - a journey in the shadow of Bysantium (1997).

Axel Andersen (1846-1913) var adjunkt ved Christiania katedralskole. Han var opptatt av oppdragelse og mente at kirken hadde for stor makt i skolen. I 1898 innleverte han en vitenskapelig avhandling: *Nadverden i de par første aahundreder efter Kristus*, men den ble forkastet av universitetet. Andersen mente at nattverden som sakrament var fra det andre århundre etter Kristus, og ikke hadde noe fundament og hjemmel i evangeliene og i Paulus første korinterbrev 11, og at "den lutherske kirkes daabs- og nadverdlære er overtro". Han fikk støtte fra Arne Garborg, Bjørnstjerne Bjørnson og teologen **Johannes Ording** (1869-1929), men det var først etter at hans avhandling var akseptert i utlandet og publisert på tysk at universitetet tok saken opp på nytt. Ording støttet seg til liberale tyske teologi som **Albrecht Ritschl** (1822-1889) var en forkjemper for. Ritschel var påvirket av **Immanuel Kant** og hans erkjennelsesteori og sa nei til religiøs mystikk og pietisme. Kant var påvirket av Newtons fysikk og i *Allgemeine Naturgeschichte und Theorie der Himmels* (1775) kom Kant med en teori om solsystemets utvikling fra skyer og støv i en roterende flat skive med sola i sentrum. Kant er en representant for den kopernikanske omveltning innen filosofien. Kopernikus oppdagelse at sola er i sentrum, ikke jorda, endret forholdet mellom mennesker og virkelighetsoppfatningen. Mennesket har bevissthetsfunksjonene fornuft, sansing, vilje og følelser. Vi kan ikke sanse noe som finnes i tid og rom. Kant skilte også mellom forstand (begrepsapparatet) og fornuft. Ritschl ville gi teologien en naturvitenskapelig tilpasning. Ording hadde tatt sin doktorgrad på avhandlingen *Den religiøse erkjendelse, dens art og vished* (1903), men hans liberale teologi gjorde at han ikke ble ansatt som professor i dogmatikk ved universitetet i 1904. Allikevel utnevnte regjeringen Christian Michelsen Ording til professor i systematisk teologi i 1906 under store protester fra kirkelig hold. De uforsonlige motsetningene endte med at kirkeministeren Christoffer Knudsen gikk ut av regjeringen og professor i nytestamentlig eksegese **Sigurd Odland** sa opp sin stilling i protest. Dette ble et skille mellom liberal og konservativ teologi i Norge, og resulterte i at Menighetsfakultetet ble opprettet. Dogmatikk er den del av teologien som omhandler innholdet i kristentroen, og eksegesen er den vitenskapelige tolkningen av bibelske tekster. Odland var med å etablere det konservative Indremisjonsselskapet, og var sterkt imot at kvinner skulle tale i kirkelige forsamlinger og at kvinner skulle ha stemmerett og kirkelige stillinger. Den norske kirke har blitt delt i de bokstavtro: "Bibelen alene", og de mer liberale som gir rom for tolkning av bibelen og bruker bibelen mer som en tidstilpasset rettesnor for liv og lære. De norske teologene var også i opposisjon til den danske dikteren og teologen Nikolai **Frederik Severin Grundtvig** (1783-1872) som grunnla grundtvigianismen. Omtalen av kvinnen i første korinterbrev kap. 11 virker absurd i vår tid. Helt fra den første kvinnelige student (Cecilie Thorsen Krog, 1882), fra kvinners allmenne stemmerett i Norge (1913), kvinners deltakelse i idrett på lik linje med menn, og første kvinnelige prest (Ingrid Bjerkås, 1961) har det etter kristendommens innføring vært en evig kamp for å sikre kvinnene likeverd og rettferdighet. Etter den industrielle revolusjon ble kvinner utnyttet som billig arbeidskraft i bomullsspinneriene, men det var mange begrensninger i hva slags arbeid kvinner kunne utføre. Den franske revolusjon i 1789 åpnet for likhetstanken, og styresett med stemmerett ble vanlige i Europa, N-Amerika og Australia. I Sovjetunionen ble det likestilling mellom kjønnene i 1917 og Lenin mente at kvinners rettigheter var en del av arbeiderklassens kamp. Imidlertid har kvinnearbeid fremdeles lavere lønnsnivå sammenlignet med menn, og det er fremdeles kvinnene som dominerer i omsorgsyrkene. **Virginia Woolf** skrev om kvinners behov for et eget rom (*A room of one's own*, 1928). Feminismens grunnlegger, **Simone de Beauvoir** skrev *Le Deuxieme sexe* (1949) (*Det annet kjønn*) med opprør mot "naturens orden". Den amerikanske kvinnerettsforkjemperen **Betty Friedan** (1921-2006) var en annen av feminismens grunnleggere med boka *The feminine mystique* (1963) oversatt til norsk (*Myten om kvinnen*, 1967). Kvinnesaksaktivistene tok et oppgjør med og gikk til kamp mot husmorrollen hvor kvinnens eneste oppgave var å stelle for og være mannen til behag, sørge for husarbeid,

være fødselsmaskin, ta seg av barnestell og pass av gamle foreldre. Den selvoppofrende og selvutslettende mor som alltid var tilstede for å dekke barnas og mannens behov. Det var et nei til "Kinder und Küche" (barn og kjøkken), og ja til kvinneemansipasjon og frigjøring. Husmor er synonymt med matlaging, rengjøring, klesvask og pass av barn. Mange menn har ut fra erobnings- og styrkebehov og økt selvfølelse ønsket å kontrollere kvinner, som ofte blir betraktet som mindreverdige. I 1918 fikk kvinner stemmerett i England, i en del muslimske land ennå ikke. Mange muslimske kvinner tvangsgiftes for å sikre allianser, og nåde den som setter seg opp mot foreldrenes og familiens ønsker. Kvinner skal være jomfruer når de blir gift, menn har ingen slike krav. Kvinner skal ikke ha kjønnslyst og egen seksualitet, så klitoris kan kuttes vekk med barberblad. Vagina kan bli sydd igjen, for å sikre jomfrulighet fram til ekteskap. Hår og vakker kvinnekropp skal ikke vises frem fordi det vekker attrå hos andre menn. Kvinnen er mannens eiendom, og han må gjerne eie flere enn en. Konen(e) kan bli tuktet og slått hvis hun er obsternasig.

En kvinne med egen lønnsinntekt er ikke lenger avhengig av å bli forsørget av en mann. Sammen med fri tilgang til prevensjon og prevensjonsveiledning, samt mindre restriktiv abortlovgivning har dette gitt den vestlige verdens kvinner en etterlengtet frihet. Jentene strømmer til institusjonene for høyere utdanning, og de er flittigere og flinkere enn guttene som de utkonkurrerer hvis de får muligheten. De kan si ja til egen seksualitet, og nei til å være eid av en mann, være fødselsmaskin, heltids hushjelp og tjener, nei til eneansvar for å ta seg av sine egne og ektemannens eldre foreldre, samt nei til bare å være et objekt for mannens lyst og tilfredsstillelse. I ekteskapet inngås en kjønnskontrakt som sikrer mannen lovlig adgang til kvinnekjønn. Samtidig hånes og foraktes prostituerte kvinner.

De fleste barn med Down syndrom fødes av yngre kvinner, mens fosterdiagnostikk er forbeholdt bare eldre kvinner. Moderne fosterdiagnostikk basert på ultralyd i stedet for risikofylt fostervannsprøve kan identifisere kromosomfeil og skal ifølge et paternalisk lovforslag ikke tilbys yngre kvinner pga. redsel for et sorteringssamfunn.

En virkning av at kvinner innen islam ikke kan vise fram kroppen sin, er at de får for lite sol på kroppen og derav mangel på vitamin D som kan gi engelsk syke (rakitt). De får heller ikke svømme på en badestrand i sola, og får heller ikke drive idrett. Mange reagerer instinktivt mot seksuelt samkvem mellom slektninger, men innen noen kulturer og kongefamilier har bl.a. fetter-kusineekteskap funksjon å sikre økonomiske allianser. Kusine-fetter ekteskap gir, selv om sannsynligheten ikke er stor, økt mulighet for homozygoti av sykdomsfremkallende recessive alleler.

Vi har laget et samfunn hvor alt er snudd på hode, hvor grov vold er utbredt og dagligdags. Det er akseptert i filmer og dataspill hvor pining, slossing, skyting og dreping er hovedgesjeften, men alt som har med kvinnekropp og seksualitet er hemmelig, usømmelig og kan bare vises og skje i skjul og mørke. Film med vold, dreping og blod som flyter i stri strømmer er helt greit, men film som viser "kjønnsorganer i bevegelse" er skrekk og gru. Det skal holdes skjult av vi har ekskresjonsorganer, kjønnsorganer og kroppslukt slik som dyrene, corpusfobia. Det er ikke rart at vi får et forkvaklet syn på kropp og seksualitet. Det er synd på ungdommen siden vi ikke kan gi dem en god moralsk religionsfri rettesnor i livet.

Kjemikeren **Peter Møller** (1793-1869) som eide Svaneapoteket i Kristiania utviklet i 1853 en metode for å lage Møllers medisintran fra leveren til torskefisk basert på oppvarming med vanddamp. Tran inneholder vitamin A og D. Seinere oppdaget man at eskimoer som spiste marint fett var mindre utsatt for hjerte-karsykdommer. Tran inneholder omega-3-fettsyrer som inngår i cellemembraner og brukes i syntese av bl.a. prostaglandiner, et ytterligere argument for tran som kost- og vitamintilskudd.

Innen naturvitenskapen ønsker mennesket å forstå universet og alle dens bestanddeler. Spørsmålene er ubegrenset, og det blir viktig å stille de riktige spørsmålene på rett måte. Med

den vitenskapelige metode kan det velges mellom alternative forklaringsmodeller. En hypotese fremsettes som forklaring på et observert naturfenomen. Det gjøres kontrollerte eksperimenter for å teste hypoteser og prediksjoner. Fakta samles fra observasjonsstudier og eksperimenter. Resultatene tolkes ved hjelp av statistikk og publiseres i skriftlige rapporter som blir gjort tilgjengelig for alle, slik at eksperimentene og observasjonene kan etterprøves. Nye hypoteser blir presentert og utviklet, og fra hypotesene trekkes det nye slutninger. Hypoteser som beholdes blir etter hvert til en teori og utvikles videre til et allmenngyldig altomfattende prinsipp, en naturlov. Naturlover kan forutsi hendelser. I den klassiske vitenskap studerte man fenomener som kunne bli observert med det blotte øye uten hjelpemidler. I dag studeres mikro- og makrokosmos ved hjelp av måleinstrumenter. Det er menneskets nysgjerrighet og frie forskning som har gitt oss dagens forståelse av universet og hvordan biologisk liv fungerer. En av vitenskapens utfordringer er å forstå og løse de endringene som skjer grunnet en stadig økende befolkning med krav til økt levestandard. Imidlertid, vitenskapen kan ikke løse alle problemer som vil oppstå i framtiden. Med kunnskapen som vi har tilegnet oss, som vi med rette kan være stolte av, kan vi bare utvikle et godt demokratisk samfunn som tar vare på enkeltindividet, hvis indoktrinerende religioner er blitt fratatt sin makt over menneskene og menneskesinnet.

Peter Wessel Zapffe sa om de ikke-troende i en artikkel om åndsfrihet²² hvor ønsket er at *“en som hævder den frie tankes rett, en såkaldt fritænker, i motsetning til tvangstænkerne - også blir hørt, efterat de kristne har hatt mikrofonen alene i 35 år...”*:

Zapffe sier videre om de ikke-troende versus de troende:

“De (ikke troende) har ingen gruppe-følelse, ingen fælles front, langt mindre nogen organisation med propagandavirksomhet og regnskapsførsel. De har i egenskap av sitt Nei til kristendommen ingen titler, gage, særskilte hattetyper eller kjeder om halsen, og mindst av alt behøver de monumentale praktbygninger, som de kan samles og ikke tro i. Der findes intet behov for å klumpe sig sammen til en gjensidig tvilens bestyrkelse. De stirrer forundret på lørdagsavisens myriader av opbyggelsesmøter med sang og musikk og beverning, og de spør sig selv: Hvad er det for en evig og ubetinget sandhet som må holdes vedlike ved en sånn permanent orkan av reparationer ?”

²²Zapffe, P.W.: “Hvad vi ikke tror” i Essays og epistler. Gyldendal norsk forlag 1967, s. 153-159.

Naturkatastrofer som vi nå vet har en naturlig forklaring ble i tidligere tider sett på som allmektig guds straff. Jordskjelvet i Lisboa med den tilhørende flodbølgen (tsunamien) skjedde allehelgensdag 1755. Ifølge de troende er gud herre over naturen og hvordan kunne en god allmektig gud forårsake og forenes med så mye lidelse og ondskap? Dette gir et moralsk problem. **Gottfried Wilhelm Leibniz** var opptatt av dette temaet, teodicé (gr. *theos* - gud; *dike* - rettferdighet) i *Essais de théodicé* (1710). Leibniz mente at gud hadde skapt et uforandelig og godt univers og gud var en av monadene. **Peter Wessel Zapffe** var opptatt av samme tema i *Lyksalig Pinsefest* (1972), også kjent fra Jobs bok, for hva kunne guds mening og kjærlighet være med nedbrenning av Grue kirke og kirkegjengerne i pinsen 1822? Etter Lisboa-jordskjelvet tar Kant for seg de fysiske prosesser ved jordskjelvet og Voltaire skrev et dikt om hendelsen.

Kaotiske systemer kontrolleres av interaksjoner (gjentagelser), og fraktalformen er et resultat av iterasjoner. **Benoit Mandelbrot** fant at små forskjeller i utgangsbetingelsene kan gi store forskjeller i sluttresultatet. Fraktaler og fraktale dimensjoner, mønstre som gjentar seg i skyer, snøkrystaller og kystlinjer, oppstår når enkle ligninger gjentas (iterasjoner), *The Fractal Geometry of Nature* (1977). Det er enkle regler bak tilsynelatende meget kompliserte mønstre.

Kan vi finne absolutt sannhet gjennom vitenskapen? **Paul Feyerabend** født i Wien, skadet under 2. verdenskrig, skrev *Against Method* (1975) og *Farewell to Reason* (1987). Feyerabend hevdet at Auschwitz er eksempel på en holding som fremdeles eksisterer, og vises gjennom behandlingen av minoriteter i industrialiserte demokratier. Han gikk til angrep på vitenskapen fordi han var redd dens styrke. Det finnes ingen logikk bak vitenskapen, filosofien er intet fornuftsgrunnlag for vitenskapen og det finnes ingen vitenskapelig metode, hevdet Feyerabend.

Franklin D. Roosevelts tale i 1941 om de fire friheter danner grunnvolden i demokratiet: ytrings- og talefrihet, religionsfrihet, og frihet fra frykt og nød.

Fjernsyn og internett er et viktig medium for formidling av naturvitenskap. Fjernsynsserier som *Life on Earth: A Natural History (Livet på jorden)* laget av **David Frederick Attenborough** bidro til å spre kunnskap om evolusjon og dyre- og planteliv. Andre serier fra Attenborough var *The Living Planet: A Portrait of the Earth* (1984) og *The Private Life of Plants: A Natural History of Plant behaviour (Plantenes eventyrlige verden)* (1995). Overgangen fra film til video som opptaksmedium reduserte kravet til lys og lengden av opptakene kunne økes. Det bedret muligheten for undervannsoptak som i *Den blå planeten*. IR-kamera, termokamera, optiske fibre, bevegelsesensorer, makroobjektiver, intervallkameraer, samt kameraer som kunne ta hundrevis av bilder per sekund gjorde det mulige å følge fuglenes vingeslag og andre hurtige prosesser som vårt øye ikke er istand til å fange opp. Populære ble også bøkene til den britisk antropologen **Desmond John Morris** (1928-) bl.a. *The Naked Ape (Den nakne ape)* (1967) og *The Human Zoo (Det menneskelige menasjeri)* (1969) og *Manwatching* (1977), som på lettfattelig vis forklarte zoologi og menneskelig atferd.

Den 4. oktober i 1957 skytes den første kunstige satellitt ut i verdensrommet, Sputnik 1. Med Apollo 8 (Apollon er gresk gud for kunnskap og kunst) skutt opp med en Saturn 5 rakett (l. *Saturnus*) får vi i desember 1968 det første bilde av en "jordoppgang", en liten blåfarget ressursbegrenset planet sett fra verdensrommet. Romalderen får følge av en ny økologisk bevegelse, vi har bare en jord. Månelandingen med Apollo 11 den 20. juli 1969 var en teknisk og vitenskapelig triumf. Voyager 1 og 2 ble skutt opp i 1977 da Jupiter, saturn, Uranus og Neptun stod i gunstig posisjon og tyngdekraften kunne brukes som drahjelp. Voyager forlater vårt solsystem og bilde fra satellittkamera viser jorden som en liten lysende prikk.

Noen av de største problemene og utfordringene menneskeheten står overfor er religiøse fanatikere, religiøs indoktrinering, religion koblet til politisk ideologi, befolkningsøkningen, "velstandsutvikling" og den økende etterspørsel og ressursbruk dette representerer.

Biologiske ressurser og global økonomi

"All moderne handel er svindel", George Orwell.

Dessverre er det som vanlig George Orwells (syn. Eric Blair) samfunnskritiske skrekkscenario som er en trussel, ikke bare fra 1984, men som sies i *Vi må ha en aspidistra*:

Pengedyrkelsen var opphøyet til religion. De ti bud er redusert til to, ett for arbeidsgiverne – de utvalgte, liksom selve pengepresteskapet – Du skal tjene penger, det andre for arbeidstagerne, - slavene og undersåtter: Du skal ikke miste jobben.

Vi har lite lært av Garborgs: *Om pengar*. Den globale økonomi og import av arbeidskraft gjør at vi i Norge tar uhemmet i bruk slaver til å utføre arbeid vi ikke liker, ikke særlig moralsk edelt. Internasjonalisering gir flytting av produksjon til lavkostland hvor arbeidsmiljøkravene er ikke-eksisterende. Naturressursene på land og i hav tømmes og overbeskattes med økende hastighet. Markedene oversvømmes av billige forbruksvarer.

Jeg har vært min mann utro

Åpningssetningen i Sigrid Undsets *Fru Marta Oulie* (1907)

Det är synd om människorna !

August Strindberg: *Ett drömspel*.

I medgang, når alt går som vi vil, bør vi særlig passe oss for å bli stolte, overmodige og fulle av forakt for andre.

Cicero: *Om pliktene (De officiis)*

Alle dessa dagar som kom og gick, inte visste jag att de var livet.

Stig Johansson

Klag ikke under stjernene over mangel på lyse punkter i dit liv ! Ha, de blinke jo somom de vilde tale til deg ! Henrik Wergeland.

Hvi skrider Menneskeheden saa langsomt frem ? Henrik Wergeland

Sammenblanding av vitenskap og politikk

Sammenblanding av politikk og vitenskap får alltid en dårlig utgang. I Moskva ble det bygget et Institute for Applied Botany. Chetverikov, Dubinin, Romashov var russiske genetikere på starten av 1920-tallet. **Trofim Denisovich Lysenko** (1898-1976) som styrte genetikkforskningen i Sovjetunionen ble en eksponent for neo-Lamarckisme som hevdet at tillærte egenskaper kan nedarves i overenstemmelse med Lamarcks teorier. Dette ble brukt

som prinsipp for foredlingsprogrammer i landbruket. Sjarlatanen Lysenko hadde støtte fra Josef Stalin og Sentralkomiéen for det russiske kommunistparti, og fikk en sterk posisjon i sovjetrussisk biologi fra 1930-tallet til 1965. Revolusjonen i 1917 og sultkatastrofer på 1920-tallet skapte kaotiske tilstander. Vavilov hadde samlet over 200000 forskjellige landbruksplanter og var i gang med krysningsforsøk og hybridisering. Krysningsforsøk er meget arbeidskrevende og etter kryssning må det foretas selvpollinering for å frembringe rene homozygote linjer. Lysenko forkastet den tradisjonelle tidkrevende seleksjonen og lovet raske resultater ved å utsette organismene for direkte påvirkning av miljøet, en form for lamarchisme. Vernalisering skulle være en måte å øke avlingen. Høstsorter av rug og hvete kunne omdannes til vårsorter etter kuldebehandling, som kunne skje allerede på frøstadiet. Vernalisering vil si lavtemperaturbehandling for å indusere blomstring. Vernalisering er kuldeakklimatisering hvor vinterrettårige og toårige planter må ha opptil 3 måneder med temperatur mellom 0-7°C for å kunne danne blomster. Dette var i overensstemmelse med marxistisk ideologi, hvor miljøet kunne påvirke genene. Studiet av øyefarge hos bananflue blant akademiske biologer ble sett på som meningsløst. Michurin-biologi med meningsløse teorier om levende stoffer som ikke var celler, og at virus kunne omdannes til bakterier satte sovjetrussisk biologiforskning langt tilbake. I.V. Michurin var pomolog, hadde funnet noe sorter frukttrær, men ble av Stalin fremhevet som en stor evolusjonsbiolog. Darwin var et ikke-tema, og R.A Fisher som hadde utviklet metoder for eksperimentdesign og statistikk for biologiske eksperimenter ved Rothamsted lærte man ingenting av. Forskere som var uenige med Lysenko og støttet den tradisjonelle Mendelske genetikk ble forvist og mistet sine stillinger. Lysenko sørget for at Vavilov ble sendt til fangeleir hvor han døde i 1943. Lysenko fikk ikke den samme innflytelsen under Nikita Khrustsjov. Det kom kritikk mot Lysenko, bl.a. fra russiske fysikere som Ginzburg, Kapitsa og Sakarov og Lysenko ble avsatt fra sin stilling i 1965. Vernalisering er en epigenetisk endring via metylering av baser i DNA, men registreringen av lav temperatur er ikke arvelig. Under den andre verdenskrig fikk nazityskland tak i deler av Vavilovs genplasmassamlinger. Vavilov er nå hedret i Russland med et eget institutt i St.Petersburg, og som besitter store frøsamlinger av kulturplanter.

Luther Burbank fra California var en kjent planteforedler, men drev ukontrollerte eksperimenter. Merkelig nok fikk han penger av Carnegie-foundation til forskning. Han ble en myte i USA og fikk et eget frimerke. Burbank benektet eksistensen av mutasjon og forkastet Mendels oppdagelser. Vi ser eksempler på politisk styring av forskningen helt opp til vår tid med rapporten: *Politics and Science in the Bush Administration* (2003). "Sur nedbør-prosjektet" i Norge var også et politisk bestillingsverk. Friedrich Engels "dialektiske materialisme" var anvendt på naturvitenskap, basert på Hegels "idealistiske dialektikk" hvor det ble hevdet av idéer materialiserer seg i et stadig syklisk forløp med "tese-antitese- syntese -ny tese" osv.

Miljøbevegelse og økologi

I 1948 fikk **Paul Herman Müller** (1899-1965) nobelprisen i fysiologi og medisin for oppdagelsen av insekticidet DDT (diklorodifenyl-triklormetylmetan). Middelet viste seg å være velegnet til å drepe lus som spredde tyfus, men var også svært virkningsfullt mot andre insekter som spredde sykdom bl.a. malaria. Store mengder av dette "ufarlige" middelet ble brukt inntil man oppdaget at DDT var kjemisk stabilt og ble svært sakte nedbrutt i naturen. Det var **Rachel Louise Carson** (1907-1964) med bestselgeren *Den tause våren* (*The Silent spring* (1962)) som gjorde at brede lag av folket ble opptatt av økologi og miljøvern. Boken med en fengende tittel ble en hjørnestein for miljøbevegelsen. Carson kritiserte den utstrakte

bruken av kjemiske pesticider bl.a. DDT og nyere insekticider som dieldrin, parathion og malathion, som ga tynne eggeskall og påvirket spesielt bestandene av rovfugl. Virkningen av pesticidene og kvikksølv på fuglenes reproduksjon ble dokumentert. Allikevel mente den kjemiske landbruksindustrien, ledet av bl.a. Monsanto, American Cyanamid og Velsicol, at Carson var hysterisk og faglig ukvalifisert, selv om hun hadde rett. Ikke nok med det. Skadene fra den kjemiske industrien viste seg å ha større skadelige effekter enn selv Carson hadde trodd. Det ble laget kjemikalier med strukturer som aldri før hadde eksistert i naturen. Mange av disse var stabile, giftige og ga store forurensningsproblemer. En global industri uten annet formål enn å gi aksjeeierne størst mulig utbytte, tar svært lite hensyn til forurensninger, arbeidere og arbeidsmiljø. Den flytter heller sin virksomhet til nasjoner hvor miljøkravene ikke er så strenge, enn å gjøre noe med problemet der og da. Industrien er på lang sikt ikke bærekraftig fordi den forbruker begrensede ressurser, skaper forurensninger og produserer avfall som ikke blir gjenvunnet. Vi er avhengige av biologiske produksjonssystemer for å skaffe oss mat og klær, men et industrielt intensivt jordbruk har også sine miljømessige kostnader. Naturvitenskapelig kunnskap har gitt oss et samfunn med mulighet til å bekjempe sykdom og sult på en helt annen måte enn for tidligere generasjoner. I 1979 erklærte WHO at kopper var utryddet. Legemiddelindustrien er ikke opptatt av menneskenes helse og helbred, kun fortjeneste på salg av medisiner. Les gjerne P.C. Jersilds bok: *Babels hus*.

Det er mørke skyer over horisonten. Den industrielle revolusjonen har sin pris med forgiftet jord, luft og vann, noe som reduserer livsutfoldelsen i fri og uberørt natur. Kjemikaliefabrikken til Union Carbide i Bhopal i India (1984) forgiftet tusenvis av mennesker med metylisocyanat, et stoff som bl.a. ble brukt i insektmiddelet carbaryl. I 1976 skjedde det en ulykke i en kjemisk fabrikk i Seveso i Italia, hvor det slapp ut store mengder triklorofenol, men også tetraklorodibenzo-p-dioxin (TCDD). I fabrikkens ble det laget 2,4,5-triklorfenoksyeddiksyre, et herbicid som også ble brukt som løvfellingsmiddel "Agent Orange" under Vietnamkrigen. Polyklorerte bifenyler (PCB) er en stor gruppe stoffer hvor 1-10 kloratomer er festet til bifenyl ($C_{12}H_{12-n}Cl_n$). PCB ble brukt i hydrauliske oljer, smøreoljer, flammehemmere, dielektrisk væske i kondensatorer og transformatorer, plastikk og lim. Det viser seg seinere at PCB brytes ned meget seint i naturen og akkumuleres, og kan produsere fri radikaler og gir nerveskader. I Yusho i Japan ble tusenvis forgiftet av risolje som inneholdt store mengder PCB. En lignende episode skjedde i Yu Cheng på Taiwan i 1979 hvor risolje også inneholdt PCB. DDT og PCB påvirker hormonbalanse og forplantning. Ved Love Canal i New York ble kjemisk avfall fra perioden 1940-1953 gravet ned i en kanal nær Niagara Falls. Det ble seinere bygget en skole og lekeplass på avfallsfyllingen. Giftige stoffer rant ut og forgiftet jord, luft og vann. I 1978 ble flere familier flyttet vekk fra området og skolen ble stengt.

Ugrasdreperne (herbicidene atrazin) og simazin finnes igjen i grunnvannet. Herbicidet amitrol (aminotriazol) som er effektivt mot kveke viste seg å være kreftfremkallende. Stadig stilles det spørsmål om de helsemessige effektene av stoffer fra den kjemiske industrien: pesticider, fungicider, herbicider, bromerte flammehemmere (fenoler med brom); ftalater som er fettløselige plastmykgjørere, hormonhermere, eller tributyltinn som brukes som bunnstoff på båter. Det skjer bioakkumulering av stabile miljøgifter i næringskjedene. Menneskets virksomhet gir habitatfragmentering og utrydder stadig nye arter. Regnskog erstattes med beitemark for husdyr, dyrkningsland for soyabønner, plantasjer med eukalyptus, oljepalmer og sisal. Jordens skoger huser dyre- og planteliv, har effektiv CO_2 -fangst, og er viktige for den hydrologiske balansen på Jorden. Geirfuglen ble utryddet i ca. 1681. Utrydningstruet arter finnes på en Rødliste til den internasjonale naturvernunionen (IUCN). FN forsøker å gjøre noe med de store miljøproblemene vi står ovenfor: POP ("Persistent Organic Pollutants") er en FN-konvensjon fra 2001. Andre miljøavtaler i FN-regi er Rio-erklæringen med 27 prinsipper for bærekraftig utvikling, etterfulgt av Agenda 21 hvordan man skal følge opp Rio-konferansen

(1992). Biodiversitetskonvensjonen skal beskytte og bevare mangfoldet. Ørkenkonvensjonen som skal hindre at det dannes mer ørken ved at plantedekket ødelegges. Klimakonvensjonen (Kyotoavtalen fra 1997) har til formål å stanse utslipp av drivhusgasser. De industrialiserte landene skal redusere sine utslipp av karbondioksid, hvor det legges opp til handel med CO₂ kvoter. Atomkraft holdes utenom og landene kan derfor ikke investere i atomkraft for å slippe unne CO₂-problemet. FN nedsatte i 1988 et klimapanel "Intergovernmental Panel of Climate Change" (IPCC) bestående av klima- og miljøforskere.

Det er enighet om at jorda blir varmere, men er årsaken antropogen? Økt overflatetemperatur i havet gir økt fordampning av drivhusgassen vanddamp. Når albedo, hvitheten på planeten reduseres, blir mindre sollys reflektert. Forsuring gjør at mindre karbondioksid blir løst i havet. Sot og støv skjermer for solinnstrålingen. Forbrenning av fossilt karbon dannet gjennom årmillioner blir i løpet av et par hundre år brent, og produserer karbondioksid og varme. Drivhusgassen metan som virker tretti ganger kraftigere enn karbondioksid kommer fra husdyr, rismarker, samt fra permafrosten i taigaen og arktiske strøk som tiner pga. global oppvarming. I 1990 ble det oppdaget store mengder metanhydrater på havbunnen. Når fjordarmene på Grønland ikke fryser til om vinteren vil vinterstormene erodere kysten, der hvor fjordisen lå som et beskyttende lokk i tidligere tider. Økning i middeltemperaturen gjør at vekstsesonen blir lenger, parasitter sprer seg mot nordlige strøk og endring i havstrømmer og sjøtemperatur gjør at fiskestammene finner andre oppvekst- og gyteområder.

Freoner (CFC, klorfluorokarboner) erstattet ammoniakk som kjølemiddel. I den nedre delen av stratosfæren er det et ozonlag som beskytter jorda mot dødelig UV-stråling. Crutzen, Molina og Rowland fikk nobelprisen i kjemi i 1995 for å ha funnet de kjemiske reaksjonene som gir ozonhull. Når ultrafiolett lys spalter freoner dannes kloratomer som sammen med polare stratossfæreskyer gir massiv nedbrytning av ozon.

23. desember 1947 fikk Videnskapsakademiet et brev fra generaldirektøren for Vassdrags- og elektrisitetsvesenet, Fredrik Vogt (s. 565): "*De siste års usedvanlige værforhold, den svære tørkesommeren 1947, våre breers tilbakegang med økende fart, hadde på ny brakt i forgrunnen spørsmålet om vi sto foran en varig klimaforandring eller eventuelt store periodiske vekslinger i værforholdene. Dette ville i tilfelle være en sak av den største betydning på en rekke områder for livet her i Norge, først og fremst for jord- og skogbruk, men også ellers, bl.a. for utnyttelsen av våre kraftkilder*". Det blir stadig stilt spørsmål om klimaendringene har antropogene årsaker.

Det internasjonale råd for havforskning (ICES) skal hindre overfiske, og den internasjonale hvalfangstorganisasjonen (IWC) skal beskytte hvalbestandene. Vi er avhengig av en bærekraftig ressursforvaltning basert på forskning og bestandsundersøkelser. Totalfredning av hval, sel og andre arter på følelsesmessig grunnlag er ikke et velegnet grunnlag for ressursforvaltning. Spesielle dyr får særrettigheter basert på følelser, og noen dyrevernavtivistene bruker samme metoder som religiøse fundamentalister og terrorister. FN hadde sin første kvinnekongress i Mexico i 1975 og året etter etableres FNs kvinnefond UNIFEM som fremmer kvinners rettigheter politisk, økonomiske mot tvangsekteskap mot diskriminering og vold.

Vulkaniseringsprosessen på 1840-tallet ga mulighet for pessar og kondom, som sammen med p-piller på 1960-tallet, gjorde at kvinner kunne kontrollere antall barnefødsler.

Dansken **Bjørn Lomborg** skrev *Verdens Sande Tilstand* (1998) med en optimistisk tro på teknologi og framtiden, og hvor han mener at miljøbevegelsens dommedagsprofetier ikke stemmer. Dette i motsetning til *The Limits to Growth (Grenser for vekst)* (1972), samt World Watch Institute ledet av **Lester Brown** som jevnlig kom med begredelig verker om "Jordens tilstand". Lomborg ble beskyldt for uredelighet av Udvalgene Vedrørende Videnskabelig

Uredelighet i Danmark, men han ble renvasket for beskyldningene. (*Dansk miljøkritiker fikk rett til slutt*, Aftenposten 20.12.03)

Antibiotikaresistente bakterier, samt insekter, sopp og planter som blir resistente mot henholdsvis pesticider, fungicider og herbicider, gir et kappløp med naturen. Kanskje går det ikke så galt som framtidspessimistene tror? Imidlertid kan hybris og overdreven tillit til at teknologien skal redde oss ved enhver anledning bli skjebnesvanger.

Ikke hvordan verden er, er det mystiske, men at den er. Wittgenstein i *Tractatus Logico Philosophicus*.

Naturvitenskapens framtid

“Avancerte biologer syslet allerede med Operation Homunculus, og det hele var egentlig bare et tidsspørsmål, da guden oppdaget hvad som foregik. Men dér nådde de grensen, ikke mot gudens misundelse, men mot hans absolutte veto. For Homo Sapiens gav sig til å skape nye livsformer mot hans vilje. Og så besluttet han for anden gang, og nu for siste, å legge menneskeheten øde. Han var allerede ifærd med å gjennomgå sin liste over Remedia Destructionis, da sekretæren Pipiriel bragte budskapet om, at slekten allerede var ifærd med å utsette sig selv.” Fra Peter Wessel Zapffe: *Syndefaldet. Anden samtale med en anti-teist*. Spektrum nr.6/1953.

Den industrielle revolusjon ble etterfulgt av den postindustrielle digitale revolusjon med informasjonsteknologi, og man står nå foran en bioteknologisk revolusjon. På mange måter er man tilbake til utgangspunktet for den biologiske revolusjon. Vil det neste periode bli kalt Det grønne århundre?

Allerede i 1959 skrev **Charles Percy Snow** *The Two Cultures: A second Look*, omarbeidet i 1964, og som tok for seg naturvitenskapen versus humanvitenskap. Oversatt til norsk som *De to kulturer*. Det tyder på at det er en fundamental forskjell mellom realister og humanister, vitenskap versus kunst og kultur, vitenskap versus humanisme, harde og myke vitenskaper, eksakt versus ikke-eksakt.

Mistroen til vitenskapen kan også sees i diktene *Si oss det* skrevet av Rolf Jacobsen (Fra *Nattåpent* Gyldendal 1985).

Alt er elektroner, sier de vise.....

Da er det vi kommer og spør - hvor kommer så tannpinen fra eller gleden over den første softisen tidlig i mai?

Samme tendens kan sees i diktet *Treet* av Andre Bjerke (Fra *Prinsessen spinner i berget* (1953) med sitater som:

Mange av forskningens mest “nøyaktige data” sier omtrent så meget om virkeligheten, ja, som et nummer trykt i en kunstkatalog, sier om bildets plastisk levende faktum.

Videre:

Konsekvent som hans eget hyper-abstrakte regnestykke er derfor vitenskapsmannens selsomme affinitet til destruksjonen: Snart gjør han kloden - bokstavelig talt - til atomer, kronisk distré som anekdotens professor!

Dikteren Hans Børli har brukt samme tema. Eller Olav H. Hauge:

År ut og år inn har du site
bøygd yver bøkene,
du har samla deg meir kunnskap
enn du treng til ni liv.
Når det kjem til stykket,
er det so lite som skal til,
og det vesle har hjarta alltid visst.
I Egypt hadde guden for lærdom hovud som ei ape.

Denne anti-intellektualisme med "Hva gagnar det et menneske at det vet alt?" er skremmende og gir fort grobunn for overtro og er basis for fundamentalistisk religion og politisk ideologi. I denne mistroen til naturvitenskapen glemmer man at det er kunnskapen som hindrer og lindrer sykdommer, og de fleste ønsker seg ikke tilbake til en annen tid som ikke akkurat var noen idyll, snarere tvert imot.

Det er altfor lite biologi i skolen i forhold til fagets betydning i samfunn og vitenskap. Relasjonen menneske-natur med utnyttelse av bioressurser, forvaltning, og bioteknologi. Vi har en opplevelse av natur. Hva er natur? Hvorfor blir den ikke verdsatt? Det naturvitenskapelige språk avviker fra det dagligdagse og kan lage en barriere mot forståelse. Ny viten kommer fra samvirke mellom eksperiment og teori, men mange av religionenes disipler ønsker ikke at vi skal få mer naturvitenskapelig innsikt. De tror fremdeles at mennesket er en gudevalgt art. Sannsynlighetsteori kan forklare hvordan et eksperiment som gjentas under identiske betingelser kan lede til et annet utfall.

Aldri har vi hatt større kunnskaper om naturen og utrolig nok, fremdeles finnes det mennesker som tviler på naturvitenskapen, noe som har gitt oppblomstring og muligheter for kvakksalvere, sjarlataner, spiritister, sjamanister, healere med "varme hender", spåkoner, aura- og krystalltolkere, astrologer, irisdiagnostikere, alt krydret med selsom overtro, kabbala, reinkarnasjon, sjelevandring, "evig liv", "himmel og helvete" og panteisme. Budskapet er at årsak til sykdom og helbredelse avhenger av indre harmoni, balanse, energi og energibalanse og avfallsstoffer. Forbausende mange tror dessverre at man kan bli helbredet ved bønn. Aviser som man skulle tro var formidlere av sann kunnskap presenterer horoskoper. Akupunktur påvirker "energi", meridianer og er smertestillende (analgetisk). **Samuel F.C. Hahnemann** (1755-1843) skrev *Organon der rationellen Heilkunde* (1810), hvor budskapet var *similia similibus curentur* (likt helbreder likt) og baserer seg på ekstrem fortykning. Jfr. Nature 333 (1988)s. 816. Til tross for hva naturvitenskap har vist oss tror fremdeles mange på astrologi, mystisisme, kreasjonisme og alternativ medisin. Det har skjedd endring i Kvakksalverloven. Et eksempel er skepsis til MMR-vaksinen (meslinger, kuma og røde hunder) som noen trodde kunne gi autisme hvor Toni Blair fikk spørsmål om han hadde vaksinert barnet sitt mot MM. **Paul Gross** og **Norman Levitt** skrev boka *Higher Superstition. The Academic Left and Its quarrels with Science* i 1995 med angrep på vitenskapelige overløpere som befattet seg med kreasjonisme, dypøkologi, fenomenologi. Det var en konferanse i New York Academy of Sciences i 1995 om flukten fra vitenskapen. Røykere tar ikke advarslene alvorlig om tobakkens skadevirkninger, det mangler ikke på kunnskap.

Har vitenskapen nådd en grense, slik at det nå bare dreier seg om kommersialisering og produkter basert på nåværende kjent fysisk, kjemisk, biologisk og matematisk kunnskap? **John Horgan** har stilt dette spørsmålet i *The End of Science. Facing the Limits of Knowledge in the Twilight of the Scientific Age* (1996). Mange stiller seg kritiske til den teknologiske utvikling og vekstfilosofi.

Fra 1995 har den tyske anatomiprofessoren **Günther von Hagen** holdt offentlige

oppsiktsvekkende disseksjoner lignende Rembrandt Harmensz van Rijns *Dr. Tulps anatomiforesning* (1632) og ved preparingsteknikk med plastilin har han kunnet lage utstillinger med dyre- og menneskelig. Utstillingene har sin opprinnelige idé fra renessansen og har til formål å gi økt kunnskap om menneskekroppen og organsystemene, og hvordan vi er konstruert og bygget opp. Som vanlig kom det protester fra kirkelig hold.

Tim Berners-Lee (f.1955) foreslo i 1989 et stort hypertekstprosjekt som han kalte World Wide Web (WWW) og i 1991 kom WWW på Internet. Berners-Lee konstruert et enkelt programmeringsspråk HTML ("HyperText Mark-up Language") og protokoller HTTP ("HyperText Transfer Protocol") som gjorde det mulig for alle som hadde tilgang til Internett å lese dokumenter som lå på datamaskiner tilknyttet nettet. Han kjemper for at internett skal være et åpent og fritt system, ikke eid av noen. I 1993 kom Mosaic og seinere en rekke søkemotorer. Det finnes imidlertid kommersielle aktører som ønsker å tjene penger på nettet og informasjonsflyten, men de har heldigvis ennå ikke lyktes helt. Ved å logge seg inn på Internet, starte en søkemotor, skrive inn et søkeord, og vips kan det være tusenvis av nettstedet som har den informasjonen du er ute etter. Riktignok kan informasjonen være av ymse kvalitet, og nettet blir kontinuerlig overvåket. Kunnskapen tilhører menneskeheten, og enhver ny kunnskap bygger på tidligere tiders kunnskap. Derfor burde ingen kunne tjene penger på menneskehetens felles kunnskapsarv, og internett er et verktøy for å realisere denne drømmen. Det finnes heldigvis idealister som arbeider for denne saken. Det er tretten DNS-datamaskiner ("Domain Name Systems") i verden som oversetter elektronisk post og WEB-adresser til IP-adresser (internet protocol) til noder, og DNS drives av ICANN ("Internet Corporation for Assigned Names and Numbers") med DNS Master Root Server av US Department of Commerce. I Kina og Iran blir adgangen til internet styrt.

Matematikeren **John Horton Conway** kunne ved hjelp av enkle regler om overlevelse av celler avhengig av om de har få eller mange naboceller, simulere utvikling av liv via en datamaskin (Conways game of life). I arbeid med cellulære automater ble begrepet *in silico* tatt i bruk for å karakterisere studier og simuleringer av naturvitenskapelige modeller vha. en datamaskin (navn etter silisiumbrikken), inspirert av begrep som *in vivo*, *in vitro* og *in situ* brukt for å beskrive vitenskapelige eksperimenter. Studier av fraktaler, iterasjoner av komplekse tall i et kompleks plan, gir vakre mønstre som gjenspeiler bregneblad, romanescokål og natur, fikk oppblomstring via datamaskinen. Man kjenner nå egenskapene til hvert eneste enzym, kodet av gener, som katalyserer tusenvis av biokjemiske reaksjoner i anabolisme og katabolisme i primær- og sekundærmetabolismen i alle organismer. Metabolismen danner et komplekst nettverk og kan studeres helhetlig ved hjelp av matematiske modeller, og inngår i fagområdet systembiologi. Knutematematikk innen topologi kan brukes til å studere strukturen til DNA pakket ved hjelp av gyraser og topoisomeraser, og haler med telomere som påvirkes av telomeraser påvirker aldring. Høykapasitets sekvenseringsmaskiner produserer enorme mengder med sekvensdata som setter krav til algoritmene innen bioinformatikk. Sekvenseringen gjør det mulig å studere enkeltbasepolymorfier som basis for sykdom og forskjeller mellom individer. Transposaser og retrotransposons kan aktiveres under stress, og sammen med metylering og demetylering av bla. cytosin i DNA danner basis for epigenetikk. Epigenetikk er genetiske endringer i celler, men som ikke nedarves via kjønncellene. Bli det mer jord ? Kan jorden bli større ? Sover fisk ? Kan skjell høre ? Endres oksygenkonsentrasjonen i atmosfæren ? Kan jorda fø en stadig voksende befolkning ? Er det nok energi til den livsstilen mennesker legger opp til ? Kan kjente eller ukjente virus plutselig utslette store deler av jordas befolkning ? Skremmende navn er Svartedauen forårsaket av *Yersinia pestis*, Spanskesyken, influensa, Ebola, AIDS, SARS ("Severe Acute Respiratory Syndrome") og prionsykdommen BSE. Mange av virusene lever i gnagere,

fugl, gris og aper, og kan ved mutasjoner få egenskaper slik at de også infekterer mennesker. Spesielt RNA-virus er i rask kontinuerlig endring, immunsystemet hos alle dyr og mennesker gir seleksjon av virus. Det høye innholdet av virusekvenser og retrotransposoner i vårt genom viser hvor viktige virus er i evolusjonen. Virusevolusjon gir stadig nye mer adapterte virus. Potettrørråte utryddet tidligere store deler av potetavlingene og gjorde at irlendere utvandret til Amerika og Australia.

Moderne biologi har skapt en revolusjon innen felter som genetik og forståelse av evolusjon. Vanlig mennesker møter dette som avisoverskrifter om at nå er "genet for brystkreft, schizofreni, homofili, aggresjon og genet for "ditt og datt" funnet. Man kjenner den genetiske årsaken til en rekke sykdommer. Huntingtons sykdom kommer fra noen få individer i Australia og Mauritius.

Genom prosjektenes tidsalder går ut på å sekvensere genomet og identifisere alle gener for mange av jordas organismer: tarmbakterien *Escherichia coli*, bakegjær (*Saccharomyces cerevisiae*), menneske, vårskinneblom (*Arabidopsis thaliana*), ris, hvete, mais, laboratoriemus, bananflue, malariaparasitten, zebrafisk, malariamygg, bananflua, rundorm (*C. elegans*), en lang rekke virus, bakterier og mikroorganismer. Arbeidet drives av molekylære gentikere. Det første geneomet som ble sekvensert var et bakterievirus ψ X174. Viruset SV40 fra aper ble sekvensert i 1982 og nå er flere hundre virus sekvensert. Det første bakteriegenomet ble sekvensert i 1995, *Haemophilus influenzae* som gir hjernehinnebetennelse hos mennesker med 1.8 millioner baser fordelt på 1743 gener. *Mycoplasma genitalium* som lever som en parasitt i kjønnsorganene har et av de minste bakteriegenomene med 580.000 baser og 470 gener. *Mycobacterium tuberculosis* og *Mycobacterium leprae* som gir henholdsvis tuberkulose og lepra (spedalskhet) har henholdsvis 4.4 millioner baser (4000 gener) og 3.3 millioner baser (2700 gener). I Aftenposten Aften 11.12.1998 kunne man lese overskriften "Ringorm gir innblikk i livets mysterier". Nå var det ingen ringorm, som er en sopp, det var snakk om, men en rundorm. Dagen etter i Aftenposten Morgen lød en overskrift "Stort framskritt via liten orm" og endelig i Aftenposten Morgen 10.1.99 i spalten Ny viten: "En rundmark mot patent på liv".

Det store genprosjektet HUGO (Human Genome Organization) hadde til oppgave å sekvensere det menneskelige genom. Konsortiet som deltok i sekvenseringsarbeidet ble utfordret av selskapet Celera Genomics grunnlagt av **J. Craig Venter** (1946-). I februar 2001 ble sekvensdata for menneskegenomet publisert i tidsskiftene Nature og Science. Mennesket har ca. 30-40.000 gener fordelt på 3.2 milliarder basepar, og alle mennesker er den samme arten og 99.9% like, og vi har et genom som er 98.5% likt med sjimpansene, men kanskje ennå mer like de fredligere og utrydningstruede bonoboapene som har en atferd som er mye lik vår. Hvordan skal en nukleotidsekvens bli til et individ? Det finnes mer enn en million enkeltbase polymorfier i det menneskelige genomet, det vil si forskjeller i bare en enkelt base. Mange av disse enkeltbasepolymorfier gir forklaringen på sykdommer som Duchenne muskeldystrofi, cystisk fibrose, sigdcelleanemi m.fl., og i de neste årene vil vi finne årsaken til tusenvis av sykdommer som skyldes variasjon og mutasjoner i genomet. Per i dag kjenner man til minst 3000 sykdommer som har en genetisk forklaring. Eksempler på slike er hemofili, adenosin deaminase mangel (ADA), ALA, Tay-Sachs sykdom, thalassemia, Gauchers sykdom, og Fabrys sykdom. 17 år gamle Jesse Gelsinger led av en sykdom ved feil på genet for ornitin transkarbamylase og i 1999 var han med i et forsøk med genterapi hvor et forkjølesesvirus ble brukt for å overføre det korrekte genet. 4 dager seinere døde han. I det menneskelige genomet finner man mange hundre tusen lange innflettede elementer (LINE) bestående av ca. 6000 baser, som sprer seg i genomet via mRNA, og som setter seg inn i

DNA ved tilbakekopiering, en prosess som ligner det man finner hos retrovirus. Korte innflettede elementer (SINE) består av ca. 100-400 baser og mest kjent er *Alu* som finnes i over en million kopier. Man vil sikkert oppdage at det man tidligere kalt junk-DNA i exons har en viktig betydning i genomet, og genomenes variabilitet og endring vil kunne forklare evolusjonsprosessen. Et gen som styrer utviklingen av halsen på dyr er f.eks. påskrudd i lenger tid hos giraff og derved blir halsen lang. Mus har alle sine gener felles med mennesket, noe som stammer fra pattedyrenes oppgav.

Sammen med bioinformatikk, shotgun-metodikk, og industrielle helautomatiserte sekvenseringsmaskiner blir genomene stadig raskere sekvensert. PCR-teknikken har fått revolusjonerende betydning. Den biofarmasøytiske industrien er iferd med å patentere oppdagelsen mellom gensekvenser og sykdommer. Alle celler med cellekjerne er i prinsippet totipotente, inneholder genoppskriften og kan i teorien brukes til å gjenskape organismen. Embryonale stamceller fra dyr og mennesker, og initialceller i meristemer hos planter har denne egenskapen. Kloningen av sauene Dolly, og seinere andre dyr, samt terapeutisk kloning med formål medisinsk bruk, er bare starten på en ny utvikling. *In vitro* fertilisering er allerede en helt vanlig teknikk som hjelper barnløse par.

I Europa er det generell stor skepsis til genmodifiserte planter i motsetning til i USA. StarLink mais (2000), terminator-teknologi som teknologibeskyttelse, Pusztai-affæren i 1999, og Quist-Chapela-affæren 2001 har bidratt til dette. Det er skapt usikkerhet om genmodifiserte organismer vil påvirke helsen til dyr og mennesker og om GMO kan få utilsiktede og nå ukjente effekter på økosystemene. Det representerer noe nytt at gener kan flyttes mellom arter som har naturlige krysningsbarrierer. Ved sultkatastrofen i det sørlige Afrika i 2002 ble USA beskyldt for å påtvinge Afrika matvarehjelp med genmodifisert mais.

Hva styrer differensieringen og utviklingen av individene og hvordan skapes form? De nye biologiske faguttrykkene som år 2000 starter med er proteomikk og genomikk. Genomikk omhandler gener som arbeider sammen i et komplekst nettverk med strukturgener og regulatorgener som genetiske svitsjer. Proteomikk "Protein encoded by genome" gir oversikt og beskrivelse av alle proteinene som genene koder for.

Molekylærgenetikken, fosterdiagnostikk, genterapi, genmodifisering årsak til sykdom og atferd vil konfrontere oss med muligheter av stor rekkevidde, men vil også sette oss på prøve i avgjørelser med store konsekvenser. Hormonstimulering gjør at mange egg modnes, og modne egg kan tas ut fra eggstokkene og befruktes kunstig. Ved preimplantasjonsdiagnostikk utføres det gentester før egget settes inn i livmoren. Overskudd av egg gir velegnet forsøksmateriale for å studere hva som skjer i de første stadiene av fosterutviklingen.

Ved somatisk rekombinasjon og hypermutasjoner av immunoglobuliner lager immunsystemet immunoglobuliner som kan kjenne igjen ethvert protein kroppen kommer i kontakt med.

Det er stor prestisje knyttet til vitenskapelige oppdagelser og kreditering av disse, og det er

mange eksempler på uredelighet og ufin opptreden i denne sammenheng f.eks. **Luc Montangier** ved Pasteurinstituttet i Paris og **Robert Gallo** ved det nasjonale kreftforskningsinstituttet i USA ifm oppdagelsen av HIV viruset. Andre eksempler er **Otto Hahn** versus **Lise Meitner**. PCR-teknikken og **Kleppe**. Røntgenkrystallografidata fra **Rosalind Franklin** ble misbrukt og hun fikk ikke den berømmelse ved oppdagelsen av DNA som hun hadde fortjent. **Kammerer** og studiet av fødselshjelperpaddene fikk en trist utgang. I idretten brukes ny biologisk kunnskap til å produsere prestasjonsforbedrende dopingmidler som veksthormoner, EPO, og THG (tetrahydrogestrinon).

Målet med vitenskap er å finne sannhet og universets lover i mikro- og makrokosmos. Hva er hensikten og formålet med universet og livet hører hjemme i filosofien. Ifølge filosofen

Peter Wessel Zapffe er det det tragiske at mennesket søker etter en hensikt, der hvor det ikke finnes en slik hensikt. I diskusjonen om menneskeskapt klimaendring ligger en kassandrisk spådom. (I gresk mytologi elsket Apollon vakre Cassandra og ga henne evne til spådom, men hun avviste Apollon og fikk da en tilleggsgave om at ingen skulle tro henne).

Dessverre og synd oser politikerforakten idag, akkurat slik Alexander Kielland tidligere beretter om i *Arbeidsfolk*. Besk samfunnsskritikk, hvor Kielland med satire og ironi harsellerer over papirflytterne i embedsverk og embedsstand som innbilder seg at de er arbeidsfolk. Kielland håner embedsrepresentantene for samfunnet. Unge Kristine må gifte seg med sin gamle onkel som smitter henne med syfilis, sykdommen ingen vil snakke om. Blodskam og kjønnsykdommen syfilis er også tema i Ibsens *Gengangere*. Et hyklersk presteskap eksemplifisert med Morten Kruse omgitt av "kaninene" i Kiellands *St.Hans Fest* er fremdeles like dagsaktuell. Typisk sa stortingsflertallet nei til forslaget fra Bjørnson og Lie om å gi Kielland diktergasje.

En økende andel av befolkningen mister kontakt med naturen. Mennesket vil alltid være en del av naturen og viser en naturglede slik Vinje uttrykte det:

Til Fjells eg atter lyt og ut meg lufta.

Mi sorg heng heima som den slitne Kufta

Bertrand Russel: *Det gode liv er det som inspirert av kjærlighet og styrt av kunnskap.*

Biologiens historie

350 f.kr. Aristoteles

300 f.kr. Theophrastos Eresios

50 f.kr. Crateuas laget tegninger av planter

50 f.kr. Pliny (23-79 f.kr.): *Natural History*

77 e.kr. Dioscorides: *Materia Medica*. Beskrev 600 planter. Standardverk i 1500 år

164 e.kr. Galen til Roma

1300 Magnus: *On Plants*. Et av middelalderens beste verker.

1530 Brunfels' Urtebok

1539 Bocks (Tragus) Urtebok

1542 Fuchs urtebok *De Historia Stirpium* publisert i Basel 1542. New Kreuterbuch ?

1545 Første botaniske hage anlegges i Padua.

1554 Cordus dør. Hans bok *Historia Plantarum* publiseres 20 år seinere.

1555 Første gang ordet fysiologi brukt i moderne betydning

1583 Cesalpino skrev *De Plantis*.

1590 Johannes og Zacharias Janssen. Første sammensatte mikroskop

1597 Gerard *The Herbal and General History of Plants*.

1629 Parkinson urtebok *Paradisi in Sole*.

1648 Van Helmonts eksperiment om vekst av planter

1660 Ray beskrev planter i Cambridgeshire. Første lokallflora

1660 Royal Society i London grunnlagt.

1661 Académie des Sciences i Paris grunnlagt.

1665 Hooke *Micrographia* publisert i Philosophical Transactions of the Royal Society. Ordet *celle* brukt for første gang i biologisk betydning.

1672 Grew anatomi fra landbruksvekster.

1675 Malpighi *Anatome plantarum*

1682 Grew *The Anatomy of Plants*

1682 Ray i *Methodus* delte plantene inn i en- og tofrøbladete

1683 Leeuwenhoek Avbildning av bakterier

- 1694 Camerarius Seksualitet i planter. *De sexu plantarum epistola*
- 1694 Grew mente at blomsten er kjønnsorganet hos plantene.
- 1700 Tournefort skrev *Institutiones* og la grunnlaget for et binomialt system.
- 1727 Hales målte rottrykk. Planter fikk næring fra atmosfæren.
- 1732 Linnés Lapplandsreise
- 1735 Linné *Systema Naturae*
- 1753 Linné *Species plantarum* Binær taksonomisk nomenklatur.
- 1761 Koelreuter Seksualitet i planter.
- 1768-1772 Cooks reiser.
- 1763 Koelreuter forsøk på kunstig befruktning hos planter.
- 1774 Priestley Fremstilling av oksygen.
- 1774 Lavoisier oppdaget at oksygen er nødvendig for respirasjon
- 1774-1775 Priestley forkastet flogistonteorien til Stahl fra 1697.
- 1777 Botanical Magazine nytt tidsskrift for botanikk.
- 1779 Ingenhousz skriver *Experiments on Vegetables*. Viste at lys er nødvendig for at planter skal lage oksygen.
- 1780 Adams og medarbeidere laget den første mikrotom.
- 1780 Lavoisier og Laplace viste at respirasjon er en form for forbrenning.
- 1788 Senebier viste at lys og CO₂ er nødvendig i fotosyntesen.
- 1788 Knight undersøkte bevegelser hos planter.
- 1790 Goethe *Metamorphose der Pflanzen*
- 1793 Sprengel, Christian Konrad (1750-1816) Blomstringsøkologi.
- 1796 Ingenhousz viste at planter bruker karbondioksid.
- 1798 Jenner og vaksinasjon mot kopper
- 1802 Treveranus brukte ordet biologi.
- 1804 Saussure *Recherches chimiques sur la végétation*. Gassutveksling hos planter.
- 1805 Alexander von Humboldt (1769-1859) Plantegeografi.
- 1807 Første akromatiske mikroskop.
- 1809 Lamarck *Philosophie zoologique*. Evolusjonsteori.
- 1822 Dutrochet Osmose.
- 1823 Amici så pollenslanger nærme seg frøemnet.
- 1828 Wöhler syntetiserer urea.
- 1831 Brown oppdaget cellekjernen.
- 1832 Diastase fra bygg, første enzym.
- 1837 Dutrochet viste at klorofyll er nødvendig for fotosyntesen.
- 1838 Schwann og Schleiden grunnla celleteorien.
- 1840 Liebig om mineralnæring hos planter. Humusteorien forkastes.
- 1842 Mayer, Julius Robert von (1814-1878): Lov om bevaring av energi.
- 1846 Mohl: Protoplasma.
- 1844 Nägeli så "båtonnets".
- 1846 Amici oppdaget seksualiteten i blomsterplanter.
- 1851 Hofmeister oppdaget generasjonsveksling hos planter.
- 1851-1855 Boussingault viste at planter ikke kan bruke atmosfærisk nitrogen.
- 1851 Foucaults pendel fra kuppelen i Panthéon i Paris.
- 1855 Virchow: "*Omnis cellula e cellula*". Enhver celle kommer fra en annen celle.
- 1857 Pasteur viste at melkesyregjæring skyldes bakterier
- 1858 Nägeli: Micelle teorien.
- 1859 Darwin publiserte *Origin of species*.
- 1860 Sachs: Plantevekst i næringsløsninger. Vannkultur
- 1860 Hoffmann og Pasteur: Skapelsesdoktrinen forsvant.
- 1860 Selektiv farging av biologiske snitt
- 1862 Sachs: Stivelse et fotosynteseprodukt.
- 1864 Pasteur oppdaget pasteuriseringsteknikken. Diskusjon om spontan generasjon avsluttet.
- 1865 Sachs: Eksperimentell plantefysiologi. *Handbuch der Experimental-Physiologie der Pflanzen*.
- 1866 Mendels lover om atskillelse og uavhengig sortering av alleler. *Versuche über Pflanzenhybriden*.
- 1866 Haeckel: Biogenetiske lover. *Generelle Morphologie*
- 1867 Lister med antiseptisk kirurgisk teknikk
- 1869 Miescher: Oppdagelsen av DNA
- 1876 Koch: Miltbrannbakterie forårsaket sykdom
- 1877 Pfeffer: Osmose hos planter *Osmotische Untersuchungen*.
- 1876 Balbiani ser kromosomer.
- 1877 Koch beskrev teknikker for å fiksure og farge bakterier.
- 1878 Kühne innførte ordet enzym.
- 1879 Strasburger: Kjernedeling hos planter.

- 1880 Darwin og sønnen skrev *The Power of Movement in Plants*.
- 1881 Koch med metoder for renkultur av bakterier.
- 1883 Apokromatiske mikroskop
- 1883 Engelmann oppdaget fotosyntese hos noen bakterier.
- 1884 Haberlandt: *Physiologische Pflanzenanatomie*.
- 1884 de Bary: *Vergleichende Morphologie und Biologie der Pilze, Mycetozoen und Bakterien*.
- 1884 Kochs postulater
- 1888 Navnet kromosom.
- 1889 Beijerinck oppdaget virus
- 1897 Buchner oppdaget at cellefrie ekstrakter fra gjær omdanner sukker til etanol og karbondioksid.
- 1898 Barnes innførte begrepet fotosyntese
- 1898 Benda oppdaget mitokondrier og ga dem navn
- 1898 Beijerinck oppdaget og navnsatte tobakksmosaikkvirus.
- 1900 De Vries foreslo mutasjoner som fenomen i *Mutationstheorie*.
- 1900 De Vries, Correns og Tschermak-Seysenegg: Gjenoppdagelse av Mendels lover.
- 1901 Landsteiner oppdager blodgrupper hos mennesker.
- 1902 Sutton og Boveri: Kromosomteorien.
- 1908 Hardy- Weinberg prinsippet.
- 1905 Harden og Young oppdaget at uorganisk fosfat var nødvendig for fermentering.
- 1906 Tswett: Kolonnekromatografi.
- 1906-1926 Willstätter fant den kjemiske strukturen til klorofyll
- 1909 Morgan brukte bananfluer og mutasjoner for å studere genetikk. Postulerte overkryssing.
- 1910 Morgan: Gener på kromosomet.
- 1910 Boysen-Jensen viste stoffer som forårsaket bevegelser hos planter.
- 1911 Rous oppdager det første kreftvirus.
- 1912 Røntgenkrystallografi som teknikk
- 1913 Sturtevant konstruerte genkart.
- 1913 Willstätter fant klorofyllstrukturen.
- 1915 D'Hérelle og Twort oppdaget virus (bakteriofager) som drepte bakterier.
- 1923 Went og vekstoffer i planter.
- 1925 Keilin: cytokromer
- 1926 Ultracentrifuge laget av Svedberg.
- 1926 Sumner: Krystalliserte enzyet urease.
- 1927 Muller: Mutasjoner med røntgenstråler.
- 1928 Fleming oppdaget penicillin.
- 1929 Lohmann oppdaget at ATP er nødvendig for fosforylering av sukker
- 1931 van Neil: Oksygen i fotosyntesen kommer fra vann.
- 1931 Creighton og McClintock: Rekombinasjon, transposons
- 1932 Krebs oppdaget sitronsyresyklus.
- 1933 Ruska laget det første elektronmikroskop
- 1933 Kögl isolerte auxin og bestemte kjemisk struktur
- 1935 Boysen-Jensen: Vekstregulerende stoffer i planter.
- 1935 Stanley: Krystallasjon av tobakksmosaikkvirus
- 1937 Krebs: Sitronsyresyklus
- 1937 Hill oppdaget fotolyse av vann med isolerte kloroplaster
- 1935 Schoenheimer brukte radioaktive isotoper for å studere metabolisme.
- 1935 Stanley: Krystalliserte virus.
- 1938 Hill: Lys spaltet vann og overførte elektroner til en elektronakseptor.
- 1939 Ruben, Hassid og Kamen: Radioaktive (^{14}C) og tunge (^{18}O) isotoper.
- 1941 Lipmann oppdaget ATP i energiomsetningen.
- 1941 Beadle og Tatum: Ett gen ga ett enzym
- 1944 Avery, McLeod og Maclyn McCarty: Genene bestod av DNA. Blåpapirfunksjonen til DNA. Transformasjon.
- 1948 Tiselius innførte elektroforeteknikk
- 1952 Fordelingskromatografi innført av Synge og Martin
- 1952 Hershey og Chase oppdaget at DNA fra bakteriofager omdannet bakterier.
- 1953 Fasekontrastmikroskopet
- 1953 Bortwick og Hendricks: Fytokromsystemet.
- 1953 Watson, Crick, Franklin og Wilkins: DNA-strukturen
- 1953 Lederberger og Zinder oppdaget transduksjon.
- 1954 Arnon: Fotosyntetisk fosforylering
- 1957 Calvin: Fotosyntesesyklus
- 1958 Meselson og Stahl: Semi-konservativ replikasjon av DNA
- 1959 Hendricks og medarbeidere: Oppdaget fytokrom.

- 1961 Brenner, Jacob og Meselson: Oppdagelsen av mRNA
- 1961 Jacob og Monod: Regulering av genaktivitet
- 1961 Oparin: *Life, its nature, origin and development.*
- 1961 Mitchell: Kjemioosmotisk hypotese
- 1961 Spiegelman: DNA-hybridisering
- 1961 Nirenberg: Laget protein fra kunstig DNA
- 1966 Nirenberg og Khorana: Genetiske koden
- 1972 Berg: Rekombinant DNA *in vitro*
- 1972 Singer og Nicholson: Flytende mosaikkmodell for membraner
- 1974 Arber: Restriksjonsenzymmer som verktøy i DNA-analyser.
- 1977 Gilbert og Sanger : Metoder for sekvensering av DNA
- 1981 Prusiner oppdager prioner.
- 1983 Luc Montangier oppdager at HIV kan gi AIDS
- 1988 Kary Mullis, Kleppe m.fl. oppdager polymerasekjederaksjonen (PCR)
- 1995 Sekvensering av bakterien *Haemophilus influenzae* (1.66 Mbp).
- 1996 Sekvensering av eukaryoten *Saccharomyces cerevisiae* (13Mbp) *Methanococcus jannaschii*.
- 1997 Sekvensering av tarmbakterien *Escherichia coli* (4.7 Mbp).
- 1998 Sekvensering av rundormen *Caenorhabditis elegans* (97 Mbp).
- 2000 Edward Delong og marint Archaea

Kalender

Den menneskeskapt kalender er av interesse når man gjør historiske betraktninger. Månefasene dannet grunnlaget for det første som kunne ligne en kalender. Med 29.5 dager mellom hver nymåne ga dette et år på 354 dager. **Metons månekalender**, etter grekeren Meton født 432 f.kr., hadde månemåneder på 29 og 30 dager, men dette ga 11 dager for lite. Derfor ble de skuddmåned i 7 av 19 år. Den islamske kalender følger ikke Metons månekalender og derfor beveger alltid tidspunktet for ramadan seg bakover. Den jødiske kalender har en 13. måned på 30 dager i det 3., 6., 8., 11., 14., 17., og 19. år. Kombinasjonen mellom månefasene og årstider (det tropiske år) ble erstattet av solen og flommen i Nilen som basis for kalenderen. Det ble nå et år på ca. 365 dager. I 45 f.kr. kom Julius Cæsar med en kalender hvor det ble en ekstra dag hvert 4. år og de 12 månedene fikk forskjellig lengde. Før hadde det vært på 30 dager hver + 5 dager ekstra på slutten av hvert år. Romerne mente at februar var en uheldig måned og forkortet den. Dette ga opphavet til den **Julianske kalender**, utarbeidet av astronomen Sosigenes fra Alexandria. Solåret er imidlertid 365.242199 dager. Resultatet ble at vårjevndøgn som ga grunnlaget for påsken kom tidligere og tidligere på året. Første påskedag er første søndag etter første fullmåne etter vårjevndøgn. I 1582 kom pave Gregor XIII med den **Gregorianske kalender**. Han fikk den tyske matematikeren **Christoffer Calvius** (1537-1612) til å lage kalenderen som vi bruker idag med skuddår hvert 4. år, men hvor det ikke er skuddår i år som er delelig med 100, men med 400. Skandinavia innførte denne kalenderen i 1700, England i 1752, mens den i Sovjetunionen ble innført etter den første verdenskrig i 1918. Året består av 52 uker og 1 dag derfor flytter ukedagene seg en dag fram hvert år. Hvert skuddår består av 52 uker + 2 dager. Det totale antall ekstra dager er delelig på 7. Derfor gjentar kalenderen seg hvert 28. år som inneholder 7 skuddår.

Himmelekvator deler himmelkula i to halvdel. Jorda dreier fra vest mot øst. Middelsol - sol langs himmelekvator. Tropisk år er tiden det tar for sola å nå tilbake til vårjevndøgn (365.2422 dager). Siderisk år er tiden før sola er tilbake til samme posisjon i forhold til stjernene. Pga presesjonen vil det tropiske år bli kortere enn det sideriske.

Rektascensjon (right ascension) regnes fra vårjevndøgn og østover. Månen omkring jorda på omkring 4 uker. Månen inntar 8 grader på hver side av epliktikken. Nord for himmelekvator i 2 uker og syd for himmelekvator i 2 uker. Sola og månene trekker på jorda og gir presesjonen.

Sol og måne følger zodiaken. Også himmelekvator prescesserer og presesjonen av vårjevndøgn ble oppdaget av Hipparchus. I dag er vårjevndøgn i Fiskene. 12.000 år fra nå er Vega nordstjerne.

1 Mil = en geographisk Mil= 0.135 kilometer
En norsk Fod = 12 Tommer = 0.3137 Meter
1 Maal jord = 10.000 kvadratfot = 984 kvadratmeter
Et norsk Pund = 0.498 Kilogram.

Europeiske stilperioder:

Gotikk (1150-1420)
Renessanse 1420-1580)
Barokk (1600-1750)
Rokokko (1725-1770)
Nyklassisisme (1765-1840)

Litteratur

- Abbott, D. (Ed): *Biologists. The Biographical Dictionary of Scientists*. Blond Educational. 1983
- Adams, A.: *The eternal quest. The story of the great naturalists*. Constable & Comp. Ltd. 1970.
- Allan, M.: *Darwin and his Flowers*. Taplinger Publ. Comp. 1977.
- Baker, H.G.: *Plants and Civilization*. Wadsworth 1978.
- Bath, B.H.S. van: *The agrarian history of western Europe A.D. 500-1850* (1963).
- Begtrup, Eline: *Carl v. Linné. Nordens blomsterkonge*. København 1914.
- Bensaude-Vincent, B. & Stengers, I. *A history of chemistry*. Harvard University press (1996).
- Bohr, N.: *Light and Life*. Nature (131 (1933) 421-423, 457-459.
- Brockway, L.H. *Science and Colonial Expansion. The Role of the British Royal Botanic Gardens*. Academic Press 1979.
- Cittadino, Eugene: *Nature as the laboratory. Darwinian plant ecology in the German Empire, 1880-1900*. Cambridge University Press 2002.
- Coats, A.M. *The Plant Hunters*. McGraw-Hill 1969.
- Eriksson, Gunnar: *Botanikens historia i Sverige intill år 1800*. Almqvist & Wiksell 1969.
- Gabriel, M.L. & Fogel, S. (eds.): *Great experiments in biology*. Prentice-Hall, Inc. 1955.
- Garland, Allen E.: *Life Science in the twentieth century* John Wiley & Sons 1975.

- Gee, H. Jacob's ladder. *The History of the Human Genome*. Fourth Estate 2004.
- Gould, S.J.: *Tusenårsskiftet*. J.W. Cappelens forlag A.S. 1999
- Hansen, Thorkild: *Det lykkelige Arabia*. Gyldendal 1976.
- Jackson D., Robert Symons og Paul Berg PNAS 69 (1972) 2904-2909)
- Johansson, I.: *Blad ur genetikens historia*. Natur og kultur 1979.
- Jørgensen, J., Gotfredsen, E., Spärck, R., Maaløe, O & Spärck, J.V.: *Store naturforskere*. Hans Reitzel. København 1958.
- Johannsen, W.: *Lærebog i plantefysiologi: med henblik paa plantedyrkingen*. 2. utg. 1904.
- Magner, L.N. : *A History of the Life Sciences*. 3/E. Marcel Dekker Inc. 2002.
- Goethe, Johann Wolfgang von: *Die Metamorphose der Pflanzen*. FI4118
- Hagberg, Knut: *Carl Linnæus*. Natur og Kultur 1957.
- Kirchhoff, A.: *Die Idee der Pflanzen*. FI 4115
- Krørup, P., Holmboe, H. & Gierow, K. (eds): *Vår kulturarv (III)*. Forlaget for faglitteratur 1965.
- Lemmon, K.: *The Golden Age of Plant Hunters*.
- Lumholtz, Carl.: *Blant Mexicos Indianere*. H. Aschehoug & Co. 1903.
- MacLean, Alistair: *Kaptein Cook*. Cappelen 1973.
- Morange, M. *A history of molecular biology*. Harvard University Press 1998.
- Miller, G. *The mating mind: how sexual choice shaped the evolution of human nature*. William Heinemann 2000.
- Myller, Detlev: *Plantefysiologi*. 1948
- Nordhoff, Charles: *Mytteriet på Bounty*. Tiden 1980.
- Pedersen, Rasmus: *Forelæsninger over Plantefysiologie holdte ved Københavns Universitet*. København 1883.
- Pedersen, Rasmus: *Planternes Næringsstoffer*. P.G. Philipsens Forlag. København 1883.
- Perutz, M.: *Is Science Necessary ? Essays on Science and Scientists*. Oxford University Press 1992.
- Punnet, R.C.: *Ovists and animalculists*. American Naturalist LXII no. 683 (1928) 481-507.

Rich, E.E. & Wilson, C.H. (eds.): *The Economy of Expanding Europe in the Sixteenth and Seventeenth Centuries*. Cambridge University Press 1967.

Roberts, R.M.: *Serendipity. Accidental discoveries in science*. John Wiley & Sons Inc. 1989.

Schleiden, M.J.: *Beitrage für Phytogenesis*. Arch. Anat. Physiol. wiss Med. (Mullers Arch.) 5 (1838) 137-176.

Schrödinger, Erwin: *What is life ?*

Schwann, T.: *Mikroskopische Untersuchungen über die Übereinstimmung in der Struktur und dem Wachsthum der Thiere und Pflanzen*. G.E. Reimer, Berlin 1839.

Segestråle, U.: *Defenders of the truth: The battle for science in the sociobiology debate and beyond*. Oxford University Press 2000.

Taylor, G.R.: *The Science of Life*. Thames and Hudson, London 1963.

Vavilov, Nicolai: *The Origin, Variation, Immunity and Breeding of Cultivated plants*. 1951

Virchow, R.: *Die Cellularpathologie in ihrer Begründung auf physiologische und pathologische Gewebelehre*. August Hirschwald, Berlin 1858.

White, M. & Gribbin, J.: *Darwin - a life in Science*. Danny Baror, Baror International 1995.

"Se hva alle har sett og tenke hva ingen har gjort". Albert Szent-Györgyi.

Noen vitenskapsfolk som har gitt navn på planter:

Banksia (Proteaceae) J. Banks (1743-1820)

Bartschia (Schrophulariaceae) J. Bartsch d. 1738. Lege i Holl. Vestindiske kompani

Bauhinia (Leguminosae) Botanikerne Jean Bauhin (1613-1541) og Caspar Bauhin (1560-1624)

Bobartia (Iridaceae) . I Bobart . Botaniske hage i Oxford d. 1679.

Boerhaavia (Nyctaginaceae) Boerhaave

Bonplandia (Polemoniaceae) . Fransk botaniker A. Bonpland d. 1858.

Brunfelsia (Solanaceae). Tysk lege og botaniker O. Brunfels d. 1534

Caesalpinia (Leguminosae). A. Caesalpinus d. 1603. Professor i Pisa. Grunnlag botanisk hage i P.

Candollea (Dilleniaceae) Prof. A.P. de Candolle d. 1841.

Cavendishia (Ericaceae) Engelsk kjemiker H. Cavendish d. 1810

Copernicia (Palmae) Astronomen Kopernikus d. 1543

Crescentia (Bignoniaceae) Petrus de Crescentiis d. 1320. Italiensk agronom.

Dillenia (Dilleniaceae) Prof J.J. Dillenius d. 1747. Direktør for den botaniske hagen i Oxford.

Dioscorea (Dioscoreaceae) Dioskorides

Fitzroya (Coniferae) Fitzroy. Skipper på Beagle (1832-36)

Fucksia (Onagraceae) Prof L. Fucks Tübingen d. 1566

Gerardia (Schrophulariaceae) J. Gerarde d. 1607
 Grewia (Tuilliaceae) N. Grew d. 1711 Engelsk botaniker.
 Hookera (Liliaceae) W.J. Hooker d. 1865 Direktør i Kew. Professor.
 Kalmia (Ericaceae) Per Kalm d. 1779 Botaniker i Åbo.
 Koelreuteria (Sapindaceae) J.G. Koelreuter d. 1806 Tysk botaniker.
 Larmarckia (Graminae) J.B. de Lamarck d. 1829. Fransk naturforsker.
 Linnea (Caprifoliaceae) C v. Linné d. 1778 Svensk naturforsker.
 Lobelia (Campanulaceae) M de L'Obel d. 1616. Lege og botaniker.
 Magnolia (Magnoliaceae) P. Magnol d. 1715. Professor i botanikk i Montpellier.
 Malpighia (Malpighiaceae) M. Malpighi d. 1694. Italiensk lege og botaniker.
 Martiusella (Sapotaceae) Ph. von Martius d. 1868 Tysk botaniker.
 Naegelia (Gesneriaceae) K. Nägeli d. 1849. Professor. Sveitsisk botaniker.
 Rudbeckia (Compositae) O. Rudbeck d. 1702. Professor i Uppsala. Grunnlag botanisk hage i U.
 Solandra (Solanaceae) D. Solander d. 1782.
 Ternstroemia (Theaceae) C. Ternström d. 1745. Svensk botaniker. Dro til Kina.
 Tournefortia (Borraginaceae) J de Tournefort. Professor i botanikk i Paris.

Biologi i Danmark-Norge

Simon Paulli (1603-1680) var professor i anatomi, kirurgi og botanikk ved universitetet i København. Paulli utførte offentlige disseksjoner i Domus Anatomica og utga *Flora Danica* i 1648. Det er en Dansk Urtebog som beskriver legeplanter for "den gemeene mand", og ble utgitt etter påtrykk for Christian IV. **Elias Tillandz** (1640-1693) var professor i medisin, og samlet medisinplanter rundt Åbo (*Catalogus plantarum circa Aboam crescentium*). **Magnus von Bromell** (1679-1731) foreleste botanikk for medisinstudenter i Uppsala i 1714. Botanikk har gjennom historien vært en del av legevitenskapen og spesielt innen farmasi. Folkemedisinsk tradisjon og etnobotanikk har gitt utgangspunkt for studier av planter med medisinsk virkning. Farmakognosi er læren om hvordan planter og dyr kan brukes til framstilling av legemidler (droger). Arbeidet er blitt konsentrert om å finne de farmakologisk virksomme stoffene i plantene.

Johan Ernst Gunnerus (1718 - 1773) ble biskop i Trondhjem i 1758 og var professor i naturhistorie og økonomi. Han var et av grunnleggerne av *Det Kongelige Norske Videnskabers Selskab* i Trondhjem, stiftet i 1760, og som ble starten på skriftserien *Skrifter* og et museum. Gunnerus skrev avhandlingen om *Lom-artede Fugle, Havhesten, en Søe-Fugle*. I et hyrdebrev fra 1758 til prester og lærere ber han om få tilsendt naturalieobjekter, og han fikk tilsendt utstoppede fugler. På bispevisitaser kom han i kontakt med flora og fauna i Norge. Hadde også interesse for mineraler. Gunnerus skriver for "Elskere av Naturen". Gunnerus kom også med forslag om et eget universitet i Norge bl.a. planer om Norges første universitet i Christianssand, med nærhet til Jylland. Stadsfysikus. **Robert Stephan Henrici** som var "vel verseret i Anatomicis et Botanicis" som det het i en professoruttalelse, hjalp Gunnerus med anatomiske undersøkelser. Henrici deltok i undervisningen på Katedralskolen i "de physiske videnskaber og især Botanikken, Mineralogie og andre Natur Historiens dele", og det ble holdt "excursioner, især botanicas". Også interessert i fisk og amfibier, koralldyr, børsteormer, sjøpølser, sjøpunger, calanus finmarchicus (Gunnerus), og studerte tennene på slimål (*Myxine*). Han skrev *Acta I -III*, og *Acta II* omhandlet fisker.

Gunnerus hovedbeskjeftigelse innen naturvitenskapen var zoologi, men han drev også

studier av planter. Danmark og Sverige hadde sin egen flora og Gunnerus startet arbeidet med en norsk flora. Samlet inn planter på sine reiser som han fikk avtegnet. Gunnerus var inspirert av Linné og skrev *Flora Norvegica* (1766-1772). Linné oppkalte slekten *Gunnera* etter Gunnerus. "Agerdyrkingen" ble en vitenskapelig og økonomisk disiplin, og ga forbedringer av jordbruket. Videnskabsselskabet i Trondheim hadde egen egen kommisjon *Commissionen for Agerdyrking og Landvæsenet*. Fra kommisjonen sies det bla. "*Potetes Avlingen, synes nu at blive temmelig almindelig, og derfor at kunne indskrænkes til saadanne Steder, hvor den ikke før, eller ickun lidt har været i Brug.*" Avling av "*Tobak til sit eget Brug*", *Humle Haver, Liin Avling, og Kirsebær Haver* er andre tema fra kommisjonen.

Justisråd **Martinus Nissen** utga skriftet *Theoretiske og practiske Underrætninger om Agerdyrking med meere som til Landsvæsenet henhører, Deels af de bæste Autores uddragne og deels ved lang Øvelse samlede og forsøkte...* (1776).

Naturforskeren **Hans Strøm** (1726-1797) skrev om insekter, og samarbeidet med Gunnerus. Det samme gjaldt handelsmannen **P.C. Buck** som hadde interesser for zoologi. **Jacob von der Lippe Parelius** (1744-1827) var amanuensis hos Gunnerus, og laget mange av tegninger for Gunnerus.

Hans Jacob Wille samlet botanisk materiale fra Telemark. Wille skrev *En kort Afhandling om Den Islandske Moss (Lichen islandicus) og den Tilberedning til Menneske-Føde* (1801). I dårlige tider hadde barkebrød basert på innerbarken av bl.a. alm, samt islandslav vært et viktig næringstilskudd.

Christopher Blix Hammer (1720-1804) var opptatt av landbruk og hagebruk. Han utga bl.a. en *Afhandling om Potatos med endeel Tanker i Land-Huusholdning*. Basert på eldre skrifter ga han ut *Norsk Huusholdnings-Kalender* (1772) og temaer han tok opp var "norske Akeviter, Bær-Tinkurer og Bærsafter". Hammer skrev et stort materiale om norsk naturhistorie, bl.a. om zoologi, og et utkast til en norsk flora *Floræ Norvegicæ Prodromus* (1794), men han er blitt kritisert for å mangle vitenskapelig tyngde. Mange av Hammers arbeider finnes bare som manuskripter. *Fortægnelse paa Nogle planters Navne af Rami Norges beskrivelse ... - Planter ud af Pontoppidans Norsk Natur-Histories 1ste Deel - Af Oeders Flora Danica - Fortægnelse over 4 Urter, som findes anførte paa Registeret til 2den Tome af Gunneri Flora Norveh., men ey findes i selve bogen - Af Olafsen og Povelsens islandske Rejse, Sorøe 1772*. Hammer var en av dem som kjempet for et norsk universitet og testamenterte en stor formue til Videnskabsselskabet.

Peder Ascanius (1723 -) var professor i zoologi og mineralogi, og ble seinere bergassesor på Kongsberg. Hans storverk var *Icones rerum naturalium ou figures enluminées d'histoire naturelles du Nord* (1772-77). **Martin Vahl** (1749-1804) var professor i botanikk i København fra 1791. Martin Vahl mente at Hammers norske flora ikke holdt faglige mål og gikk imot trykking av den. **Niels (Nicolai) Tychsen** (1751-1804) var kjemilektor og apoteker, og kjøpte et apotek på Kongsberg. Tychsen skrev en avhandling i 1792 *Om norsk Rhabarber, Forsøg med den Syre hvilken Bladstilkene af Rheum palmatum indeholde; og Forsøg med Potaske, i Henseende til at bestemme dens Reenhed*. I tillegg fikk han ugitt en *Chemisk Haandbog*. **Henrik Tønning** skrev *Norsk Medicinsk og Oeconomisk Flora* (1773). Bergseminaret på Kongsberg ble etablert i 1757 i tilknytning til gruvedriften, og det ble drevet undervisning i kjemi. Da sølvverket ble nedlagt i 1805 fikk Bergseminaret mindre betydning, og virksomheten ble flyttet til det Kongelige Frederiks Universitet i Kristiania i 1811 (Prins Christian Fredrik). Jens Esmark (1763-1839) ble professor i bergvitenskap og hans elev **Balthazar Mathias Keilhau** (1797-1858) lagde geologisk- petrografiske kart over Norge i *Gaea Norvegica*.

Vahl, Strøm, Gunnerus, Oeder, sammen med Hammer og hans testamentariske gave er grunnleggere av botanikken i Norge.

Det kongelige Selskab for Norges Vel ble stiftet av grev **Herman Wedel Jarlsberg** i

Christiania i 1809, og selskapet hadde naturvitenskapelig ambisjoner, og utga bl.a. annet ukebladet *Budstikken*. Det ble imidlertid i 1829 omdannet til et landbrukselskap.

Presten **Peter Vogelius Deinboll** (1783-1874) arbeidet med både botanikk og insekter i Finnmark. Han skrev bl.a. *Om Behandlingen og Tilvirkningen af Saltvandsfisk* (1839).

Christian Fredrik Hagerup hadde botanisk korrespondanse med **Oeder**. Oeder var på besøk i Norge. **Zoëga** var bestyrer i den botaniske haven fra 1765, mens Oeder arbeidet med *Flora Danica*. Rektor **Skanke** skrev i 1735 ? avhandlingen *De conchis anatiferis Borealibus*, og *Om den Norske Hunnungdugg*, og var starten på naturforskning i Norge.

Den første danske plantefysiologen **Carl Gottlob Rafn** skrev *Udkast til en Plantefysiologie: grundet paa nyere begreber i fysik og Chemie* (1796) som en del av *Danmarks og Holsteens Flora, systematisk, fysisk og oekonomisk bearbeydet*. Rafn og J.D. Herholdt kom i 1796 også med forslag om bruk av munn-til-munn metoden i gjenoppliving av druknede, og redegjør fra tracheal intubasjon.

Rafns plantefysiologiske skrifter ble gjenopplaget av Rasmus Pedersen. **Rasmus Pedersen** (1840-1905) var dansk plantefysiologi og var en periode direktør ved Fysiologisk institutt, Carlsberglaboratoriet.²³ Pedersens forelesninger er utgitt som *Forelæsninger over Plantefysiologi holdte ved Københavns Universitet* (1883). **Karl Adolf Agardh** (1785-1859) var professor i botanikk ved universitetet i Lund og skrev en lærebok i plantefysiologi: *Væxt-Biologie* (1830). Dansken **Joachim Frederik Schouw** (1789-1852) skrev *Erindringsord til en Forelæsning over den almindelige Plantelære* (1837).

Jens Wilken Hornemann (1770-1841) var dansk professor i botanikk i København i 1808 ,og direktør for den botaniske hagen i 1817. Han skrev *Forsøg til en dansk økonomisk plantelære* (1796). Han var også redaktør av *Flora Danica*. **Henrik Harpestreng** død 1244 var dansk kamik og skrev en urtebok på 1200- tallet, bygget på *Macer floridus*. Svensken **Peder Månsson** skrev en legebok i 1522, men plantenes biologi og utseende var lite beskrevet.

Christiern Pedersen (? -1554) skrev om *Om Urtevand till ath Lege all honde Sotter oc Siugdømm.... En nöttlig Legebog for Fattige og Rige, Unge og Gamle*.

Botanisk hage på Tøien ble opprettet i 1814. Botanisk hage har alltid hatt stor publikumstilstrømning, bl.a. ved notiser i avisen om at nå blomstrer *Victoria regia*.

²³The Carlsberg Laboratory 1876 | 1976 (edt. H. Holter & K.M.Møller) (1976).

Christen Smith (1785-1816) ble den første professor i botanikk ved universitetet og var bestyrer av den botaniske hagen. Smith dro på botaniske ekskursjoner i 1812-1814. Han skrev dagbok fra Kanariøyene i 1815, men Smith døde seinere på Kappverdeøyene. Botanikkundervisningen ble overtatt av Rathke for en periode, og han bestyrte også hagen. Seinere overtok M.N. Blytt og F.C. Schübler bestyrelsen av hagen. Schübler hadde brukt hagen til studier i norsk hagebruk, og det var først da Wille overtok i 1893 at det skjedde en standardheving. Wille fikk satt opp et gjerde rundt hagen, fjernet ugraset og utformet "systemet" for plassering av plantene etter familier i konsentriske halvsirkelbed. I 1924 overtok Holmboe som bestyrer av hagen og seinere Nordhagen. Et system som varte helt til det ble modernisert av Nordhagen. **Mathias Numsen Blytt** (1789 -1862) var lektor i botanikk fra 1828 og skrev første bindet av *Norges Flora - Beskrivelser over de i Norge Vildtvoksende Karplanter*, hvor 2. og 3. bind ble fullført av sønnen Axel Blytt. Botanisk museum ble opprettet i 1863 hvor Axel Blytt ble ansatt som konservator. **Frederik Christian Schübler** (1815-1892) var lege for Wergeland og interessert i blomster, frukt og grønnsakdyrking som han viet seg mer og mer til, noe som skapte konflikt med M.N. Blytt om de vitenskapelige formål. Schübler arbeidet som konservator ved den botaniske hagen på Tøyen, og utga en *Havebog for Almuen* og seinere *Viridarium Norvegicum. Norges Væxtriike* (1886). Schübler var interessert i plantenes kulturhistorie, utviklingshistorie (fenologi), og hva som skjer når planter flyttes fra syd til nord. *Væxtlivet i Norge, med særlig hensyn til plantegeographien* (Christiania 1879) ble utgitt som festskrift til 400 års jubileet til universitetet i København. Her anga Schübler blomstringstidspunktet for en rekke plantearter i Christiania. Sistnevnte bok inneholdt også *Ankomsten af de i Christiania Omegn hyppigst optrædende Trækfugle*, en liste laget av konservator **Robert Collett**.

Axel Gudbrand Blytt (1843-1898) fullførte *Norges Flora* som faren hadde påbegynt, men hadde også kunnskaper i geologi som elev av **Theodor Kjerulf** (1825-1888) og koblet geologi og botanikk. Kjerulf hadde sammen med zoologiprofessor Michael Sars gjort studier av skjellbanker og skrevet *lagttagelser over den postpliocene eller glaciale formation i en del av det sydlige Norge* (1864). Blytt som var kjent for sin teori fra 1875 om *Forsøg til en Theori om Indvandringen af Norges Flora under vekslede tørre og regnfulde Tider*, gjorde studier av torvmyrer. Blytt arbeidet med karplantenes utbredelse i Norge, klimavekslinger og geologisk tidsregning. Arbeidet også med innsamling av Norges sopparter i samarbeid med dansken **Emil Rostrup**. Rutger Sernander og Blytts idéer ble ga opphav til Blytt-Sernander klimavekslingsteori. **Nils Bryhn** (1854-1916) var lege og bryolog har gitt navnet til slekten *Bryhnia*, og drev med mosesystematikk og biologi. Han ga sin store mosesamling til Bergens museum.

Baard Kaalaas (1851-1918) og **Ingebrigt Hagen** (1852-1917) var spesialister på henholdsvis levermoser og bladmoser. Andre moseforskere var **F.C. Kiær** og sognepresten **Kaurin**. Legen **Frantz Casper Kiær** (1835-1893) hadde store kunnskaper om moser, hadde også skrevet en biografi *Norges Læger i det nittende aarhundrede*. **Eugen Jørgensen** (1862-1938) var botaniker som var opptatt av floraen i Lyngen og Nordreisa, men hadde også interesser for levermoser og plankton bl.a. radiolarier og tintinnider.

Hans Christian Printz (1817-1910) var elev av M.N. Blytt var spesielt opptatt av fenologi. Han hadde også en eggsamling og herbarium Wille sa om han i minnetalen at "Det var ham en naturlig Trang at samle og iagttage". **J.M. Norman** var stipendiat og adjunkt i botanikk og blir forstmester i Finnmark. **Jens Holmboe** (1880-1943) var student hos Wille. Holmboe skrev avhandlinger som *Høiere epifyttisk planteliv i Norge* (1904) og *Studies on the Vegetation of Cyprus*. Fra 1906 var Holmboe konservator ved Bergens museum, der han overtok direktørstillingen etter Brunchorst. I 1914 ble han professor i botanikk i Bergen og i 1925 i Oslo. Han undersøkte plantene som ble funnet i Osebergfunnet og var redaktør for *Naturen*.

Rolf Nordhagen (1894-1979) hadde studert plantegeografi hos Rutger Sernander. Han

tok doktorgraden i 1922 på avhandlingen *Kalktufstudier i Gudbrandsdalen*. Nordhagen var en enormt produktiv botaniker og ble professor i systematisk botanikk med plantegeografi ved Universitetet i Oslo 1946. Nordhagen gjorde undersøkelser av spredningsbiologi, vegetasjonsundersøkelser ved bruk av plantesosiologiske metoder, studerte opprinnelsen til norske plantenavn som marinøkkel og skinntryte/blokkebær/mikkelsbær, og redegjorde hvordan alm ble brukt i barkebrød, for å ta noen få eksempler. Holmboe hadde oversatt fra svensk og omarbeidet den til norske forhold *Våre ville planter*, og Nordhagen skrev en meget utvidet 2. utgave av denne. Nordhagen skrev også en *Norsk flora* med tegninger laget av **Miranda Bødtker**, og han utga i ny utgave H.L. Sørensens *Norsk skoleflora*. **Christian Sommerfelt** (1819-1903) var sønn av botanikeren **Søren Christian Sommerfeldt** (1794 - 1838) og hadde interesser innen botanikk og zoologi, spesielt fugler. **Lars Levi Læstadius** (1800-1861) skrev *Loca parallela plantarum (Plantenes sideordnede voksesteder)*. **Bernt Lyng** (1884-1942) var konservator ved Botanisk museum og spesialist på lav. I 1910 utga han *De norske busk- og blad-laver*. Han tok doktorgraden i 1917 på avhandlingen *A monograph of the Norwegian Physciaceae* Lyng ble professor i systematisk botanikk ved Universitetet med ansvar for undervisning av farmasistudenter.

Ove Christian Dahl (1862-1940) var filolog med store interesser for blomster og botanikk. Moren var "tante Dahl" i Sigrid Undsets bok *Elleve aar*, og arvet interessen for blomster fra moren. Han skrev *Biskop Gunnerus' virksomhed, fornemlig som botaniker*. Dahl arbeidet med de botaniske samlingene ved videnskabselskabet i Trondhjem bl.a. Gunnerus'herbarium. Dahl var spesielt vegetasjonen i Trolldheimen og i Finnmark.. Fra 1893 var han assistent og seinere konservator ved Botanisk museum i Christiania. Dahl fullførte Axel Blytts *Haandbog i Norges Flora* (1906). **Barthold Hansteen (Cranner)** var student hos Wille på Landbrukshøiskolen og han arbeidet med alger. Cranner tok doktorgraden i 1900 på en tysk oversettelse av avhandlingen *Om Eggehvidesyntese i den grønne phanerogame Plante*, opprinnelig publisert i 1898 (Skrifter 1898 I, No.3) Cranner overtok stillingen etter Wille på Landbrukshøiskolen og ble bestyrer av Botanisk institutt. **Hanna Resvoll-Holmsen** (1873-1943), søster til **Thekla Resvoll**, gjorde undersøkelser av floraen på Svalbard *Observations botaniques* (1913), og var med å innføre moderne vegetasjonsanalyse. Hun skrev avhandlingen *Om fjeldvegetationen i det østenfjeldske Norge* (1920). Fra 1921 var hun dosent i plantegeografi ved Universitetet. Som sin søster var hun en inspirerende underviser. Pioner i norsk naturvern, og kjent for replikken: "Der fór som en skræk i mig ved det eventyrlige syn - en skræk for at industriens lange knoklede arm skulde stikke seg herind mellom fjeldene og øse av Gjendes smaragdgrønne vand". **Emil Korsmo** (1863-1953) brukte store deler av sitt liv på studier av ugressfloraens biologi, spredning, bekjempelse og utbredelse. Han ble professor i ugressenes biologi ved Norges landbrukshøgskole, og var kjent for sine plansjer av ugrasplanter. Korsmo skrev *Ugress i nutidens jordbruk* (1925). Plansjeverk i farger ble utgitt med bl.a. bidrag fra Norsk Hydro. **Sigvald Hasund** (1868-1959) ble professor i driftslære, jordkultur og landbrukshistorie ved Norges landbrukshøiskole. Han var spesielt opptatt av det gamle norske bondesamfunnet og norsk landbruks historie bl.a. *Bønder og stat under naturalsystemet* (1924), *Det norske folks liv og historie* (1934) og *Or Noregs bonde-soge* (1942-44). **Johannes Lid** (1886-1971) var konservator ved Botanisk museum ved UiO. Skrev *Norsk Flora* (1944) illustrert av hans kone **Dagny Tande Lid**. Lid botaniserte på Kanariøyene og Rocky Mountains, og hadde også store kunnskaper om moser. **Erling Christophersen** (1898 -) skrev avhandlingen *Soil reaction and plant distribution in the Sylene National Park, Norway* (1924). Han ble konservator ved Botanisk museum i 1932 og gjorde en botanisk ekspedisjon til Tristan da Cunha. Han skrev også *Norske medisinalplanter* (1943). **Per Størmer** (1907-1991) overtok som konservator etter Christophersen. Han var bryolog og gjorde store innsamlinger av moser. Foran hver time til undervisningen karplantene tegnet Størmer sirlig og nøyaktig på tavla med

fargekritt plantene som skulle gjennomgå. Størmer gjorde vegetasjonsundersøkelser på Håøya i Oslofjorden. **Eilif Dahl** (1916 - 1993) skrev avhandling om Rondanes flora *Rondane, mountain vegetation in South Norway and its relation to the environment* (1957) . I 1959 ble han dosent ved Norges landbrukshøgskole.

Olaf Gjærevoll (1916-1994) arbeidet med vegetasjon i fjellet og ble vår første miljøvernminister. **Ivar Jørstad** (1887-) var plantepatolog , statsmykolog og leder av botanisk avdeling ved Statens plantevern, med spesiell interesse for rustsopp og andre sopp som angrep korn, skog og grønnsaker. Doktorgradsarbeidet var *A study on Kamtchatka Uredinales* (1934).

Litt.: Nordhagen, Rolf.: Axel Blytt. Blyttia 1 (1943) 21-83.

Wille, J.N.: Axel Blytt som Botaniker. Aftenposten nr. 766 16. oktober 1898.

Plantefysiologien i Norge

Johan Nordal Fischer Wille (1858-1925) ble tilsatt som professor i botanikk ved Det Kongelige Frederiks Universitet i 1893. Wille var amanuensis hos professor Wittrock i ved Riksmuseet i Stockholm som arbeidet med alger, og Wille var også assistent hos professor Warming ved ved Stockholms högskola. Wille var professor i botanikk ved Stockholms högskola i perioden 1886-1889. Han hadde studert hos Schwendener og hadde skrevet *Bidrag til Algernes fysiologiske Anatomi* (1886). Han kom til Ås høyere landbruksskole, før han ble ansatt ved Fredriks Universitet. Han var bestyrer for Universitetets botaniske hage fra 1893 og bestyrer for Botanisk museum i 1898 etter Blytt døde. Wille var algolog og spesialist på grønnalgenes systematikk. "Han ville ikke at undervisningen bare skulle bestå i det talte ord fra katetret", og derfor i 1895/1896 fikk Wille opprettet et Botanisk laboratorium med formål å styrke den eksperimentelle botanikken, dvs. plantefysiologien ved Universitetet. Wille forstod hvor viktig det var med praktiske laboratorieøvelser og skrev:

Det erkjendes mer og mer; at forelæsningsene alene er en antikvert undervisningsmetode, i det minste i naturvidenskap;... Den væsentligste undervisning i videnskapelig botanik, derom hersker der fuld enighet, den maa og skal ske ved undervisning paa laboratorier og den frie natur. Særlig vil jeg paa det skarpeste fremholde, at der nødvendigvis fordres et botanisk laboratorium med dertil hørende apparater for en videnskapelig undervisning i planteanatomi og plantefysiologi. Forelæsninger alene vil særlig i disse videnskapsgrener være til liten eller ingen nytte. Foruten botanisk laboratorium manglder der ogsaa ved vort universitet i høi grad demonstrationsmateriale til de botaniske forelæsninger.

I begynnelsen ble det leiet lokaler i 4.etasje i en privatbolig i Christian 4. des gate 1. Det heter i universitetets årsberetning for Universitetet 1895:

"Der blev anskaffet borde og stole samt opslaaet hylder paa væggen til reagentier i de to store værelser, som var forbeholdt de studerende. Gas og vand ble ledet ind paa de nødvendige steder; i kjøkkenet ble opsat en laboratedisk, aftræksskab og vask, og i pigeværelset indrettedes vask og to laboratediske, hvor det senere er meningen at opsætte selvreglerende opvarmningsapparater for kulturer og parafinindleiring."

I årsberetningen for Universitetet fra 1896 (s.81) heter det:

Paa det botaniske laboratorium afholdtes i hvert af beretningsaarets semestre 2 gange ugentlig og i 2 timer hver gang et elementærkursus i planteanatomi.

Wille var bestyrer for Botanisk laboratorium til det ble overtatt av Gran i 1905. Wille utviste stort engasjement og medvirket til at vi fikk vår første naturvernlov i 1910. Willearbeidet også med pollenkornenes utviklingshistorie, celledeling i planteembryoer, og var opptatt av temaer som jordbakterier.

Wille startet 1909 istandgjøringen av et plantefelt for utenlandske nåletrær (koniferer) på Engerhaugen hvor det ble plantet 37 arter fra slektene edelgran, gran, lerk, furu og *Pseudotsuga*, med begrunnelse fra Wille: "en plantefamilie, hvis dyrkning ved Universitetets botaniske have aar for aar bliver vanskeligere paa grund af røgen fra byen." Wille arbeidet sammen med Hans Reusch med naturfredningssaken for verneverdige naturforekomster og steder, som endte med Lov om Naturfredning i 1910.

Jørgen Brunchorst (1862-1917) hadde gjort plantefysiologiske studier hos Julius Sachs i Würzburg i 1882: hos Frank i Berlin fikk han kunnskaper om symbiose og plantesykdommer, og han studerte også hos Pfeffer i Tübingen. Brunchorst var en sterk støttespiller for Darwins utviklingslære og var redaktør i tidsskriftet *Naturen - Et illustreret maanedsskrift for populær naturvidenskab*. Brunchorst gjorde et stort administrativt arbeid ved Bergens museum, som etter hvert skulle utvikle seg til Universitetet i Bergen. Brunchorst ble også stortingsrepresentant og var arbeidsminister i Michelsen-Løvlands samlingsregering 1907-1908. Brunchorst var den første i Norge med plantefysiologisk skoleing. Imidlertid hadde fysiologen **Christian Peter Bianco Boeck** (1798-1877) publisert et plantefysiologisk arbeid om transpirasjon i planter i 1855, et arbeid med inspirasjon av Stephen Hales. Professor Wille bestyrte Botanisk laboratorium fram til professor **Haaken Hasberg Gran** (1870-1955) overtok i 1905. Wille og Blytt hadde vært lærere for Gran. Gran var algolog med spesiell interesse for plankktonalger og deres fysiologi. Han skrev *Kristianiafjordens algeflora* (1896), og doktorgradsarbeidet var *Das Plankton des norwegischen Nordmeeres* (1902). Gran var på forskningsopphold hos plantefysiologen W. Pfeffer og hos M.W. Beijerinck. Gran var i stillingen fram til han gikk av for aldergrensen i 1940. Gran arbeidet for at Tømte²⁴ i Nannestad skulle brukes til biologiske studier. Det ble skaffet strandtomt ved Hurdalssjøen og her arbeidet Grans studenter Birgithe Ruud (seinere fru Føyn), Trygve Braarud og Bjørn Føyn. Tømte ble mye brukt som ekskursjonssted i zoologi, geologi og botanikk, bl.a. av Trygve Braarud. Gran tok seg også av Willes barskogsplantinger ("plantasjen") på Engerhaugen og satte flere nye tresorter på stedet. Seinere ble ansvaret overtatt av Institutt for skogskjøtsel ved NLH. Gran hadde ansvaret for undervisningen i plantefysiologi og det var sosialt og faglig samvær mellom studenter og ansatte ved *botaniske aftner*. I 1902 ble **Thekla Ragnhild Resvoll** (1871-1948) ansatt som amanuensis ved Botanisk laboratorium hvor hun hadde ansvaret for undervisningen i planteanatomi. Gran og Resvoll var begge utadvendte og inspirerende og skapte fagmiljøet alminnelig botanikk. I år 1900 hadde Resvoll studert hos økologen professor Warming i København. Thekla Resvolls forskningsområde var fjellplantene bl.a. ved Knutshø ved Kongsvoll, og hun tok doktorgraden i 1917 på avhandlingen *Om planter som passer til kort og kald sommer*. I 1935 flyttet Botanisk laboratorium inn i den nye fysikk-kjemibygningen.

Oscar Hagem (1885-) var spesialist på saprofyttiske sopp og skrev bl.a. avhandlingen *Untersuchungen über norwegische Mocorineen*. Hagem tok doktorgraden i 1917 på avhandlingen *Furuens og granens frøsetning i Norge, belyst ved undersøkelse av kongleaarene 1912-13-14*. Hagem ble professor i alminnelig botanikk ved Bergens museum, og "ved Museets botaniske laboratorium sørget han for utbygninger av det videnskapelige

²⁴Gran, H.H.: *Minner fra Tømte* (1945)

apparat på planteanatomiens og -fysiologiens områder". I Oscar Hagem's bok *Arvelighetsforskning. En oversigt over nyere resultater* (1919) skriver han: "I alle kjønsceller, baade støvkorn og frøemner er der et noget som bestemmer bl.a. blomstens farge. Dette noget, om hvis art vi foreløbig ikke skal gjøre os nogen forestilling, kalder vi bare simpelthen en faktor,...."

Trygve Braarud (f.1903) ble ansatt i en amanuensis-stilling på laboratoriet i 1936, hvor han hadde vært assistent fra 1926. Braarud som arbeidet spesielt med fytoplankton tok sin doktorgrad på emnet *The phytoplankton and its conditions of growth* (1936). I 1940 ble **Henrik Printz** utnevnt til professor i plantefysiologi, selv om Ålvik var innstilt til stillingen.

Gunnar Ålvik (f.1901) ble professor i alminnelig botanikk i 1946. Ålvik tok doktorgraden på avhandlingen *Über Assimilation und Atmung einiger Holzgewächse im westnorwegischen Winter* (1940). Ålvik hadde tidligere arbeidet ved Plantefysiologisk stasjon i Os ved Bergen. I 1953 ble det bygget et veksthus mellom Vestre Aker menighetshus og Kringkastingshuset, finansiert av NAVF og The Rockefeller Foundation. Dette ga den første mulighet for plantedyrking under kontrollerte betingelser. Det ble også drevet plantedyrking på tilliggende frilandsfelt, og på Sørnesset ved Atnasjøen (Videnskapsakademiets gård). Fra 1951 gjorde

Harald Sunne Høydahl økofysiologiske måler av solstråling, jordtemperatur, tilvekstmålinger i skog og studier av frostresistens hos grønnsaker. Høydahl studere også hvordan ytre miljøbetingelser ga variasjoner i bladformen hos løvetann. Den marinbotaniske aktiviteten ved Botanisk laboratorium ga opphav til etableringen av Biologisk laboratorium, som seinere skiftet navn til Institutt for marin biologi avd. B. Laboratoriets forsknings- og undervisningsprofil ble utvidet ved tilsetningen av **Georg Hygen** (1908-) som amanuensis i 1946. Hygen utførte doktorgradsarbeidet *Studies in plant transpiration* (1951), og ble professor i botanikk ved Norges landbrukshøgskole i 1951. **Kristian Horn** (f. 1903) ble ansatt som amanuensis i 1952 og hadde ansvaret for undervisningen i cytologi og genetikk, og i anatomiundervisningen ble det brukt squash-teknikk og parafinsnitt. Horn gjorde undersøkelser av kromosomtall hos fjellvalmuer. **Gunvor Knaben** ble ansatt som lektor med ansvar for undervisningen i arvelære. Seinere ble mykologi og mikrobiologi deler av Botanisk laboratoriums ansvarsområde. **Knut Frog Ødegård** (f. 1913) ble ansatt som amanuensis etter Georg Hygen. Ødegårds hovedfagsarbeid var *De økologiske virkninger av kloakkforurensning med særlig henblikk på giftvirkningen. Sammenlignende forsøk over marine planktonalgers giftresistens* med veileder Trygve Braarud. Seinere arbeidet Ødegård med fysiologiske forhold hos muggsoppen (*Phycomyces blakesleeanus*). Den nye biologibygningen (Kristine Bonnevis hus) ble tatt i bruk i 1972. Da fikk plantefysiologene en avansert Fytotron med 16 fytotronekammerer, tre dagslysrom og tre veksthus. Ødegård brukte mye tid på grunnundervisningen i plantefysiologi B15 - Plantefysiologi og seinere plantefysiologidelen av det store grunnkurset i biologi- Bio101 med 15 vekttall (ett års arbeid tilsvarer 20 vekttall).

Bjørn Steinar Gjønnes (1927-2002) ble ansatt som universitetslektor i botanikk (plantefysiologi) ved Botanisk laboratorium. Gjønnes tok magistergraden ved Universitetet i Oslo med avhandlingen *Enzymatisk degradering og syntese av flavin-adenin-dinukleotid. Noen forsøk med enzymer fra potetplantens stengelknoller*. Universitetslektor **Julie Kjennerud** hadde spesielt ansvar for planteanatomiundervisningen i emnet B11 - Planteanatomi.

Litteratur:

Knut Ødegård: Botanisk laboratorium - 75 år . Universitetet i Oslo. Årsberetning (1970) 64-67

Botanisk laboratorium 100 år - Botanikernes første guru feires. Aftenposten morgen onsdag 18. oktober 1995.

Henrik Printz : Wille. Nyt Magazin for Naturvidenskaberne 62 (1925)

Aadne Ore & Ove Arbo Høeg: Det matematisk- naturvitenskapelige fakultet. Universitetet i Oslo 1911-1961. (1961) 475-699

Zoologi og medisin

Peder Clausøn Friis (1545-1614) var prest skrev *Om Diur, Fiske, Fugle og Træer udi Norrig* sannsynligvis ferdig i 1599. Friis arbeidet med et verk om Norges naturhistorie i form av traktater (kapitler) om forskjellige emner, bl.a. *Om Fische*, og han hentet materiale bl.a. fra biskop **Olaus Magnus** bl.a. *Om Siøormen*. I *Historia gentibus septentrionalibus* mente Magnus at lemen falt ned fra skyene i store flokker. Presten **Jonas Ramus** (1649-1718), gift med Anna Colbjørnsdatter, fikk utgitt etter sin død et verk om *Norrigs Beskrivelse* (1735) som også omfattet "en Fortegnelse paa, Dyr, Fugle, Fiske, Træer og Urter som findes i Norrige", tydelig inspirert av Peder Claussøn.

Eric Pontoppidan (1698-1764) var teologiprofessor, biskop i Bergen og prokansler ved Universitetet i København. Han skrev *Forsøg paa Norges naturlige Historie* (1753).

En av Danmarks mest berømte zoologer er **Otto Frederik Müller** (1730-1784), og han var spesielt opptatt av sjødyrene bl.a. infusjonsdyr, tardigrader, ormer og småkreps, men arbeidet også med insekter og innvollsormer. Müllers hovedverk var *Zoologia Danica*. **Müller** klassifiserte mikroorganismene i protozoer og bakterier i *Animalia infusoria*. **Jens Rathke** (1769-1855) skrev en avhandling *Om dammuslingen* (1794) bl.a. om dens indre bygning og nervesystem. Rathke var på mange reiser, var overlærer i naturhistorie ved katedralskolen i Christiania og ble seinere professor ved universitetet i København. Testamenterte formuer fra han selv og søsteren muliggjorde opprettelsen av Rathkes legat.

Halvor Heyerdahl Rasch (1805- 1883) var konservator under Rathke og ble seinere professor i zoologi i 1852. Han skrev en lærebok i zoologi *Indledning til Zoologien med en kortfattet alminnelig comparativ Anatomie og Physiologie til Brug for de Studerende*. Rasch var spesielt opptatt av vilt, og fiskerier bl.a. klekking av ferskvannsfisk, fiskeoppdrett og østersavl. Han utga *Jagten i Norge* (1845) som ga grunnlag for en jaktlov i 1845 med fredningsbestemmelser. *Om den kunstige Fiskeformerelse* (1852) og *Om Biavl* fikk han utgitt i *Folkevennen*.

Michael Sars (1805-1869) var professor i zoologi ved universitetet i Christiania fra 1855, undersøkte dyrelivet langs norskekysten, bl.a. dyregeografi, utvikling og omvandlingen i flere stadier fra egg til voksen hos maneter, bløtdyr (mollusker) og pigghuder. Han skrev avhandlingen *Om de i Norge forekommende fossile Dyrelevninger fra Quartærperioden* (1875), om dyregrupper i Silurformasjonen i Kristiania-trakten. M. Sars utga også *Fauna Littoralis Norvegiae* (1846). M. Sars var også opptatt av dyr på store havdyp, noe som ha inspirasjon til Challenger-ekspedisjonen og Nordhavsekspedisjonen. Michael Sars var svoger til Johan Sebastian Welhaven, gift med Welhavens søster Maren. M. Sars drev også zoologiske undersøkelser i Chistianiafjorden, noe også hans nære venn forstemester, eventyrsamler og zoolog **Peter Christian Asbjørnsen** (1812-1885) hadde arbeidet med. **Johan Ernst Welhaven Sars**, sønn av Michael Sars og bror til naturforskeren Ossian Sars var omgangsvenn med Vinje og Bjørnson. J.E.W.Sars var positivist påvirket av Spencers *First Principles* (1862) og Comptes, betraktet historien som en utviklingsprosess og mente at kristendommen lå som en klam, tung og trykkende hånd. Etter forslag fra Johan Sverdrup bevilget Stortinget et ekstraordinært professorat til Sars, selv om M.J. Monrad foreslo å takke nei.

Grøtstriden ble forårsaket av at Clemens Bonifacius/**P.Chr. Asbjørnsen** skrev husstellboka *Fornuftig Madstel. En tidsmæssig Koge- og Husholdningsbog* (1864) mente at grøten ble kokt laget slik at store deler av den ble ufordøyelig. Faye mente at det måtte gjøres eksperimenter, noe han gjorde, og fant at kroppen omdannet rå stivelse. P.Chr. Asbjørnsen hadde gjort et funn av en store sjøstjernen *Brisinga endecacnemos* med navn etter brising, halssmykket til Frøya, som Loke hadde gjemt i havet. Asbjørnsen drev zoologiske studier i Sør-Norge, var forstmann og arbeidet med utnyttelse av torvmyer, men er mer kjent som innsamler av eventyr og folkediktning. Grautstriden med Eilert Sund.

I 1823 startet tidsskriftet *Magazin for Naturvidenskabene*, som i 1938 skiftet navn til *Nyt Magazin for Naturvidenskabene*. Bergens Museum ble opprettet i 1825 og initiativtakeren **W.F. K. Christie** ble preparant, og konservator i botanikk og zoologi. Konservator i zoologi ble legen **Johan Koren** (1809-1885) som samarbeidet mye med overlegen **Daniel Cornelius Danielsen** (1815-1894) som betydde mye for Bergens museum. Legeforeningen i Christiania ble stiftet i 1833. Legeprofessorene **Michael Skjelderup** og **Frederik Holst, Chr. Boeck** og **Chr. Heiberg**. Stifterne av Videnskabs-Selskabet i Christiania (1857) var M.N. Blytt og M. Sars.

Laurits Martin Esmark (1806 -1884) samlet insekter og virveldyr og han ble seinere konservator ved Zoologisk museum og professor i zoologi.

Johan Heinrich Spalckhauer Siebke (1816-1875) var konservator sammen med Esmark og ble en betydelig insektsforsker (entomolog). Siebke skrev lærebøker til bruk i skolen *Kortfattet Lærebog i Dyrerigets Naturhistorie til Skolebrug* og *Omrids af Dyrerigets og Planterigets Naturhistorie til Brug i Realskolernes Fællesklasser, Pigeskolerne og de høiere Almueskoler*. Siebkes hovedverk var *Enumeratio insectorum Norvegicorum* (1874-75) som ga oversikt over norske insekter, fullført av **Jakob Sparre Schneider** (1853-).

Christian Peter Bianco Boeck (1798-1877) ble professor i fysiologi, komparativ anatomi og veterinærmedisin i 1840. Han hadde vidt interesseområde fra palentologi, zoologi og farmasi. Boeck startet "Den Physiografiske Forening", og "det zootomiske museum" som seinere ga grunnlaget for Zoologisk museum. Holdt bl.a. et foredrag i videnskabsakademiet i 1858 med tittel *Om det Forhold, hvori Dyrenes og Planternes Stofvexel staaer til den aabenbare Fremtræden av Livsfunktionerne*. Boeck modifiserte Ludwigs kymograf og undersøkte vev under polarisert lys. Sammen med Keilhau utforsket han Jotunheimen. B.M. Keilhau, C. W. Boeck, N.H. Abel og bergmester Møller dannet i 1819 en diskusjonsklubb i Berlin som seinere dannet grunnlag for den Fysiografiske forening i Kristiania. **Carl Wilhelm Boeck** medisinprofessor, med også botaniske interesser. Hadde en spesiell syfilis-teori om at sykdommen skulle følge et naturlig forløp. Han var antimerkuralist, dvs. mot bruk av kvikksølv i sykdomsbehandling.

Jonas Axel Boeck (1833-1873) var spesielt opptatt av amfipoder og krepsdyrfauna, *Oversigt over de ved Norges Kyster iagttagne Copepoda* (1865) og drev undersøkelser av sildefiske. Etter hans død ble det utgitt *De skandinaviske og arktiske Amphipoder*.

Georg Ossian Sars (1837-1927) var sønn av Michael Sars og delte farens interesse for zoologi. G.O. Sars studerte krepsdyr og laget enestående tegninger av dem. Han undersøkte torskens forplantning og utvikling og fant at eggene flyter og klekkes i overflatelaget, torskeyngel kan bli beskyttet av brennmaneter og han studerte torskens vandring. Han oppdaget at mange marine fiskeslag har pelagiske egg, i motsetning til ferskvannsfisk. Han mente at feitsild ikke kunne være en egen art, men vanlig ikke gyteferdig sild. Silda gyter seinere ved kysten som storsild/vårsild. **Jonas Axel Boeck** (1833-1872) hadde ledet fiskeriundersøkelsene for sild og forsøkt å finne årsaken i vekslingen i sildefiskeriene, og Sars overtok dette arbeidet i perioden 1873-1893. Ossian Sars hovedinteresse var krepsdyrene, hvor han fikk utgitt *An account of the Crustacea of Norway* med beskrivelse av de norske krepsdyrene. Han klekket ferskvannskrepsdyr fra tørket slam som ble tilsendt fra mange

deler av verden. O. Sars fikk ansvaret for Shizopoda fra den første store vitenskapelige oseanografiske ekspedisjonen *Challenger* 1872-1876 i regi av Royal society. Sars deltok aktivt i planleggingen av den norske Nordhavsekspedisjon (1876-1878). Begge disse ekspedisjoner var viktige for havforskningen. I polare strøk dannes planteplankton i store mengder. O. Sars drev også undersøkelser av hval, som han bl.a. laget ypperlige tegninger av. Broren til G.O. Sars var **Johan Ernst Welhaven Sars** (1835-1917) som ble professor i historie i 1874, og var tilhenger av positivisme, Darwin og Spencer. Eva Sars (1858-1907) var gift med Nansen og Sars-familien tilhørte Venstre og var i omgangskrets med Bjørnstjerne Bjørnson, Aasmund Olavsson Vinje og Gunnar Heiberg. Positivismen baserer seg på virkeligheten slik den kan registreres og erfares via sansene, og er negativ til metafysiske spekulasjoner.

Waldemar Christopher Brøgger (1851-1940) studerte zoologi og skrev en zoologisk avhandling om *Bidrag til Christianiafjordens Mollusk-fauna* i *Nyt Magazin for Naturvidenskaberne*. (1872), men det ble først og fremst geologi som ble hovedområde selv om arbeidet *Om de sengalcialle og postglacialle Nivåforandringer i Kristianiafeltet (Molluskfaunaen)* (1900) også hadde zoologisk interesse. Han fortsatte Kjerulfs arbeide i Kristianiafeltet i *Die silurischen etagen 2 und 3* (1882). Han studerte de nefelinsyenitiske og augitsyenitiske pegmatittganger ved Langesundfjorden og Fredriksvern. Brøgger studerte forkastningene som ga opphav til Oslofjorden og Langesundfjorden, samt niob, tantal og titansure salter av sjeldne jordmetaller. Brøgger tok for seg hovedtrekkene av S-Norges kvartærgeologi fra siste istid til nåtid, f.eks. *Om strandlinjens beliggenhet under stenalderen* (1905). Brøgger ledet arbeidet med byggingen av museene på Tøyen. Professor **Amund Helland** (1846-) gjorde studier av istiden, eroderende breer og beenes betydning for dannelse av fjorder og innsjøer, Alpesjøer i Bayern og Italia, samt vandreblokker. Helland studerte jordbunnsgeologi og skrev en lærebok om gruvedrift og bergrett. Seinere konsentrerte han som om amtsbeksrivelsen *Norges land og folk*. Helland lå i stadige feider med Videnskapsakademiet og Brøgger. Brøgger introduserte **Fridtjof Nansen** (1831-1930) for polarforskeren **Adolf Erik Nordenskiöld**, da Nansen hadde planer om å krysse innlandsisen på Grønland. Etter Grønlandsferden i 1888 ble Nansen ble innvalgt i Videnskapsakademiet i 1889.

Etter at Nansen kom tilbake fra sin polarekspedisjon i 1896 tok Brøgger initiativ til å "Fridtjof Nansens fond til videnskapens fremme" finansiert bl.a. av konsul Axel Heiberg og bryggerieier Ellef Ringnes, og skibsreder Th. Fearnley, og svenskene A. Nobel og friherre Oscar Dickson som hadde finansiert mange svenske polarekspedisjoner. Fra Danmark hadde brygger Jacobsen gitt penger til å etablere Carlsbergfondet. Nansen skrev *Nord i Tåkeheimen; utforskningen av jordens nordlige strøk i tidligere tider* (1910), inspirert av Moltke Moe, og ga opphav til datidens diskusjon om hvor Vinland lå, skulle vise seg å ligge på New Foundlandkysten. Jfr. Ingstad. Brøgger gjorde i 1912 henvendelse til Budsjettkomitéen om en lov om lotteri som skulle komme vitenskapen til gode. Stortinget vedtok lotteriloven samme år, men formålene ble bare skog og tuberkulose.

Hans Henrik Reusch (1852-1922) var venn og studiekamerat med Brøgger, og de gjorde studiereiser til Korsika og Elba sammen. Reusch ble kjent for doktoravhandlingen i 1882 om *Silurfossiler og pressede konglomerater i Bergensskifrene* og ble seinere bestyrer og Norges geologiske undersøkelse. **Robert Collett** (1842-1913) var sønn av Camilla Collett, og selv om han ble utdannet jurist lå hans interesseområde innen zoologi og botanikk. Han ble bestyrer ved Zoologisk museum og professor i zoologi. Collett laget en oversikt over Norges fuglefauna (*Norges Fugle*), og skrev om Norges dyreliv (*Norges Pattedyr*) bl.a. i Bjørnsons *Norsk Folkeblad*, *Folkevennen* og *SkillingMagazin*. Andre verk var *Norges Fiske*, og *Oversikt af Norges Araneider*, det eneste om virvelløse dyr. Collett tok hånd om det zoologiske materialet som eleven **Carl Lumholtz** (1851-1922) brakte hjem i 1884. Lumholtz hadde

interesser i zoologi og antropologi. Robert Collett og G.O. Sars hjalp Lumholtz i 1880 med reisen som gikk til Queensland. Lumholtz skrev *Blant Menneskeædere* (1884) fra Australia. Collett ble ferdig med første del av *Norges Pattedyr* (1912) før han døde. Da Collett døde ble **Nils Johan Teodor Odhner** (1879-1928) professor i zoologi og bestyrer av Zoologisk museum. Odhner var spesialist på ikter, men ble seinere professor ved riksmuseet i Stockholm.

Wilhelm Maribo Schøyen (1844-1918) var insektforsker som ble konservator ved Universitetets zoologiske museum. Schøyen tok for seg viktigheten av å bekjempe skadedyr i landbruket. *De for Ager, Eng og Have skadeligste Insekter og Smaakryb* (1875) og *De i Husene skadeligste Insekter og Midder* (1876) ble utgitt i *Folkevennen*. Seinere ble Schøyen utnevnt til statsentomolog og han utga en lærebok i zoologi som ble brukt ved landbruksskolene. Entomologen **Jacob Sparre Schneider** (1853-1918) ble konservator ved naturhistorisk avdeling ved Tromsø museum hvor han gjorde mye nybrottsarbeid. Schneider hadde også interesser for mollusker og krepsdyr

Vilhelm Ferdinand Johan Storm (1835-1913) var konservator ved Det kgl. norske Videnskabers Selskab i Trondhjem, og samlet materiale fra flora og marin og terrestrisk fauna i Trøndelag. Skrev om koraller og marine dyr. Kristine Bonnevie holdt minnetalen for han og kalte han Fugle-Storm, en av Tronhjems originaler på sine gamle dager.

Ole Nordgård (1862-1931) var spesialist på bryozooer (mosdyrene) og han var bestyrer både ved Bergens biologiske stasjon, Tronhjems biologiske stasjon og konservator ved Det kgl. norske Videnskabers Selskabs museum. Nordgård samarbeidet også med Johan Hjort og H.H. Gran, arbeidet med klekking av yngel fra flyndre, skrev biografi om Michael og Ossian Sars.

Det fantes en rekke amatørzoologer bl.a. innen entomologi og ornitologi og i studier av mollusker (malakologi). Blant disse hører:

Birgithe Elise Esmark (1841-1897), ved siden av zoologien virket hun sammen med Ida Wedel-Jarlsberg i Pipervika på 1880-tallet. Esmark arbeidet spesielt med ferskvannsmollusker *Bidrag til Kundskaben om Udbredelsen af Norges Land- og Ferskvandsmollusker i forskjellige Egne af Landet* (1880). **Axel Conradin Ullmann** (1804-1923) studerte biller og insekter.

Joachim Friele (1823 -), bror av redaktør C.F.G.Friele i *Morgenbladet*, og han utga bl.a. *Norske Land- og Ferskvands-Mollusker, som findes i Omegnen af Christiania og Bergen* (1853). **Edvard Ellingsen** (1855-1938) var venn av Robert Collett, opptatt av lærergjerning i Kragerø og av fugler, myriopoder, pseudoskorpioner og opilioner. **Thomas Georg Münster** (1855-1938) med stor lidenskap var entomologi og spesielt biller, og var med å stifte Norsk entomologisk forening i 1904 og tidsskriftet i 1921. **Ove Høegh Gude Meidell** (1903-1942) studerte ernæring hos fugler, bl.a. rypenes ernæring, et arbeid sammen med botanikeren Johannes Lid. **Henrik Eiler Støren Bahr** (1821-1901) tok initiativ til opprettelsen av Stavanger museum i 1877 og var en tid leder av museet. Bahr utga *Kortfattet Inledning til Dyreriget's Naturhistorie* (1851), og han var spesielt opptatt av fugler.

Legen og professoren **Frants Christian Faye** (1801-1890) i fødselsvitenskap, og barne- og kvinnesykdommer. Tok også for seg "suppe laget på Liebigs oppreklamerte kjøtttekstrakt". Faye skrev *Jordmorbogen* (1844).

Jacob Bøckmann Barth (1822-1892) var egentlig utdannet jurist men hadde stor interesse for zoologi og botanikk, bl.a. for fugl og skogsdrift. Fysiologen **Jacob G. Otto** (1859-1888)

Olaf Scheweland Jensen (1847-1887) var med i den skole som begynte med studier av mikroskopiske teknikker til studier anatomi og embryologi. Han var utdannet lege og ble konservator ved Bergens museum og utga bl.a. *Die Struktur der Samenfäden* (1879) og tok doktorgraden på emnet *Untersuchungen über die Samenkörper bei Säugetieren, Vögeln und Amphibien*. Etter Jensen etterfulgte **Fridtjof Nansen** (1861-1930) som konservator ved

Bergens museum etter G.A. Guldberg og Zacharias Hoyer. Ett av Nansens første zoologiske arbeider var *Bidrag til myzostomenes anatomi og histologi* (1885). Nansen lærte mikroskopisk fargeteknikk hos Camillo Golgi og han fikk sin doktorgrad på emnet *The Structure and Combination of the Histological Elements of the Central Nervous System* (1887). Nansen studerte også forplantningen hos slimål (*Myxine*). I 1888 ble Nansen konservator ved det zootomiske museum ved Universitetet, hvor han bl.a. studerte embryoutviklingen hos hval. Han samarbeidet med G.A. Gulberg og de utga sammen *On the development and structure of the whale. Part I*, det siste zoologiske arbeidet fra Nansens side. Nansen var også en av initiativtakerene til opprettelsen av de biologiske stasjonene i Drøbak og Bergen. Legen **Gustav Adolph Guldberg** (1854-1908) ble professor i anatomi og hadde skrevet en avhandling om bardehvalenes sentralnervesystem, og ble spesialist på hval. Sammen med Nansen undersøkte Guldberg embryologien hos hval. Guldberg hadde studert hos van Beneden i Liège og Hertwig og Ernst Haeckel i Jena. Etter hjemkomsten fra Tyskland fikk han i 1886 innredet et Zoologisk laboratorium tilknyttet det zootomiske museum. Guldberg ble imidlertid seinere ansatt som professor i anatomi ved det medisinske fakultet. Professorer i zoologi var Georg Ossian Sars og Robert Collett. Zoologisk museum på Tøyen ble åpnet i 1910, og Robert Collett var den første bestyrer. Hjort ble fiskeridirektør i Bergen og styremedlemmer i den biologiske stasjonen i Drøbak, som var åpnet i 1894, var Guldberg, N. Wille og Sophus Torup. **Sophus Torup** (1861-1937) ble professor i fysiologi etter Worm-Müller. Han hadde tok doktorgraden i medisin på emnet om blodets kullsyrebinding. Han var også ernæringsfysiolog som komme med nyttige tips om maten til ekspedisjonene til Nansen og Amundsen. Han kjente godt Sars og Moltke Moe, sønn av Jørgen Moe. Den biologiske stasjonen ble lagt under universitetet i 1902 og K.E. Schreiner ble bestyrer.

Kristian Emil Schreiner (1874 -) var lege, og skrev en avhandling om tarmen hos slimål (*Myxine glutinosa*). Doktorgraden handlet om utviklingen av nyren *Über die Entwicklung der Amniotenniere*. Schreiner ble bestyrer av den biologiske stasjonen i Drøbak i 1902 som ble brukt til undervisning av biologer. Han var gift med legen Alette Schreiner. Ekteparet Schreiner var opptatt av raseforskning, men tok tydelig avstand fra den nazistiske tankegang. Professoratet i anatomi ved Universitetet etter K.E. Schreiner med overtatt av **Jan Jansen** (1898-) som tok sin doktorgrad på *The brain of Myxine glutinosa* (1931). Bestyrerjobben ved stasjonen ble seinere overtatt av Otto Lous Mohr og etter det av Hjalmar Broch.

Johan Hjort (1869-1948) var lege som ble opptatt av biologi og hadde studert zoologi i München hos R. Hertwig, fysiologisk kjemi hos Hofmeister i Jena og cellelære hos Boveri. Han tok doktorgraden på emnet embryonale celler hos sjøpunger (ascidier): *Über den Entwicklungscyclus der zusammengesetzten Ascidien* (1892), og seinere konsentrerte han seg om havforskningen, spesielt hvalfangst og fiskeribiologi. I 1893 overtok han etter G.O. Sars som leder av de praktisk-vitenskapelige undersøkelser av saltvannsfiskeriene, og studerte effekten av havstrømmer på dyre- og plantelivet i havet. Biologisk stasjon i Drøbak ble ferdig i 1894 under ledelse av Wille, Guldberg og Thorup og Hjort ble bestyrer i 1897. I 1910 var forskningsfartøyet *Michael Sars* på tokt i Atlanterhavet og om bord var bl.a. Johan Hjort, på den tid fiskeridirektør og H.H. Gran. Resultatene fra toktet ble utgitt som *Atlanterhavet, fra overflaten til havdypets mørke* (1912). Hjort ble professor i marin biologi i 1921, samtidig med opprettelsen av Biologisk laboratorium. Hjort skrev også naturfilosofiske bøker *Unity of Science* (1920), *Keiserens nye klær* (1930), *Human Value of Biology* (1939) og *Krigen, det store folkebedrag; essays om dens problemer* (1945). Det internasjonale råd for hvalforskning ble opprett i 1910 med bl.a. H.H. Gran som medlem. Hvalrådet hadde egen tidsskiftserie *Hvalrådets skrifter* utgitt av Biologisk laboratorium og Statens institutt for hvalforskning (opprettet i 1937). Hjort startet i 1902 sammen med H.H. Gran, B. Helland-Hansen og Appellöf internasjonale hvalkurs ved museet. **Johan Adolf Appellöf** (1857 -1921) var konservator ved Bergens museum etter Nansen. Hans spesialområde var

komparativ anatomi og gjorde studier av blekksprutene, bl.a. beytningen og oppbyggingen av skallet, og seinere arbeidet han med aktiniene og dyregeografi. **Oscar Sofus Sund** (1884-1943) var elev av Appellöf og ble ansatt hos Hjort ved fiskeridirektoratets vitenskapelige avdeling. Sund arbeidet med brislingens biologi og drev studier av tiftokreps, og så den store betydningen av ekkoloddet. Sund utga også boka *Skårungen - En bok for kystungdommen om sjø og sjødyr, fartøy og ferdsel* (1942). Appellöf dro i 1912 tilbake til Uppsala og stillingen ble stillingen i zoologi ved Bergens museum overtatt av den danske zoologen **Marin Cecilius August Brinkmann** (1878-1940). Brinkmann hadde store kunnskaper i virveldyrenes anatomi og hadde skrevet doktoravhandlingen *Bidrag til Kundskaben om Drøvtyggerens Hudkirtelorganer* (1911). Brinkmann hadde gjort anatomiske studier av slimhinnen i livmoren til haier og rokker, og studerte også nemertinere og turbellariar. Brinkmann fikk også ansvaret for museets biologiske stasjon på Herdla som ble åpnet i 1922, et sted M. Sars hadde arbeidet. Brinkmann arbeidet med å danne et universitet i Bergen med Bergens museum som grunnlag. **Valentin Wilhelm Hartvig Huitfeldt-Kaas** (1867-1941) var elev av Johan Hjort, arbeidet med sjøpunger og ble konservator ved Universitetets zoologiske museum. Han var opptatt av ferskvannsfisk og plankton og skrev *Mjøsens fisker og fiskerier* (1916). Han tok doktorgraden på avhandlingen *Ferskvandsfiskenes utbredelse og indvandring i Norge, med et tillæg om krebsen* (1918). En annen elev av Johan Hjort var **Knut Dahl** (1871-1951) og fikk til oppgave å samle inn dyr fra Australia og S-Amerika til Zoologisk museum. Reisene ble beskrevet i *Dyr og vildmænd* (1898), *Blant Australias vilde* (1924) og *Afrikanske jakter* (1944). I 1911 tok han doktorgraden på emnet *Alder og vekst hos laks og ørret belyst ved studiet av deres skjæl*, og ble professor i fiskerilære ved Norges Landbrukshøiskole i 1921. **Jacob Dybwad Sømme** (1898-1943) var en av Dahls elever, studerte plankton, men var spesielt opptatt av ferskvannsfiske og han skrev bl.a. *Ørreten og Sportsfiskeren* (1925) og *Ørretboka* (1941). Han ble skutt av tyskerne på Trandum i 1943. **Kristine Elisabeth Heuch Bonnevie** (1872-1948) hadde Johan Hjort som lærer, og overtok etter Hjort. Hjort hadde holdt kurs for realfagsstudentene i mikroskopi og sammenlignende anatomi. Bonnevie skrev arbeider om sjøpunger fra den norske Nordhavsekspedisjon og om hydroider. Bonnevie hadde studieopphold hos Arnold Lang i Zürich og Theodor Boveri i Würzburg. Her begynte hun å studere utvikling av kjønnsceller som var utgangspunkt for hennes doktorgradsavhandling *Untersuchung über Keimzellen (Undersøgelser over Kimcellerne hos Enteroxenos Østergreni)* (1906). Hun ble i 1912 den første kvinnelige professor i zoologi, ansatt ved Zoologisk laboratorium, i fagområdet alminnelig zoologi som omfattet embryologi og komparativ anatomi med arvelære. Hun drev også studier av arvelige misdannelser (polydaktyli) i bygder i Norge. Bonnevie gjorde en rekke vitenskapelige studier av fingrenes papillemønster, bl.a. for alle fingeravtrykkene ved Christiania politikammer. Bonnevie engasjerte seg for studentenes interesser bl.a. under første verdenskrig, og la grunnlaget for studentrestaurantene. Bonnevie ble også i praksis bestyrer for Institutt for arvelighetsforskning opprettet i 1916 i lokalene til Zoologisk laboratorium. Zoologen og amanuensis Gudrun Ruud ble Bonnevis nære medarbeider. **Gudrun Ruud** (1882-1958) hadde forskningsopphold hos **Hans Spemann** og hadde skrevet en avhandling om sanseorganene på huden hos havmus og svarthå. Hos liten vannsalamander (*Triton taeniatus*) studerte hun kimutviklingen. Hun hadde studieopphold hos zoologen **Ross Granville Harrison**. Hos amfibielarver kunne hun ved transplantasjoner studere morfologi og symmetri. **Johan Aschehoug Kiær** (1869-1931) begynte studier i zoologi bl.a. av ascidier fra Nordhavs-ekspedisjonen men han ble seinere professor i paleontologi ved Universitetet i Oslo. **Sig Thor (Sigvart Thorkelsen)** (1856- 1937) hadde biller og midd som sin hovedinteresse, og han skrev en ekskursjonsfauna *Norske biller* (1895), *30 biller til skolebruk* (1895) og *Zoologi for middelskolen* (1899). Thor var styrer for *Den nye middelskole for piger* og også konservator ved universitetets zoologiske museum. Thor tok sin doktorgrad på emnet

Recherches sur l'Anatomie comparée des Acariens prostigmatiques (1905). **Emily Arnesen** (1867-) arbeidet med sammenlignende anatomi og fikk i 1898 utgitt *Beiträge zur Anatomie und Histologie von Ulocyathus arcticus, Cariophyllia Smithii, Dendrophyllia ramea und Cladocora cespitosa*. Hun livnærte seg som lærerinne og hustellærer. Hun studerte også svamper (spongier) og hun tok doktorgraden i 1903 hos Arnold Lang med arbeidet *Ueber den feineren Bau der Blutgefässe der Rynchobdelliden*. Arnesen ble ansatt som konservator ved Zoologisk museum etter Sig Thor. Emily Arnesen skrev en *lærbog i zoologi for gymnasiet* (1902), og hun foreleste i dyregeografi.

I 1947 ble Biologisk laboratorium delt i Institutt for marin biologi avdeling A og B. Avdeling B fikk ansvaret for den botaniske delen dvs. algene hvor Trygve Braarud var bestyrer og bl.a. Per Halldal (seinere professor i plantefysiologi) og Eystein Paasche var vitenskapelige assistenter.

Aslaug Sverdrup seinere gift Sømme (1892-1955) og som skrev avhandlingen *Genetics and cytology of the tetraploid form of Primula sinensis* (1931) arbeidet som amanuensis ved Institutt for arvelighetsforskning. I 1938 ble Institutt for arvelighetsforskning flyttet til lokaler i Anatomisk institutt og Otto Lous Mohr ble bestyrer. Seinere ble instituttet delt i et institutt for medisinsk genetikk og et Institutt for generell genetikk. **Otto Lous Mohr** (1886-) var medisiner og tok doktorgraden på studier av grønn løvgresshoppe i 1917: *Studien über die Chromatinreifung der männlichen Geschlechtszellen bei Locusta viridissima*. Studier hos T.H. Morgan gjorde at Mohr kom inn i arvelighetsforskningen, og bananfluer ble brukt i kursundervisningen. **Bjørn Føyn** (1898 -) overtok professoratet i zoologi ved Universitetet i Oslo etter Kristine Bonnevie. Doktoravhandlingen var *Lebenszyklus, Cytologie und Sexualität der Chlorophyceae Cladophora Suhriana Kützing* (1935). Føyn studerte bl.a. foraminiferer og livssyklus hos encellede alger.

G.O. Sars undersøkte ferskvannsdyr Australia. Mudderklumper ble oppløst så han kunne studere i et mikroskop krepsdyrfaunaen som dukket opp i akvariene. **Gunder Mathisen Dannevig** (1841-1911) var leder av Flødevigens utklekningsanstalt hvor han arbeidet med klekking av saltvannsfisk. Studerte torskelarvenes vandringer.

Hjalmar Broch (1882-) tok doktorgraden på emnet hydroider i *Die Hydroiden des arktischen Meeres*. Han var ansatt som konservator ved Det kgl norske Videnskaber Selskab, og ble professor i zoologi. Hans hovedinteresseområde var huldyr (coelenterater). Han skrev *Zoologiens historie i Norge til annen verdenskrig* (1954). **Signal**

Schmidt-Nielsen (1877-1956) var kjemiker og tok doktograden på speking av sild *Studien über die chemischen und biologischen Vorgänge beim Reifen des gesalzenen Fischfleisches (speziell von Clupea Harengus)*. Han var også opptatt av enzymer bl.a. fra løype. Sammen med H. Printz undersøkte han hvordan celluloseindustrien forurenset Drammenselven.

Theodor Frølich (1870-1947) tok doktorgraden på emnet *Studier over Diabetes mellitus i barnealderen* (1903). Han var opptatt av ernæring hos barn og sammen med **Axel Holst** undersøkte han årsakene til beriberi og skjærbuk. Dr. **V. Fürst** og dr. **Frølich** hadde utarbeidet metoder for tørke grønnsaker slik at næringsinnholdet ble bevart. Man var klar over grønnsakenes betydning for å hindre skjærbuk og beriberi. **Gerhard Henrik Armauer**

Hansen (1841-1912) var legen som ble kjent for oppdagelsen av leprabasillen, årsaken til spedalskhet var funnet. Armauer Hansen studerte mollusker og var med på Nordhavs-ekspedisjonen, og gjorde et stort arbeid for Bergens museum. **Herman Friele** (1838-1921) var en av deltagerene på Nordhavsekspedisjonen med spesialfelt marine muslinger og snegl. Sammen med Armauer Hansen utga han *Bidrag til Kundskaben om de norske Nudibranchier*. Friele samarbeidet også med **James Alexanderssøn Grieg**

(1861-1936) om molluskene, men Grieg arbeidet også med pigghuder (echinodermer). Grieg (1861-1936) var konservator ved den zoologiske avdelingen ved Bergens museum. Legen **Olaf Scheel** (1875-1942) var spesielt opptatt av tuberkulose og

BCG-vaksinasjon. Legen **Carl Schiøtz** (1877-1938) var skolehygieniker og opptatt av vekstforhold for barn og var med å innføre *Oslofrokost*, en gartis frokost servert skoleelever. **Asbjørn Følling** (1888-1973) tok doktorgraden på avhandlingen *On the mechanism of the ammonium chloride acidosis* (1929). Han ble professor i biokjemi ved Universitetet i Oslo. Han er spesielt kjent for oppdagelsen av stoffskiftesykdommen som gir økt utskillelse av fenylpyruvat i urinen, ved at aminosyren fenylalanin ikke brytes ned. **Leif Størmer** (1905 -) tok doktorgraden på avhandlingen *Scandinavian Trinucleidae, with special references to Norwegian species and varieties* (1931). Hans spesialitet var evertebrater bl.a. trilobitter. Han ble etter hvert professor i paleontologi. Det var imidlertid **Heintz** som overtok professoratet etter Johan Kiær. **Fridthjof Johannes Økland** (1893-1957) studerte landsnegl med doktoravhandlingen *Die Verbreitung der Landgastropoden Norwegens* (1925) og ble dosent i zoologi ved Norges landbrukshøgskole, og ved Universitetet i Oslo i 1953. Han var spesielt opptatt av dyregeografi. Økland utga en biografi over Michael Sars (1955) og skrev boka *Charles Darwin og hans lære* (1951). **Johan Huus** (1892-1947) var konservator ved Universitetets zoologiske museum og seinere bestyrer ved den Biologiske stasjonen i Drøbak. Han hadde kunnskaper av ascidiene (sekkdyrene), men også om marine nematoder og parasitter hos fugl. Han skrev *Tierwelt der Nord- und Ostsee* og *Handbuch der Zoologie*. **Per Fredrik Scholander** (1905) var elev av Lynge og tok doktorgraden på avhandlingen *Vascular plants from Northern Svalbard with remarks on the vegetation in North-East Land*. Arbeidet med respirasjonsundersøkelser av dykkende sjøpattedyr og fugl. Han ble utnevnt til professor i zoofysiologi ved Zoofysiologisk institutt i 1954, men han emigrerte til USA i 1958. Scholander arbeidet også med effekter av lav temperatur på metabolismen. Kjent for Scholanders trykkbombe ifm. måling av tensjon i vedvevet hos planter. Andre kjente leger var **Edvard Bull** (1845-1925) og **Søren Bloch Laache** (1854-1941). Laache ble kjent for avhandlingen *Om blodets, navnlig de røde Blodlegemers Forhold ved anæmiske Tilstande*. Og verket *Urin-Analyse for Læger*.

Michael Foslie (1855-1909) ble konservator ved Tromsø museum og arbeidet med havalger. **John Sebelien** (1858-1932) hadde utdannelse i meierikjemi og ble ansatt ved Den høyere landbruksskole på Ås. I denne perioden omdannet til Norges Landbrukshøgskole. Sebelien skrev en lang rekke artikler om landbruksvitenskap. **Evard Poulsson** (1858-1935) ble farmakologi, et fag i grenselandet mellom botanikk og medisin og han skrev en *Lærebog i farmakologi*

Litteratur:

Broch, Hjalmar: Zoologiens historie i Norge til annen verdenskrig. Akademisk forlag 1954.

Kjemikeren **Heinrich Goldschmidt** (1857-1937) overtok professoratet etter Waage. Sønnen **Victor Moritz Goldschmidt** (1888-1947) og ble professor i mineralogi, og spesialist i geokjemi og kunne holde foredrag som "Hvorfra får plantene kali?" I 1910 stilte chokoladefabrikken Freia ved disponenten **Throne Holst** midler til rådighet til studier av sjokolade og kakao som næringsmiddel. Oppgaven het "*Chokolade og Kakao som Nydelses- og Næringsmidler, sammenlignet med Kaffe, idet der spesielt ønskes uttalelse om, hvorvidt Kaffe i Folkeernæringen delvis bør søges erstattet af Chokolade og Kakao*", og ble utført av medisinerene P.W.K. Bøckman og B. Knutsen i 1912. Loven om tipping og opprettelsen av Norsk tipping A/S i 1946 gjorde **Otto Lous Mohr** et fremstøt for "deling av midlene mellom den legemlige og den åndelige idrett". (Vedtaket fjernet i 2002) og opprettelsen av Norges almenvitenskapelige forskningsråd i 1949 ga bedre finansiering. Forskningen bør være fri og uavhengig av politikere.

Statsråd **Hans Rasmus Astrup** (1831-1898) hadde skaffet seg formue på fisk og trelast. Astrup støttet venstre og Bjørnson. Bygget i Drammensveien 78, et hus hvor venstre- og

høyrefolk møttes og inngår i Bjørnsons *Paul Lange og Tora Parsberg*. Astrup arbeidet for forsvarssaken. Bjørnson holdt minneord. Astrups døtre ga penger slik at Videnskabselskapet i Kristiania kunne kjøpe Drammensveien 78. Drevet fram av Brøgger og en rekke sponsorer bl.a. HM Kongen og Dronningen, og fabrikkeier **Conrad Langaard**, godseier **Haaken Mathisen**, forlagsbokhandler **William Nygaard** og redaktør **Schibsted**, og godseier **Niels Anker Stang** (1832-1914). Dessuten bidrag til Nansenfondet, Abel monumentet, universitetets aula og Gjøa-ekspedisjonen til Amundsen. Brøgger var helt utrolig dyktig til å samle inn penger til Nansenfondet og andre forskningsvirksomheter. Brøgger skrev *Nivåforandringene* (1901)

Wilhelm Wilhelmsen (1872-1955) som ga midler til opprettelsen av et bakteriologisk institutt.

Olav Johan Olsen (Sopp) (1860-1931) tok doktorgraden på avhandlingen *Om sop paa levende jordbund*. Sopp hadde vært assistent hos **Oscar Brüfeld** i Münster. Sopp fikk istand produksjon av kondensert melk på boks etter en metode han utviklet i 1888. I *Nyt Tidsskrift* skriver dr. **Olav Johan-Olsen (Dr. Sopp)** *Om utviklingslærens nåværende standpunkt*. Bibliothek for de tusen hjem 1888-1889. Darwins liv og brev oversatt av Dr. Sopp.

Johann Kiær (1869-1931) var opprinnelig zoolog, men ble opptatt av palentologi.

Apotekeren **Franz Peckel Møller** utga i 1895 verket *Cod Liver Oil and Chemistry*, om tranproduksjon.

Norges første naturvitenskapelige tidsskrift var *Magazin for Naturvidenskaberne* hvor de første redaktørene var **Christopher Hansteen**, kjent for studier av jordmagnetismen, lektor **Gregers Fougner Lundh** og kjemikeren og apotekeren **Hans Maschmann**. *Nyt Norsk Tidsskrift* hadde **Ernst Sars** og **J. Lieblein** som redaktører. Etter to år skiftet tidsskriftet navn til *Nyt Tidsskrift* med Sars og **Olaf Skavlan** som redaktører.

Litteratur:

Andersson, Gunnar: Svenska växtvärldens historia. Stockholm 1896.

Areschoug, F.W.C.: Bidrag til den skandinaviska vegetationens historia. Lunds univ. årsskrif. 5, 1867.

Aasen, Ivar: *Norske Plantenavne* (1860).

Jenseen-Tusch, H.: *Nordiske Plantenavne* (1867)

Nordgaard, Ole: Michael og Ossian Sars. Nordmænd. Biografier. Kristiania 1918.

Schübeler, F.: *Viridarium Norvegicum*. Norges Væxtrige 1-3 (1885-1889)

Sernander, Rutger: Nogra ord med anledning af Gunnar Andersson, Svenska växtvärldens historia. Bot not. 1896. Lund 1896

Hoel, Sigurd: Om Brøgger. Samtiden 1951.

Wille, J.N.: Botanikens historie i Norge. Norge 1814-1914. Kristiania 1914.

Nielsen, Yngvar: En Christianienses Erindringer. Fra 1850- til 60-aarene. Kristiania 1910.

Amundsen, Leiv: Det Norske Videnskaps-Akademi i Oslo 1857-1957, Aschehoug & Co 1957.

Midbøe, Hans: Det Kongelige Norske Videnskabers Selskabs Historie 1760-1960. Trondheim 1960.

Økland, F.: Charles Darwin. Hans liv og lære. Oslo 1951.

P.S. Et uferdig utkast, som kan inneholde mange feil og mangler. Håper at det allikevel kan være noen til nytte slik det er nå, og kanskje en dag kan det bli ferdig slik jeg vil ha det hvis tiden strekker til.

HAA.