

Hvordan udvikler naturvidenskaberne sig?

Case 2: Kontinentaldriftens historie

Indhold

Beskrivelse af det historiske forløb (Kragh)	1
Kuhnsk fortolkning (Wilson, 1968)	3
Lakatosiansk fortolkning (Frankel, 1979).....	5
Kritik	8

Beskrivelse af det historiske forløb (Kragh)

Før 1900-tallet eksisterede to konkurrerende modeller for jordskorpens udvikling og udseende:

- Permanensteorien (baseret på med Arkimedes' lov for opdrift): bjergene (af granit) flyder på de tættere basaltlag som isbjergene i havene. Modellen er overensstemmelse med det isostatiske princip, som var almindeligt anerkendt. Teorien var udpræget lokal og empirisk, og antog at jordskorpen i store træk ikke havde ændret sig gennem tiden.
- Kontraktionsteorien – ud fra en antagelse af at Jorden er under afkøling forstås dannelsen af bjerge som en følge af volumenændringen af Jordens indre, mens den størknede skorpe har konstant volumen. Modellen er i modstrid med det isostatiske princip. Teorien var udpræget global og syntetisk – sammensat. Jordskorpen ses som dynamisk. Palæografiske fund forklares med midlertidige landtanger, der har forbundet kontinenterne, men er sunket i havet sidenhen.

Begge teorier opererer kun med vertikale forskydninger af jordbunden, større horisontale forskydninger anses for umulige.

Permanensteorien havde ved starten af 1900-tallet en række erkendte svagheder og også kontraktionsteorien var i krise bl.a. fordi den ikke kan redegøre for hvorfor bjerge ikke er jævnt fordelt over Jorden. Desuden passede aldersforskellen på forskellige bjergkæder ikke med modellen. Opdagelsen af det radioaktive henfalds bidrag til Jordens varmeregnskab satte endvidere selve grundantagelsen om Jordens afkøling under pres.

I 1912 foreslog Wegner at kontinentaldrift kunne være en model til forklaring af jordskorpens udseende. Wegners nyskabelse var til en vis grad at omforme eksisterende vage hypoteser om bevægende landmasser (kontinentaldrift) til en kerne i et nyt forskningsprogram indeholdende både et empirisk/eksperimentelt lag og et metodologisk lag med anvisninger på hvilke metoder og standarder der skulle anvendes for at udvikle en teori for Jordens udvikling. Ifølge Wegners model pløjede kontinenterne sig gennem havbunden, hvilket ikke blev betragtet som en særligt sandsynlig mekanisme. På trods af at teorien hurtigt blev meget kendt, var der kun få geologer der tilsluttede sig den og arbejdede ud fra den. Derved kom den ikke til at udvikle sig, og gik ind i en ret defensiv fase primært drevet af Wegners egen nærmest fanatiske overbevisning.

Op gennem 20'erne blev den empiriske evidens stadig mere problematisk, idet mange af Wegners 'observerede kendsgerninger' blev bragt i tvivl, bl.a. hastigheden hvormed Grønland bevæger sig mod vest. Desuden blev manglen på en plausibel mekanisme bag kontinenternes bevægelser mere og mere kritisk. Teorien kunne ikke frembringe en drivkraft bag de observerede fænomener, og fænomenerne mistede gradvist deres entydighed, efterhånden som modstridende observationer blev rapporteret.

Flertallet af tidens (20'erne – 40'erne) geologer arbejdede i højere grad med udvikling af en forbedret kontraktionsteori (bl.a. Jeffreys) og kun få bidrog til udviklingen af Wegners teori samt med undersøgelser der kunne bekræfte den. Efter krigen skete der en opblomstring i palæomagnetismen som betød at store dele af oceanbundenes magnetisme blev kortlagt. Man opdagede at de polvendinger, som er årsag til de vekslende magnetiske orienteringer i aflejrede jernoxider sker næsten samtidigt over hele Jorden og dermed kunne palæomagnetiske målinger bruges som dateringsværktøj. Dette gav ny udvikling i Wegners teori i slutningen af 50-erne, og i begyndelsen af 60-erne kom Hess' teori for oceanbundsspredning og serverede en drivkraft (konvektionsstrømme i Jordens kappe) for kontinentaldriften.

Parallelt hermed fremkom i '60-'65 en alternativ, ekspansionistisk teori, der en overgang konkurrerede med den gryende pladetektonik. Den nye teori opererede bl.a. med spontan dannelse af nyt stof i Jordens indre. Den kunne dog ikke udkonkurrere den stadig fremherskende kontraktionsteori eller pladetektonikken

I 1965 var geologien stadig domineret af kontraktionsbaserede teorier, og der var endnu nogle få tilhængere af permanensbaserede teorier, men generelt var geologer ikke særligt interesserede i globale teorier som den nye pladetektonik. Med udgangspunkt i Wegners kontinentaldrift og Hess' oceanbundsspredning kunne Wilson i slutningen af 60-erne udvikle en kohærent teori om de transforme forkastninger (forkastningslinier vinkelret på spredningsryggen) med

væsentlig støtte i Morgans matematiske model for bevægelserne af lithosfæreplader hen over og ned i astenosfæren. Dette kom til at udgøre fundamentet i pladetektonikken. På et-to år vendte balancen, og pladetektonikken nød pludseligt stor interesse – i første omgang fra marinegeologer via palæomagnetiske studier, men efter ca. fem år var også de fleste landgeologer med på vognen. I virkeligheden skete der måske nærmere det, at der opstod en ny videnskab – geovidenskab – som simpelthen optog geologien. Geovidenskab er mere baseret på matematiske metoder, fysik og avancerede instrumenter end geologien, der typisk var en feltvidenskab. Geovidenskab omfatter dermed mere end blot geologi, men også geofysik, matematisk modellering, geokemi mv.

Kuhn'ske fortolkning (Wilson, 1968)

Kuhn begyndte som fysiker, men ændrede på et tidspunkt fokus mod videnskabshistorie og derigennem videnskabsteori, og udgav i 1962 ”The Structure of Scientific Revolutions”, som i høj grad var resultatet af en bundvending af hans egne opfattelser af hvad videnskab egentligt var.

Kuhn beskriver videnskabelig udvikling som den proces, at et videnskabeligt *society* gennem en periode arbejder ud fra et fælles paradigme, der indeholder nogle generelle teoretiske antagelser, love samt teknikker for lovenes anvendelse. Alle medlemmerne konkretiserer og detaljerer paradigmet ved at anvende det til at undersøge og beskrive verden med. Undervejs i det normalvidenskabelige arbejde bliver teorien stadig mere og mere klar, veldefineret og velstruktureret. Det normalvidenskabelige arbejde er karakteriseret ved, at det minder om at lægge puslespil – der findes løsninger, på de problemer man stiller op og løser. Ind i mellem vil man inden for et givet paradigme støde ind i vanskeligheder – uoverensstemmelser mellem teori og iagttagelser, og disse uoverensstemmelser betragtes som anomalier. Som fejl fra videnskabsmandens side og ikke i sig selv nok til at man forkaster paradigmet. Det er vigtigt i den normalvidenskabelige fase, at der er ro omkring paradigmet, og anomalier betragtes som naturligt forekommende og ikke som falsifikation af paradigmet. Hvis – og kun hvis – en anomali *både* vedrører selve paradigmets grundlag *og* det trods gentagne forsøg fra flere medlemmer af det videnskabelige samfund ikke lykkes at tilbagevise disse uoverensstemmelser udvikler tilstanden sig til en krise.

Krisen fører til en ”før-videnskabelig” tilstand, hvor der ikke er enighed blandt medlemmerne af det berørte videnskabelige samfund om de helt grundlæggende præmisser og teorier, hvilket fører til konstante diskussioner og umuliggørelse af normal-videnskabeligt arbejde indenfor området. Løsningen på krisen er fremkomsten af et fuldstændigt nyt paradigme, som vinder tilstrækkeligt stor

tilslutning i det videnskabelige samfund. Det der får en videnskabsmand til at opgive ét paradigme til fordel for et andet er i Kuhns beskrivelse psykologiske og sociologiske faktorer, og der kan ikke opstilles enkle logiske regler for dette valg, og valget vil være fuldstændigt præget af individuelle værdier og prioriteringer. Når der er faldet ro over feltet kommer en ny periode med normalvidenskabeligt arbejde omkring det nye paradigme, indtil det støder ind i en krise udløsende anomali.

Wilson tager Kuhns beskrivelse af videnskabelig udvikling gennem vekslende perioder af revolution og normalvidenskab for gode varer, og trækker ét særligt træk frem ved revolutionerne: de drives af et skifte i en grundlæggende overbevisning hos videnskabsmændene – deres ontologiske forudsætninger for teoridannelse. Denne overbevisning er en del af det paradigme, som dikterer hvordan observationer fortolkes og relevansen af eksperimenter/studier vurderes, hvilket får Wilson til at se denne overbevisning som et Kuhnsk paradigme. Da accepten af drift-baserede teorier indenfor geologien er sådant et skifte i en fundamental overbevisning om hvorvidt kontinenterne bevæger sig, mener Wilson at geologien i 1968 befinder sig midt i en Kuhnsk revolution. Wilson mener desuden at det er vigtigt at man erkender ændringerne som en Kuhnsk revolution, fordi geologer på den måde skal få øjnene op for at studiet af Jorden er interdisciplinært og at geologer skal kunne tale med andre videnskabsfolk for at man i fællesskab kan finde og forstå Jordens sande natur. At kalde ændringerne for en Kuhnsk revolution gør det tydeligt, at det ikke blot er en tilpasning af en ny teori for geologien men en større ændring der foregår. Geologer skal ikke længere blot studere sten og fossiler, men til at studere Jorden som planet.

Ud over Wilsons betragtninger kan man genkende et andet væsentligt træk ved Kuhns revolution i den ændring af det normalvidenskabelige arbejde der finder sted. Før pladeteknikken beskæftigede geologer sig med feltstudier af fossiler og sten, og formålet med studierne var at undersøge de forandringer i Jordens biosfære, som er sket gennem tiden. Det var ikke geologiens mål at undersøge og forstå drivkraften bag forandringerne, kun at finde dem og placere dem i den rette kronologiske orden. Efter pladeteknikkens fremkomst beskæftiger geologerne sig med hvordan og hvorfor Jordklodens topografi, klima og biologi har ændret sig gennem tiden. Arbejdet sker via globale matematisk-fysiske modeller baseret på rheologiske strømninger af materialet i Jordens ydre lag (astenosfære og lithosfære) gennem især studier af palæomagnetismen. Dette medfører i det mindste en delvis inkommensurabilitet mellem teorier før og efter pladeteknikkens fremkomst, bl.a. i det at palæomagnetisme ikke var særligt interessant inden for rammerne af kontraktions- og permanensteoriene, men

kom til at udgøre en af grundpillerne i pladetektonikkens eksperimentelle lag og en af de vigtigste drivkræfter for udviklingen af pladetektonikken.

I Kuhns fremstilling udløses begyndelsen til enden for et paradigme af fremkomsten af en eller flere anomalier, der *både* strider mod grundlaget i paradigmet og trods gentagne forsøg ikke er mulige at tilbagevise. Opdagelsen af det radioaktive henfalds bidrag til Jordens varmeregenskab kan opfattes som en sådan anomali, der ved overgangen til pladetektonikken vendes til en bekræftende evidens. Varmeudviklingen fra det radioaktive henfald skaber de konvektionsstrømme i astenosfæren som driver jordskorpens tektoniske plader fremad. Samtidig kunne de palæomagnetiske data ligeledes betragtes som en anomali for kontraktionsteorien, som også kan forklares bedre af pladetektonikken. Spørgsmålet er, om der var en krise – en periode uden et fælles paradigme – som blev afløst af en fælles tilslutning til pladetektonikken. I de kilder vi har været igennem mener jeg ikke at kunne finde eksempler, der peger på at dette skulle være tilfældet.

Endelig mener Kuhn at det i en paradigmeløs krisesituation er individuelle værdier og prioriteringer og ikke-rationelle betragtninger, der får videnskabsfolk til at tilslutte sig en bestemt teori frem for andre. Da jeg ikke mener der var en sådan periode kan der vanskeligt argumenteres for, at tilslutningen til pladetektonikken skulle være sket af sådanne årsager. Ud fra de kilder vi har læst, synes både pladetektonikkens større forklaringskraft og dens sammenhæng med de ”nye” palæomagnetiske data og de nye matematisk-fysiske modeller (som måske skyldtes udviklingen indenfor elektronikken og computere på den tid) at være gode rationelle årsager til at tilslutte sig den.

Lakatosiansk fortolkning (Frankel, 1979)

Nye teorier begynder ifølge Lakatos som vage idéer, og de begreber de indeholder, er oftest kun vagt defineret. (De opstår altså ikke som reaktion på en krise for en forudgående teori, som Kuhn fremstiller det). Efter hånden som den nye teori udvikles over tid bliver definitionerne mere og mere præcise, begreberne i den mere og mere veldefinerede og sammenhængene både indenfor og udadtil mere og mere klare. En teori består i Lakatos' terminologi af en ”hård kerne” af grundlæggende og universelle udsagn samt et ”beskyttende bælte” af hjælpeantagelser, initialbetingelser, observerede relationer etc., samt en heuristik. Et forskningsprogram indeholder flere indbyrdes forbundne teorier, metoderegler og standarder, der tilsammen udstikker en strategi for forskningen¹.

¹ Kragh s. 64

Styrken i naturvidenskabelige teorier ligger i sammenhængen – både teoriens egen indre sammenhæng og sammenhæng med andre teorier – den kohærens der er i hele naturvidenskaben. For at den nye teori, der præsenteres, skal kunne udvikle sig er det vigtigt, at der sammen med teorien gives nogle ”anvisninger” (outlooks, den *positive heuristik*) på hvordan man kan bidrage til at udvikle og underbygge teorien ved at undersøge, udbygge og – om nødvendigt – modificere det ”beskyttende bælte” samt fx videreudvikle instrumenter, udvikle computeralgoritmer osv. De tilladte modifikationer af det beskyttende bælte er dem, som kan efterprøves selvstændigt og giver mulighed for nye opdagelser. Det er ikke tilladt at lave ”ad hoc”-modifikationer, der ikke kan efterprøves selvstændigt, og som blot tjener til at forhale afkræftelsen af teoriens hårde kerne. Derudover er det naturligtvis heller ikke tilladt at modificere den hårde kerne af teorien – gør man det, melder man sig ud af forskningsprogrammet omkring teorien (denne anvisning er forskningsprogrammets *negative heuristik*). Hvis den nye teori fra tid til anden fører til helt nye forudsigelser som bekræftes, kan forskningsprogrammet (teorien, det beskyttende bælte og heuristikken som helhed) beskrives som progressivt i modsætning til et degenererende forskningsprogram. Et forskningsprogram skal opfylde begge disse to betingelser (kravet om sammenhæng og heuristik og kravet om blot ind i mellem at føre til nye opdagelser) for at kunne kaldes videnskabeligt.

Lakatos mener i modsætning til Kuhn, at det *ikke* er anomalierne, der fører til teoriskift i naturvidenskaben, men at der ligger rationelle vurderingskriterier til grund. Man vælger nye teorier med større empirisk indhold – større videnskabelighed – end forgængeren. Ifølge Lakatos sker valget ikke på enkelt-teori niveau men på forskningsprogram-niveau.

Kuhns ”*The Structure of Scientific Revolutions*” kom i ’62, Lakatos’ Forskningsprogrammer blev beskrevet i en række tekster fra 1970-71. Lakatos har til forskel fra Kuhn haft mulighed for at inddrage netop pladetektonikkens udvikling i udviklingen af sin teori. Frankels analyse er fra 1979 hvilket giver ham et mere historisk perspektiv på begivenhederne i slutningen af ’60-erne end Wilson havde i 1968. Frankel mener som udgangspunkt at Lakatos’ beskrivelse af udvikling i naturvidenskaben passer godt på hvordan pladetektonikken opstod og vandt frem, om end han mener beskrivelsen med et par justeringer kan blive endnu bedre.

I Frankels optik foregik ændringen af geologien (udviklingen af pladetektonikken) hen over en periode på 50 år og er et resultat af en naturlig udvikling i geologien som skyldtes fremkomsten af nye data og observationer. Skiftet fra statisk til drift baserede teorier er et resultat af videnskabelig udvikling i Lakatos’ forstand: Videnskabsmænd sammenligner teoriers forklaringskraft på data/observationer og vælger den bedste – sådan har de valgt

drift-teoriene frem for de statiske teorier. Denne pointe er så væsentlig for Frankel, at han har anbragt den allerførst i sit abstract til artiklen.

Endvidere, hævder Frankel, har forskerne i begge lejre løbende udviklet deres respektive teorier med hjælpehypoteser for at tilpasse dem til nye opdagelser efterhånden som de kom frem, hvilket er karakteristika for Lakatos' forskningsprogrammer. Frankel giver en meget detaljeret kronologisk gengivelse af en række nøgle-papers og begivenheder i pladetektonikkens udvikling for at underbygge dette synspunkt.

Frankel fremhæver at fordi driftteorien pegede på nye forskningsområder, fx palæomagnetisme studier, som de gamle teorier ikke pegede på var driftteorien mere progressiv. Permanensteoriene pegede bare på at man skulle blive ved med at studere sten og fossiler, hvilket i Lakatos' terminologi betyder at de gamle teorier er degenererede.

For at få Lakatos' teori til at passe med historien er man dog ifølge Frankel nødt til at redefinere hvornår en observation er 'ny' og man må indse at en teoris hårde kerne ikke er uforanderlig gennem forskningsprogrammets levetid. Oprindeligt mente Lakatos at en opdagelse var ny kun hvis den kom efter formuleringen af en given teori, men denne definition blødte han senere op til at en opdagelse var ny hvis blot den nye teori kunne forklare observationen i modsætning til den gamle teori. Så måtte selve observationen godt være sket inden fremsættelsen af den nye teori (hvilket der gives flere eksempler på, bl.a. observationen af uregelmæssigheden i Merkurs bane som blev forklaret med Einsteins relativitetsteori m.fl.). Pladetektonikken er en naturlig udvikling af geologien i den forstand at den på samme måde som relativitetsteorien satte astronomerne i stand til at forklare Merkurs bane sætter geologerne i stand til at forklare fænomener som de kystlinjeobservationer der tidligere faldt udenfor geologernes område (fordi de ikke kunne forklares med permanensteoriene var de uinteressante og blev ikke opfattet som en del af hvad geologien skulle kunne forklare).

Med hensyn til den hårde kernes foranderlighed – for at få pladetektonikken til at være en videreudvikling af driftteorien må Frankel hævde at ændringer i den hårde kerne er tilladte. Den hårde kerne i Wegners teori var, at det var kontinenterne, der flyttede sig, og at havbunden var stationær. Gennem sin detaljerede gennemgang af pladetektonikkens udvikling viser Frankel at de involverede forskere ændrede den hårde kerne af deres respektive forskningsprogrammer når de mente at ændringen ville øge teoriens forklaringskraft eller i det mindste afbøde nogle af dens største problemer.

Kritik

Kernen i Lakatos' kritik af Kuhn er, at man ikke skulle kunne sammenligne paradigmer, for Kuhn kommer på den måde til at fremstille udviklingen i naturvidenskaben som irrationel og at den ikke nødvendigvis fører til en vækst i vores evne til at formulere teorier som forklarer egenskaber og relationer mellem objekter og størrelser i naturen. Jævnfør *videnskabens mål*:

- 1) At beskrive egenskaber og relationer mellem objekter og størrelser i naturen
- 2) At formulere teorier som forklarer hvorfor disse egenskaber og relationer er som de er.

Det helt essentielle for Lakatos' er at fastholde udviklingen i naturvidenskaben som en rationelt drevet udvikling, som fører frem mod en stadig større forståelse af naturen – frem mod en absolut sandhed. På denne baggrund kan man da kalde Kuhn relativist og Lakatos rationalist?

Lakatos – rationalist? I den grad at Lakatos' bud på et universelt kriterium er graden af hvor progressivt et forskningsprogram er, må Lakatos karakteriseres som rationalist. Ydermere mente han progressivitets-kriteriet som en hypotese, som kunne efterprøves ved at gennemgå videnskabshistorien. Dog erkender Lakatos, at der kan være god grund til ikke at forlade et tilsyneladende degenereret forskningsprogram, idet der altid er mulighed for et *come-back* - det mener han i hvert fald videnskabshistorien viser². Lakatos' model forudsiger perioder med sameksistens og konkurrence mellem overlappende forskningsprogrammer.

Kuhn – relativist? Idet Kuhn opfatter videnskab som en social foreteelse kan han karakteriseres som relativist. Kuhn selv bestrider dette ved at fremføre at nye teorier er bedre end gamle, og at der er en klart fremadskridende udvikling i videnskaben. Her antyder han at den videnskabelige udvikling skulle have en kurs, og dermed en kurs mod en endelig sandhed, men han afviser også at være rationalist. Når Kuhns teori fremføres af ikke-videnskabsfolk som retfærdiggørelse af deres pseudovidenskabelige teorier bliver han typisk misfortolket ud i en absurd form for relativisme. Denne tog Kuhn selvfølgelig afstand fra, og Torben Sangild giver i sin blog 'det spekulative øre' en god forklaring på Kuhns tanker og hvorfor han adskiller sig fra den absurde relativisme³. Det han blandt andet anfører er den virkelighed, der hele tiden banker på, samt at selve *paradigmeskiftet* er misforstået: det er *ikke* en total

² Fx i forbindelse med æter-teorien, hvor slaget bølgede frem og tilbage mens det skiftede hvilken sides forskningsprogram der var mest progressivt.

³

http://www.groveloejer.dk/detspekulativeoere/2004/10/videnskaben_kuhn_og_relativismen.html

forkastelse af tidligere paradigmer men 'blot' en tilpasning og forfinelse af de eksisterende paradigmer. Eksemplet er hvorledes Einsteins relativitetsteori ikke gør Newtons bevægelsesmekanik ugyldig, blot at den afgrænser den i forhold til visse meget ekstreme situationer; ved meget høje hastigheder, i meget kraftige tyngdefelter og lignende. Under normale forhold kan vi roligt fortsætte med at anvende Newtons ligninger.

Både Kuhns og Lakatos' modeller lægger meget stor vægt på udvikling i teori, og tager nærmest for givet, at det er udviklingen i teorierne, som udgør forandringerne i videnskaben. Teknologiske fremskridt som muliggør nye målinger der fører til nye og helt uventede opdagelser tillægges ikke stor vigtighed (medmindre de er anvist af teorierne, og så er de jo ikke uventede mere). I Frankels citater aner man nogle steder, at det kunne være et samspil med en rivende teknologisk udvikling i elektronik, måleinstrumenter til magnetisk kortlægning og dybdemåling samt computere, der kunne være årsag til udviklingen i geologien. Ifølge wikipedia kom de første computere frem i 40'erne (primært rettet mod militære anvendelser) og i 50'erne kom computere til kommerciel brug, og selvom det ikke i sig selv påviser en kausal sammenhæng, så er der dog et tidsmæssigt sammenfald.

Min mening: Frankels (Lakatos') beskrivelse føles god, og bevarer noget meget essentielt i naturvidenskaben – rationaliteten. Men med det nærmest énøjede fokus på teori misser beskrivelsen samspillet mellem teoretikere og eksperimentalister. Naturvidenskaben har qua sin eksperimentelle natur forbindelsen med virkeligheden. Og nogle gange vil det være virkeligheden der er kilden til nye opdagelser – og desuden: Hvor er der plads til det legende i naturvidenskaben, hvis ikke i skøre eksperimenter?

Videnskabsetik

Case 6: Materialeudvikling

Indhold

Etik.....	1
Rendtorffs beslutningsmodel:	4
Materialeudvikling - afgrænsende beskrivelse	5
Materialeudvikling – etiske problemstillinger	5
Baggrund.....	5
Risici	6
Anvendelse af beslutningsmodellen.....	7
Spørgsmål.....	7
Svar	8
Konklusion.....	9

Etik

Ud fra de kilder vi har læst (primært Rendtorff og Kragh) samt opslag i bl.a. den store danske encyklopædi, har jeg fået følgende opfattelse af hvad etik er. Etik er regler for handlinger som:

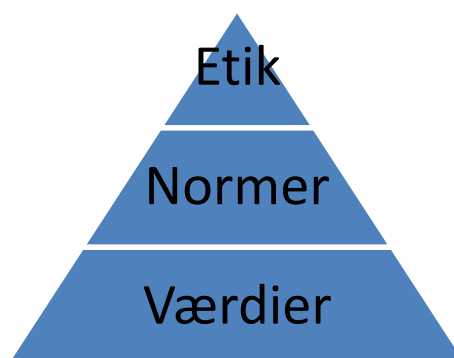
- Fører til det gode liv i forhold til andre mennesker, natur og samfund (dydsetik)
- Fører til størst mulig femgang for flest muligt mennesker (nytteetik)
- Sikrer at man overholder givne regler, fx individets ukrænkelighed (pligtetik)
- Sikrer konsensus om værdien af handlingerne (samtaleetik)

Etiske regler kan opstilles på individ- og institutionsniveau, ud fra den samme opbygning:

Etiske regler er bygget på normer, som er kontekstbestemte værdier specifikke for den givne sociale konstruktion, fx i familien, på jobbet, i det offentlige rum etc. Normerne kan konkretiseres i et ideal, som er et sammenhængende billede på en person eller organisation, der opfylder normerne.

Værdier er den grundlæggende opfattelse af rigtigt og forkert. De personlige normer er tilegnet gennem opdragelsen fra forældre, familie, venner, institutioner, medier etc., og er under stadig forandring gennem livet. Værdier konkretiseres i idealer, som hjælper til at vurdere handlingers overensstemmelse med værdierne.

Organisationers normer bliver til i et samspil mellem de indgående individer og kan være mere eller mindre klart definerede og beskrevne i fx virksomheders politikker.



Dydsetikken stammer fra Aristoteles, og ifølge den skal videnskaben være sandhedssøgende, kritisk og rationel og udføres for det fælles gode. Formålet med videnskaben er at stræbe efter menneskehedens lykke, der findes gennem viden og indsigt i sandheden. Oplæringen i god videnskabelig praksis finder sted ved en form for mesterlære, hvor den unge videnskabsmand efterligner sin lærer og derved ad praktisk vej får indarbejdet de rigtige metoder, normer og værdier. Den gode videnskabsmand skal opøve sine færdigheder og stræbe mod at have en høj moral, som indebærer at han skal være retfærdig, uegennyttig, ærlig etc. Trods denne stæben mod det fælles gode liv, så kan der opstå situationer, hvor dydsetikkens regler (i sin rene form) ville give anvisninger, som ikke er alment acceptable. For at undgå sådanne konflikter kan man begrænse de dydsetiske regler ud fra pligtetiske regler.

Ud fra et pligt- eller sindelagsetisk (*den deontologiske rettighedsetik*) synspunkt er det menneskets intentioner, der er afgørende for om handlinger er acceptable eller ej. Pligtetikken hviler ifølge Kant på individets ukrænkelighed og moralske fornuft. Videnskab fremhæves som en aktivitet til at komme ud over uvidenhed og fordomme, som skal føre til større erkendelse af sandheden for alle mennesker. Erkendelsen er ud over at være et middel mod uvidenhed et vigtigt middel for at man kan leve det moralske liv, som Kant formulerede i det kategoriske imperativ. Kants universelle moral siger bl.a. at ingen må behandle et andet menneske som et middel men altid skal se individet som et ukrænkeligt væsen samt at man skal stræbe mod individets ansvarlighed frem for lydighed. Ud fra et pligtetisk synspunkt findes der ikke noget som kan retfærdiggøre at tilsidesætte moralen, heller ikke selvom det gøres ud fra en intention om at opnå en konsekvens, som er til gavn for menneskehed.

Nytteetik afspejler en grundlæggende pragmatisk indstilling til vurderingen af handlinger. Det er handlingens konsekvenser, der afgør om den givne handling er acceptabel eller ej, ud fra en præmis om at gode handlinger er dem, der sikrer størst mulig lykke til det størst mulige antal individer. Afgørelsen hviler på en ”nyttekalkule” hvor man ud fra et rationelt regnskab over fordele og ulemper kan vælge mellem forskellige handlinger. Kalkulen indebærer, at alle individers ønsker samt følelse af glæde eller smerte kvantificeres og indsættes i regnskabet. Dog er der nogle praktiske begrænsninger på hvor langt det er tilladt at gå, idet fx et

menneskeliv, individets rettigheder eller individets værdighed ikke må ofres. Ved at begrænse nytteetikens regler af de pligtetiske regler som det kategoriske imperativ formulerer kan man få en blandingestik frem, som er mere acceptabel end nyttetik i sin rene form.

Samtaleetik: universelle regler kan kun blive til i en fuldstændigt fri dialog mellem fuldstændigt frie mennesker. Samtaleetikken vil opstå i et forum bestående af rationelt argumenterende og gensidigt lydhøre individer. Individer er i denne sammenhæng ikke begrænset til mennesker, men omfatter også dyr og naturen som helhed, der kan repræsenteres af interesseorganisationer.

Videnskaben fremhæves som et sådant forum, hvor alene argumenters styrke afgør sandheden. Samtaleetik udgør et ideal for videnskaben, konkretiseret ved ”OS” delen af CUDOS idealet¹, men samtaleetikken rækker ud over det rent faglige. CUDOS idealet beskriver hvordan videnskabsmænd stræber efter at arbejde uegennyttigt med en viden som skal være universel, og at deres stræben efter viden udelukkende sker for videnskabens egen skyld. ”OS” står for ”organiseret skepticisme” hvilket betyder at man forholder sig konstruktivt kritisk til alt, og at væksten i menneskehedens samlede viden sker gennem diskussioner af observationer, resultater, hypoteser og teorier.

I samtaleetikken accepteres ingen absolutte værdier, men alene relative værdier, som bliver til mellem de frie individer – forskere – i en åben dialog. Da enigheden er det mest centrale og ufravigelige princip er selv den mindste uenighed en gyldig grund til at vurdere en handling som uacceptabel.

Jeg har svært ved at se, hvordan samtaleetik i praksis skal kunne fungere som en fjerde etikform på linie med de tre øvrige. For det første synes det meget utopisk, at et fuldstændigt åbent forum af fuldstændigt frie mennesker skulle kunne eksistere i den virkelige verden, idet der altid synes at være indbyrdes afhængigheds- og magtforhold mellem mennesker i en given gruppe. For det andet ville disse frie individer nødvendigvis skulle argumentere ud fra deres personlige overbevisninger, og deres personlige overbevisninger må tage udgangspunkt deres egne personlige værdier (eller værdierne for den organisation vedkommende repræsenterer). Dertil mener jeg, at disse værdier vil føre til at personen basalt set ”hælder” til én af de tre typer etik beskrevet ovenfor, uden dog nødvendigvis at være ekstremist. Den ideelle diskussion mellem individerne af forskellig overbevisning vil i nogle tilfælde kunne føre til konsensus i gruppen, men da det man bliver enige om er ’det rette’ må stamme fra et (eller flere) af individerne i gruppen, må det kunne føres tilbage til de(t) individ(er)s etiske standpunkt. Individet vil altid basere sin etiske vurdering på de tre andre perspektiver: om handlingen er i overensstemmelse med samfundets dyder, om handlingen er i overensstemmelse med gældende regler, om nytten af handlingen. Jeg mener ikke man kan forestille sig at man som individ kan have den etiske grundindstilling er at en handling er god, når blot der er enighed i den gruppe man befinder sig i, om at den er god. Således mener jeg at samtaleetikken ikke giver mening som selvstændigt begreb, men som en udmærket udvidelse af de tre mere grundlæggende etikker. Det er ikke nok at blive enige – man skal også blive enige om *noget*.

¹ R.K. Merton ”*Science and Democratic Social Structure*”, *Social Theory and Social Structure*, Free Press, N.Y., 1968, 604-615.

Handlinger kan således vurderes i fire forskellige perspektiver, og reglerne og de rette procedurer for etisk argumentation er givet i kapitel 4 ved de videnskabetiske principper:

- Videnskabens ansvar
- Respekten for forskningsfriheden
- Moralsk samvittighed og værdighed
- Videnskabens etiske integritet
- Retfærdighed og solidaritet

Rendtorffs beslutningsmodel:

Præsenteres som et supplement til en samvittighedsfuld tankegang, altså ikke noget der kan sættes i stedet for almindelig omtanke, men som et redskab der kan bruges til at strukturere etiske overvejelser. Som yderligere supplement bør man inkludere tidligere praksis, hvor der er etableret konsensus på relaterede problemstillinger – dette kan bl.a. undersøges ved at studere retsafgørelser på området.

Forud for påbegyndelsen af et nyt forskningsprojekt foreslår Rendtorff at man analyserer selve forskningen i projektet ude fra fem spørgsmål:²

- Hvad betyder forskningen for tilvækst af nytte for individ og samfund? Vil projektet skabe mere nytte end smerte?
- Hvad betyder forskningen for menneskets værdighed og selvbestemmelse? Krænker det patienter, forsøgspersoner eller andre?
- Hvordan påvirker forskningen menneskers, dyrs eller økosystemers integritet? Har den et højt ødelæggelsespotentiale, der påvirker sårbarheden?
- Hvilken indflydelse har forskningen på naturens og samfundets fremtidige bæredygtighed og retfærdighed?
- Hvilke argumenter fremføres omkring forskningen blandt de personer, som berøres af forskningens anvendelse (forbrugere, patienter, forsøgspersoner, pårørende mv.)?

Analysen udføres ved at man nedbryder forskningsprocessen i fire elementer:

- forskningens mål
- selve forskningsprocessen
- forskningens resultater og
- konsekvenserne for de af forskningen berørte personer.

For de tre første elementer konkretiseres de generelle spørgsmål i det omfang de er relevante. Spørgsmålene tages op i forskergruppen og debatteres grundigt inden projektet startes. Undervejs i projektet holdes løbende en dialog om de etiske problemstillinger i forskningen, dvs:

² J.D. Rendtorff, ”Videnskabsetik”, Roskilde Universitetsforlag, 2003, s. 111

- Hvilke værdier der danner grundlag for de forskningsmetoder der vælges og anvendes
- Eventuelle interessekonflikter internt mellem de deltagende forskere og eksternt i forhold til bevillingsgivere og det øvrige samfund
- Projektdeltagernes publikationsetik
- Samfundsperspektivet af forskningen.

Derefter analyseres og konkretiseres projektets positive og negative konsekvenser for de personer som berøres af forskningen samt usikkerhedsmomenter vedrørende gennemførelsen af projektet.

Materialeudvikling - afgrænsende beskrivelse

Udvikling af nye materialer med forbedrede egenskaber i forhold til de eksisterende materialer er typisk drevet af økonomiske argumenter. Et typisk argument er, at ved forbedring af materialernes egenskaber kan godstykkelser reduceres hvorved man både sparer materialeomkostninger og produktionsomkostninger. Desuden medfører vægtreduktion ofte mindre energiforbrug i forbindelse med fragt og anvendelse af produktet. I nogle tilfælde kan nye materialer opnå helt nye egenskaber, der giver anledning til helt nye opfindelser.

I plastteknologisk sammenhæng består materialeudvikling typisk af at blande (*compoundere*) eksisterende plastmaterialer med andre plastmaterialer, organiske, uorganiske eller hybridforbindelser (*additiver*), der ændrer plastmaterialets egenskaber. I nogle tilfælde involverer blandingen kemisk syntese eller tilpasning af additiverne. Efter *compoundingen* skal der typisk fremstilles prøveemner af det nye materiale. Udformningen af prøveemnerne tilpasses den egenskab, man efterfølgende ønsker at undersøge for materialet. Et meget typisk anvendt prøveemne er et ”kødben” formet emne, som er velegnet til at bestemme materialets mekaniske egenskaber med. Mekaniske egenskaber undersøges typisk ved træk- og/eller bøjetest under forskellige miljøforhold og deformationshastigheder. Andre egenskaber som fx elektrisk ledningsevne, varmeledningsevne kan også bestemmes ved målinger på ”kødben”. Endvidere kan procesegenskaber som fx varmekapacitet, viskositet af det smeltede materiale, PVT (tryk-temperatur-rumfang) relation mv. undersøges, hvis det vurderes at være relevant.

Materialeudvikling – etiske problemstillinger

Eksempel: Udvikling af nanokomposit materialer. I det følgende vil jeg ridse op, hvordan man kunne bruge Rendtorffs beslutningsmodel til at undersøge de etiske aspekter omkring hvorvidt det er godt at forske i nanokomposit materialer når det tages i betragtning at der er væsentlige usikkerheder om materialernes ødelæggelsespotentiale i naturen.

Baggrund

En gren af nanoteknologien beskæftiger sig med udvikling af polymer-nanokomposit materialer (PNC). Definitionen på PNC materialer er, at partikler

med mindst én dimension i nanometer regimet er fordelt – dispergeret – i en matrix af et polymer materiale. I kemisk forstand er PNC en kolloid dispersion af et fast stof i en polymer.

Fra kompositteorien for makrokompositter (hvor partiklerne er større end 1000 nm i den mindste dimension) vides, at grænsefladen spiller en stor rolle for egenskaberne af kompositmaterialer. I grove træk modelleres kompositters egenskaber ud fra blandingsloven, hvor bidraget til fx stivheden fra hhv. matrix og fyldstof vægtes ud fra deres volumenandel i kompositten. Denne model bygger på en antagelse af fuldstændig overførsel af kræfter mellem matrix og fyldstof, samt at materiale i grænsefladen har samme egenskaber som matrixmaterialet.

Hvis volumenandelen af fyldstoffet holdes konstant mens partikelstørrelsen reduceres vokser arealet af grænsefladen (under forudsætning af god dispergering). I tilfælde af nanofyldstoffer kan man finde eksempler på fyldstoffer med specifikke overfladearealer på op til 2000 m²/g, hvilket betyder at i en veldispergeret nanokomposit selv ved meget lave fyldningsgrader består matrixmaterialet næsten udelukkende af grænseflademateriale. I nogle tilfælde er det observeret, at egenskaberne af grænseflademateriale kan afvige meget fra egenskaberne af bulk materiale for en given polymer, og det er denne effekt man søger at udnytte og forstå i denne gren af nanoteknologien.

Risici

I forbindelse med arbejdet med frembringelse af nanopartikler af mange forskellige materialer har man opdaget, at stoffer kan få helt andre fysiske og kemiske egenskaber, når de findes som nanopartikler. Dette har bl.a. givet sig udslag i, at man indenfor kemikalielovgivningen i EU er begyndt at deklarere nanopartikulære former af ellers velkendte materialer som nye og selvstændige kemikalier.³ Et helt naturligt spørgsmål har derfor rejst sig omkring hvilken skæbne frie nanopartikler vil have i miljøet og hvorvidt nanopartikler kan have skadelige effekter på mennesker, dyr og miljø. Dette rejser et etisk spørgsmål om det overhovedet er godt at forske i nanomaterialer, når det med meget stor sandsynlighed vil føre til spredning af materialerne i naturen på et eller andet tidspunkt (erfaringen viser, at sådan er det gået med alle de kemikalier mennesket har frembragt indtil nu). Selv atombrændsel er sluppet ud, selvom det er indhyllet i de størst tænkelige sikkerheds- og registreringsprocedurer).

To ofte anvendte argumenter henholdsvis for og imod udvikling af nanopartikler er:

- Nanopartikler er ikke nye – der findes talrige eksempler på nanopartikler i naturen. Dette betyder, at naturen kan antages at være i stand til at omsætte materialer, når de findes som nanopartikler lige såvel som den kan omsætte dem når de forekommer på andre former. Det er ikke sandsynligt at stofomsætningen stopper, blot fordi materialerne kommer på ”nano-form”.

³ Nanotiltaget indenfor REACH direktivet definerer fx carbon nanotubes som en selvstændig form af kulstof forskellig fra både grafit og kønrøg (sod). Det samme er tilfældet for titandioxid, TiO₂, et velkendt hvidt pigment, der på nano-form har vist sig at have fotokatalytiske egenskaber og derved kan fremme kemiske reaktioner, der bl.a. nedbryder organiske forbindelser.

- De nye egenskaber, der er iagttaget for hidtil kendte materialer, når de bringes på nanopartikulær form betyder, at vi ikke kan vide noget om deres effekter i miljøet. De nanopartikler der er tale om er formentlig ikke naturligt forekommende, og naturen kan således ikke være 'indrettet' til at håndtere dem. Dette er fx tilfældet for carbon nanotubes. Der er for nogle partikeltyper fundet tegn på persistens – hvilket betyder meget langsom omsætning og dermed risiko for ophobning i organismer eller økosystemer.

Anvendelse af beslutningsmodellen

I det første afsnit vil jeg opstille de konkrete spørgsmål ud fra Rendtorffs generelle beskrivelser, og i det efterfølgende afsnit vil jeg forsøge at give svar på spørgsmålene ud fra min personlige overbevisning.

Derefter burde projektets positive og negative konsekvenser for de personer som berøres af forskningen analyseres og konkretiseres. Det vil sige for producenter, forhandlere, forbrugere og skraldemænd. Endelig skulle usikkerhedsmomenter vedrørende gennemførelsen af projektet analyseres. Jeg er ikke helt klar over hvad Rendtorff egentlig mener med disse usikkerhedsmomenter – er i tvivl om hvorvidt han mener de risici der identificeres i projektledelsen – at nøglepersonel forsvinder, politisk modstand, forsinkelser på udstyr og analyser, uheld osv. Omfanget af denne undersøgelse af konsekvenserne samt usikkerhedsanalysen er dog for stort til at det kan rummes i dette essay.

Spørgsmål

- Forskningens mål: (at sætte os i stand til at fremstille nanokompositter)
 1. Hvordan fører det at vi er i stand til at fremstille nanokompositter til forøget nytte?
 2. Hvordan betyder denne evne noget for menneskets værdighed?
 3. Hvordan påvirker det at vi er i stand til at fremstille nanokompositter Jordens økosystemer?
 4. Hvilken indflydelse har vores formåen på fremtidig bæredygtighed?
 5. Hvilke argumenter fremføres af de, som berøres af forskningens mål? (producenter, forhandlere, forbrugere og skraldemænd)
- Forskningsprocessen: (gennemførelsen af projektet)
 6. Hvordan fører selve projektarbejdet til forøget nytte?
 7. Hvordan betyder projektarbejdet noget for menneskets værdighed?
 8. Hvordan påvirker projektarbejdet Jordens økosystem?
 9. Hvilken indflydelse har projektarbejdet på fremtidig bæredygtighed?
 10. Hvilke argumenter fremføres af de, der indgår i forskningsprojektet (forskerne)
- Forskningens resultater: (nanokompostimaterialerne)
 11. Hvordan fører PNC'er til forøget nytte?

12. Hvordan betyder PNC noget for menneskets værdighed?
13. Hvordan påvirker PNC Jordens økosystem?
14. Hvilken indflydelse har PNC på den fremtidige bæredygtighed?
15. Hvilke argumenter fremføres af de der kommer i berøring med PNC?

Svar

1. Nyttens ligger i at man med forbedrede materialer kan skabe flere energibesparende produkter, produkter med længere levetid og dermed mindre *carbon footprint*.⁴
2. Evnen til at fremstille disse forbedrede materialer mener jeg ikke har nogen indflydelse – positiv eller negativ – på menneskets værdighed.
3. Arbejdet med nanokompositter indebærer en risiko for Jordens økosystem, lige som resten af vores industrielle aktiviteter. Risikoen for spredning af miljøfremmede substanser i naturen skal derfor minimeres ved tekniske foranstaltninger og procedurer, der minimerer risikoen for udslip fra produktionsfaciliteter. Udslip under normal brug af nanokompositmaterialer anses generelt for usandsynligt, men ved affaldshåndtering kan særlige foranstaltninger være påkrævede. Det bør sikres at eksisterende affaldshåndteringssystemer er egnede til at håndtere nanokompositmaterialer forsvarligt.
4. Forudsat vi er i stand til at fremstille og affaldshåndtere nanokompositmaterialer forsvarligt vil vore evne til at fremstille nanokompositter have en positiv indflydelse på fremtidig bæredygtighed, idet anvendelsen af dem vil reducere vores energiforbrug og miljøpåvirkning.
5. Producenter af nanokompositter og forhandlere af produkter der udnytter nanokompositter argumentere generelt for anvendelsen med de samme argumenter om reduceret energiforbrug, både ved fremstilling og anvendelse af produkterne og dermed reduceret miljøpåvirkning. Endvidere argumenteres i mange sammenhænge med andre forbedrede egenskaber som fx bedre kvalitet (i betydning ensartethed) af materialerne sammenlignet med ikke-nanokomposit baserede alternativer. Forbrugere har i nogle tilfælde udtrykt bekymring for ukendte effekter af nanopartikler, en bekymring der desværre ofte bundes i uvidenhed eller manglende forståelse for de produkter og materialer der er tale om. I forbindelse med affaldshåndtering er jeg ikke bekendt med nogen fremførte argumenter for eller imod nanokompositter. Man er dog allerede i branchen vant til at håndtere farligt affald, så nanokompositter ses formentligt ikke som nogen særlig udfordring.
6. Projektarbejdet i sig selv medfører nye erkendelser for de i projektet involverede parter, samt mulighed for publicering af ny viden.
7. Projektarbejdet i sig selv påvirker ikke menneskets værdighed.
8. Under projektarbejdet vil der blive anvendt kemikalier, der bortskaffes på normal vis. Risikoen for udslip af nanopartikler minimeres ved almindelig

⁴ Se: <http://www.carbonfootprint.com/>

- god laboratoriepraksis samt ved at der kun håndteres ret begrænsede mængder.
9. Projektarbejdet har ikke umiddelbar indflydelse på fremtidig bæredygtighed.
 10. Forskerne argumenterer generelt for forskningen med dels den rent akademiske interesse i nanopartiklerne, dels med de økonomiske og positive miljømæssige perspektiver i forskningen.
 11. Som nævnt ligger nytten i materialerne i at kunne fremstille bedre produkter.
 12. Nanokompositter i sig selv påvirker ikke menneskets værdighed.
 13. Nanokompositter vil under normale forhold kun påvirke Jordens økosystem i meget ringe grad. Udfordringerne ligger i håndteringen af udtjente produkter.
 14. Nanokompositter har potentiale til at forbedre bæredygtigheden af vores industrielle samfund.
 15. Eksisterende producenter af nanokompositter angiver typisk et meget højt niveau af foranstaltninger for at undgå at mennesker eksponeres for nanopartikler samt for at udslip til naturen undgås.

Konklusion

Der er etiske aspekter omkring nanokompositter, det er nødvendigt at overveje.

Minimering af risikoen for human eksponering samt udslip til miljøet er allede i fokus, men overvejelserne fører også frem til at det i forbindelse med kommercialiseringen af materialerne også er vigtigt at sikre en affaldsinfrastruktur som kan håndtere materialerne forsvarligt.

Formålet med forskningen er ud over de rent erkendelsesmæssige at føre til øget velstand gennem reduceret energiforbrug. Risikoen – at spredning af nanopartikler i naturen fører til udrydelse af arter, klimaforandringer, sygdomme etc. er umulig at vurdere omfangsmæssigt.