

Kapitel 1: De datalogiske fags identitet(er) i videnskabernes landskab

Henrik Kragh Sørensen Mikkel Willum Johansen

22. april 2022

Indhold	5
1.1 Datalogiens sjæl	1
1.2 Videnskabens natur	4
1.3 Real- og formalvidenskab, induktion og deduktion	5
1.4 Fag og genstandsområder	8
1.5 Myten om den videnskabelige metode	11
1.6 Den autonome videnskabs nytte	15
1.7 Fra akademisk til post-akademisk videnskab?	18
Litteratur	20

1.1 Datalogiens sjæl

Selvom man har studeret datalogi i flere år, kan det være på sin plads men ikke helt let præcist at afgrænse, hvad der karakteriserer faget og adskiller det fra andre områder af den menneskelige viden. Der er nogle klassiske tilgangsvinkler til et sådant forsøg på at karakterisere feltet: Man kan forsøge at definere datalogien ud fra dens centrale egenskaber (dens natur) og de *objekter*, den behandler. Dette vil typisk være en *filosofisk* tilgangsvinkel, og den kan være både *deskriptiv* (beskrivende) og *normativ* (foreskrivende). Som et delvist alternativ kan man forsøge at indkredse datalogi ved at beskrive dens udøvelse; dvs. de processer, igennem hvilke datalogisk viden skabes, formidles og anvendes. Denne tilgangsvinkel involverer et fokus på relationer mellem mennesker, og den er således i sidste ende *sociologisk*. Endelig kan man forsøge at konkretisere indholdet i datalogi ved at gå til det med en *historisk* tilgangsvinkel, som fokuserer på, hvordan disciplinen har udviklet sig og har udsondret sig selv fra andre felter.

Når man skal afgrænse informationsteknologi og datalogi som felter er det også relevant at overveje, om fagene ligger nærmest ved den akademiske videnskab eller mere er at sammenligne med teknologiske vidensområder. Men for at diskutere dette er det først nødvendigt at nå en foreløbig afgrænsning af selve feltet datalogi og så siden analysere, hvad der karakteriserer videnskab og teknologi for så til sidst at kunne forsøge at positionere datalogien på det spektrum, som udspændes af akademisk og teknologisk videnskab.

De fleste dateringsspørgsmål er for videnskabsteoretikeren især interessante for så vidt, de kan bruges til at finde ind til de kriterier, som forskellige aktører anlægger for at definere

35 det daterede fænomen eller objekt. Hvis vi spørger, hvornår computeren blev opfundet, så kan vi få forskellige svar (dateringer) ud fra, hvad forskellige forskere opfatter som de centrale karakteristika ved computere (se diskussion om *computational artefacts* i Dasgupta, 2016). Tilsvarende kan vi få ganske forskellige dateringer ud fra forskellige indkredsninger af den videnskab, som vi i dag og i Danmark kalder for *datalogi*.

40 Der er dog næppe tvivl om, at der er nogle centrale begivenheder, som er med til at definere datalogiens historie som videnskab og akademisk disciplin. Institutionelt blev datalogi i alle de forskellige instanser indført på universiteterne i perioden efter Anden Verdenskrig. I Danmark skete det i første omgang i to forskellige, men forbundne, kontekster: Regnecentralen og universiteternes matematiske institutter (se Sørensen, 2006). Og på den
 45 internationale scene var det især begivenheder i 1960'erne, der for alvor tegnede nogle af fagets grænser i resten af århundredet. Igennem en af afsøgning af fagets relationer og muligheder kom diskussioner om forholdet til matematik og den såkaldte *softwarekrise* til at sætte dagsordenen for en positionskamp (både indadtil og udadtil) mellem formel grundvidenskab, empirisk videnskab og ingeniørvidenskab.

50 Diskussionerne handlede især om, hvordan man skulle uddanne de flere og flere mennesker, der var nødvendige for at udnytte det stigende antal computere i industrien, forskningen og militæret: Skulle de være videnskabeligt og akademisk uddannede med en bred teoretisk viden, eller var det bedre, at de var certificerede til bestemte praktiske systemer? Problemet var blevet akut i slutningen af 1960'erne, hvor NATO sponsorerede en konference, der skulle udstikke retningslinjer for at afhjælpe den såkaldte *softwarekrise*. Og selvom
 55 konferencen mere viste forskellige veje end fælles fodslag, kom der både begrebet *software engineering* og et meget indflydelsesrigt forslag til et fælles curriculum for akademisk datalogi ud af mødet (Atchison m.fl., 1968).

Men en anden del af diskussionerne om datalogiens identitet i slutningen af 1960'erne handlede om navne. For skulle den nye videnskabs navn fokusere på *computeren*, på *information*, eller på *data*? Og hvad skulle videnskaben overhovedet handle om? Vi har stadig resterne af denne diskussion med os, for den akademiske disciplin, der i Danmark hedder *datalogi*, hedder i den engelsktalende verden typisk *computer science*, mens den fx i Tyskland, Holland og Frankrig typisk involverer begrebet *informatik*.

65 Selv internt i Danmark kan man godt spore forskelle i opfattelsen af, hvordan datalogi skal forankres og bedrives. Selve *computeren* som artefakt ankom til Danmark efter Anden Verdenskrig, og den første danskproducerede computer, *DASK* var operationel i 1957. Regnecentralen, som havde stået for at bygge DASK, fortsatte med at bygge en ny, transistorbaseret computer *GIER*, som var klar i 1961. Regnecentralen var et statsligt foretagende, der også havde til formål at sikre dansk teknologisk kapacitetsopbygning, dvs. det var vigtigt ikke blot at importere fungerende computere men også at opbygge kapacitet til selv at udvikle, bygge og betjene teknologien. Selve navnet GIER siger noget om de vigtigste
 70 aftagere: Det står for *Geodætisk Instituts Elektroniske Regnemaskine*, for geodæterne havde brug for omfattende regnekraft til trianguleringer og andre beregninger. Dette viser, hvordan udviklingen af computere i Danmark hang nært sammen med deres akademiske
 75 aftagere, og det er ikke specielt for Danmark.

I 1966 nedsatte Københavns Universitet et fælles edb-udvalg, som anbefalede oprettelsen af et databehandlingscenter på KU, etableringen af lokale mindre datamaskiner ved enkelte institutter med forbindelse til det fælles datacenter, og etablering af undervisning i datalogi
 80 og en egentlig datalogi-linje. To år senere besluttede man sig for at oprette et professor i datalogi, og allerede ved studiestart 1968 var datalogilinjen oprettet. I 1969 tiltrådte PETER NAUR (1928–2016) som den første professor ved Datalogisk Institut på Københavns

Universitet (stadig forkortet DIKU). DIKU var fra sin oprettelse altså baseret på både uddannelse af dataloger og nært samarbejde med andre faglige miljøer på Københavns Universitet.

85

I Aarhus tog udviklingen af et datalogisk miljø fart i samme periode. Et af Regnecentralens tre decentrale regnecentre (ReCAU) blev fra midten af 1960’erne det lokale centrum, og SVEND BUNDGAARD (1912–1984), som var professor i matematik og tidligere rektor, satsede stort på, at også Aarhus Universitet skulle udbyde en datalogiuddannelse. Derfor sendte han dygtige matematikstuderende med datalogisk interesse til USA for at de kunne få deres ph.d.-grad og vende tilbage til Aarhus. På denne måde blev DAIMI (Datalogisk Afdeling I Matematisk Institut) opbygget til hurtigt at blive landets største datalogiske miljø, især inden for teoretisk datalogi, hvor den nære forbindelse til Matematisk Institut satte sit præg. I 1998 blev DAIMI et selvstændigt institut, og i dag har det skiftet navn til Institut for Datalogi.

90

95

Denne komplekse tilblivelseshistorie — med dens mange forviklinger og lokale afhængigheder — dækker over en iboende egenskab ved datalogi: Det er på en og samme tid et afgrænset vidensdomæne og et fagområde, der rækker ind i og interagerer med rigtig mange andre former for viden. Så det er en svær opgave at indfange datalogiens identitet i en kort definition. Alligevel kan man jo godt prøve.

100

I den hierarkiske organisering af menneskelig viden, som er blevet forsøgt indenfor filosofien, har man typisk karakteriseret de forskellige vidensområder ud fra deres *genstandsfelt* (deres objekter, *ontologi*) og deres *erkendelsesmåde* (*epistemologi*). Et oplagt sted at starte en diskussion af datalogiens *ontologi* og *epistemologi* kunne være ved at slå op i et leksikon som fx *Den Store Danske Encyklopædi*. Først får man en beskrivelse af begrebets historiske ophav og etymologi:

105

Datalogi, (af *data* og *-logi*), videnskaben om data og dataprocesser; opstod efter fremkomsten af den digitale computer i midten af 1940’erne. Ordet datalogi blev indført af professor Peter Naur i 1966 som et alternativ til den amerikanske betegnelse „computer science“, der ikke i samme grad udtrykker, at faget rummer videnskabelige problemer, der rækker ud over den blotte udnyttelse af computeren. (Hansen, 2000, s. 25)

110

Dernæst beskrives datalogiens genstandsfelt og metode og relationen til computeren som redskab:

Datalogiens forskningsobjekt er data, repræsentationer af objekter eller idéer. [...] Datalogien handler således om datastrukturer og dataprocesser samt om karakterisering af sådanne strukturers og processers egenskaber og begrænsninger. Computeren er et centralt redskab i datalogien. Med den kan den datalogiske forsknings hypoteser afprøves i praksis, og megen datalogisk forskning omhandler principper for programmering og metoder til effektiv udnyttelse af computeren. Den vigtigste hjælpedisciplin for datalogien er matematikken; ikke den kontinuerte matematik [...], men diskret matematik. Også logik finder anvendelse i datalogien. (Hansen, 2000, s. 25)

115

120

Endelig placeres datalogien på det figurative landkort over videnskabelige discipliner, som den har mange, tværgående grænseflader med:

125

Datalogiens opgave er at afdække generelle principper for databehandling. Herved kommer datalogien til at interessere sig for mange problemstillinger, der

også kendes i andre discipliner [fx ingeniørfag (automatiske systemer), arkitektur og psykologi (brugsværdi af komplekse systemer), lingvistik (programmeringssprog), bibliotekarvidenskab (lagring og søgning), organisationsteori (store datasystemer)]. Datalogi er således en vidtfavnende tværvidenskabelig disciplin [...]. (Hansen, 2000, s. 25)

Opslaget i *Den Store Danske Encyklopædi* angiver altså datalogiens objekter til at være *data* i form af *datastrukturer* og *dataprocesser*, det beskriver computeren som et *redskab* og hævder, at datalogien undersøger *hypoteser* og trækker på *diskret matematik* som sin vigtigste hjælpedisiplin. Og ikke mindst fremhæver opslaget datalogiens *tværvidenskabelige* natur, idet faget trækker på og bidrager til mange andre vidensfelter.

1.2 Videnskabens natur

Selvom det kan synes uoverstigeligt udfordrende, kan man godt forsøge at karakterisere videnskab og opstille kriterier, der kan afgøre om givne påstande er videnskabelige eller ej. Ligesom i så mange andre situationer i videnskabsteorien kan man gå til værks på forskellig vis. Man kan søge at beskrive 1. karakteristika ved *videnskabelig viden*, 2. normer for et *videnskabeligt etos*, 3. beskrivelse af *videnskabelig praksis*, eller 4. idealer for *demokratisk videnskab*. Disse fire former vil blive kort behandlet i det følgende. For at komme nærmere en afgrænsning af begrebet videnskab, kunne man igen ty til *Den Store Danske Encyklopædi*, hvor man så ville få at vide, at videnskab er en „almen betegnelse for systematiske metoder til at frembringe, ordne og udbrede viden og kunnen samt resultaterne af denne aktivitet og de organisationsformer og administrative enheder (som fag og discipliner), hvorunder den foregår“ (Kragh, 2001, s. 139). Denne betegnelse er nødvendigvis meget bred, men man kan komme lidt tættere på ved at forsøge at afgrænse, hvad der udgør *videnskabelig viden*. Man kan spørge, hvad der er specielt ved videnskab og adskiller *videnskabelig viden* fra andre slags viden. Nogle blandt de mange forslag til en sådan definition er listet her baseret på (Kragh, 2003, s. 148–150):

1. Videnskab er en forfinelse af dagliglivets erfaringer.
2. Videnskab er teoretisk, i modsætning til praktisk viden.
3. Videnskab resulterer i udsagn, der er matematisk formulerede og hævdes at være universelt gyldige.
4. Videnskab er givet ved bestemte metoder og procedurer, fx eksperimenter.
5. Videnskab giver objektiv viden via sociale mekanismer til sikring af dens offentlige karakter.
6. Videnskab resulterer i offentlig tilgængelig viden i form af bøger og artikler.
7. Videnskab er, hvad videnskabsmænd laver.

Hver af disse definitioner indfanger væsentlige aspekter af videnskabens natur — men ingen af dem tåler at blive ophævet til almengyldige karakteriseringer af, hvad videnskab er. Nogle af dem er *tilstrækkelige* men ikke *nødvendige* betingelser, og for andre iblandt dem

forholder det sig omvendt. Nogle af dem udspringer — ligesom en stor del af videnskabsteorien — fra særlige dele af de fysiske videnskaber, og mange af dem passer overhovedet ikke på fx humaniora, samfundsvidenskab eller matematik.

I erkendelse af disse definitioners begrænsninger tilbyder videnskabshistorikeren og videnskabsteoretikeren HELGE KRAGH en definition, som fokuserer på fire egenskaber ved den viden, som videnskaben producerer: 170

Videnskab er en intellektuel og social proces, der stræber mod, og rent faktisk resulterer i, en form for viden, som er karakteriseret ved at være (i) *offentlig*, (ii) *fejlbart*, (iii) *korrigierbar* og (iv) *testbar*. (Kragh, 2003, s. 150)

At den videnskabelige viden skal være *offentlig* skal forstås sådan, at den videnskabelige viden ikke er af privat karakter, men skal kunne forstås og vurderes af kvalificerede medlemmer af det videnskabelige samfund. Disse kolleger skal så på grundlag af den fremstillede viden kunne nå til de samme konklusioner, hvorved der opstår *konsensus* om den videnskabelige viden. Konsensus er således et sociologisk fænomen, som ikke i sig selv implicerer hverken objektivitet eller sandhed. 175 180

Når KRAGH insisterer på, at videnskabelig viden skal være *fejlbart*, så er det vigtigt at understrege, at dermed menes *ikke*, at videnskabelig viden er fejlagtig, kun at den (altid) vil og skal være *potentielt forkert*. Videnskabelig viden er ikke på forhånd garanteret sandhed, og den videnskabelige viden vil ofte være ufuldstændig og forbundet med usikkerheder. Videnskabelig viden må altså ifølge denne definition ikke være dogmatisk. Som det skal diskuteres i et senere afsnit (1.3) møder dette punkt nogle særlige udfordringer for matematik og — dermed — dele af datalogien. 185

Det videnskabelige samfund skal have mulighed for — via institutionelle strukturer — at efterprøve og kritisere den frembragte viden. Dette er indholdet af KRAGHS bemærkninger om, at videnskabelig viden kan *korrigeres* og *efterprøves*. Det skal være muligt *systematisk og kritisk* at afprøve videnskabelige påstande, hvilket kun er meningsfyldt, hvis påstandene kan være fejlagtige. Derfor hænger de sidste tre dele af KRAGHS definition nært sammen. 190

1.3 Real- og formalvidenskab, induktion og deduktion

Når man ønsker at karakterisere videnskab og videnskabelig viden, kan man altså stille en række forskellige spørgsmål, som hverisær bidrager til besvarelsen: 195

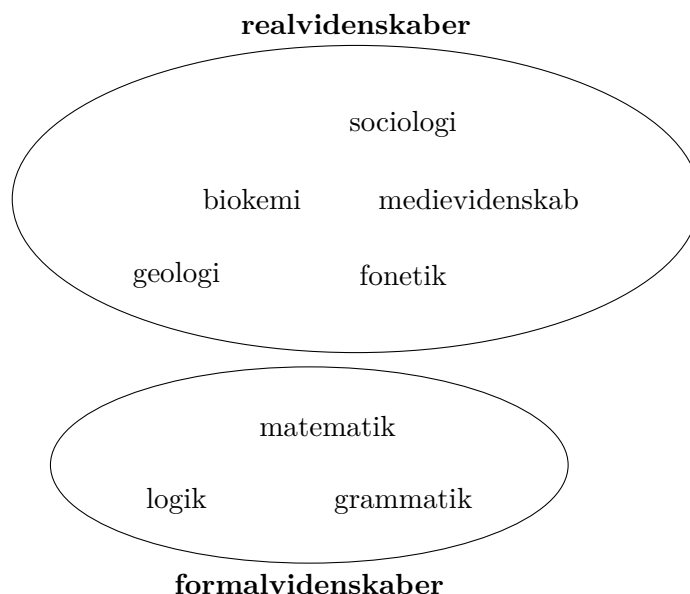
1. Hvad er (karakteriserer) videnskabelig viden?
2. Hvordan opnår man videnskabelig viden?
3. Hvordan udvikler videnskabelig viden sig?

Men mere grundliggende kan man også spørge om, hvilket forhold vores viden har til den 'virkelighed', den er viden om. Her er virkeligheden sat i anførselstegn, for i sidste ende handler dette spørgsmål *også* om, hvad vi betragter som videnskabens *genstandsfelt*. I astronomi vil genstandsfeltet nok være himmellegemer, der eksisterer uafhængigt af vores viden om dem, og hvis bevægelser vi heller ikke kan påvirke med vores viden. Anderledes forholder det sig om fx socialvidenskaberne, hvor man fx studerer økonomiske udviklinger, som man selv i kraft af at være borger er del af, og hvorpå ens viden kan have indflydelse. I store områder af humanvidenskaberne kan man hævde, at viden er meget mere fortolkende 200 205

på en måde, der selvom den er underlagt metodiske normer, er afhængig af det fortolkende subjekt. I den yderste ende af spektret ligger måske matematik, hvis man opfatter det fag som studiet af konsekvenserne af arbitrært postulerede antagelser, for så er der ikke rigtig
 210 noget genstandsfelt, som eksisterer uafhængigt af os, og samtidig kunne det se ud til, at alt, hvad vi kan vide, er bygget ind i antagelserne.

Denne korte opremsning antyder, at der er meget mere at sige om relationen mellem genstandsfeltet og vores viden derom: For det første kan man spørge til, hvordan man kan karakterisere vores genstandsfelt og vores adgang til at have viden om det. Og for det andet
 215 kan man spørge, hvorvidt genstandsfeltet og vores viden derom kan siges at være *objektiv*.

En af måderne at få hold på genstandsfeltet kan være at skelne mellem, om det er et reelt eksisterende udsnit af en virkelighed uafhængig af vores undersøgelse, eller det er et formelt introduceret genstandsfelt, som vi har introdueret for at studere det. I den første situation taler man tit om *realvidenskaber*, dvs. videnskaber som fysik, historie, økonomi,
 220 medicin etc., som handler om fænomener i en virkelighed, der foreligger uafhængigt af vores viden om den (se figur 1). Bemærk, at der ikke er tale om, at virkeligheden eksisterer strengt uafhængigt af os — den historiske virkelighed, som er defineret ved overleverede levn, ville nok ikke kunne siges at være strengt uafhængig af menneskers eksistens, og medicin vil-
 225 le da i hvert fald ikke. Men de er begge realvidenskaber, fordi videnskaben i disse felter studerer fænomener, der er eksterne for videnskaben selv. I realvidenskaberne vil vi typisk opbygge viden ved at indsamle og systematisere informationer (data), fremsætte hypoteser om, hvordan data hænger sammen, og forsøge at opbygge evidens for vores påstande ved fx at udføre eksperimenter. Vores vidensproduktion er altså erfaringsbaseret, hvorfor vi siger om realvidenskab, at det er *aposteriori viden*, dvs. viden, som er afhængig af erfaring. Og
 230 den er i høj grad *induktiv*, idet vi slutter fra partikulære tilfælde til generelle lovmæssigheder, og selvom vi kan stræbe efter at blive mere præcise og dækkende, kan vi af princip *aldrig* opnå absolut sikkerhed: Vores viden vil altid være foreløbig, sådan som KRAGH også understregede ovenfor.



Figur 1: Videnskaber inddelt efter det skellet mellem real- og formalvidenskaber.

Inden for andre felter, som fx matematik, kan man sige, at det genstandsfelt, vi stu- 235
derer, er et, vi selv har skabt og kender fuldstændigt ud fra de (eksplicitte) antagelser, vi
har opstillet om det. En sådan videnskab kan man kalde for en *formalvidenskab*, og de er
karakteriseret ved, at vi i en formalvidenskab studerer et genstandsfelt, som vi har fuldstæ-
digt og formelt kendskab til (se igen figur 1). Derved er ikke sagt, at vi på forhånd kender 240
alle konsekvenserne af vores antagelser, men i og med at vi arbejder *deduktivt*, dvs. slutter
logisk fra det generelle til det partikulære, er vores opdagelser højst overraskende som et
psykologisk fænomen. I matematikken, som er indbegrebet af formalvidenskab, kan vi *bevise*
påstande med *absolut sikkerhed*, dvs. vi kan — fordi vi selv har opsat spillereglerne — opnår
absolut nødvendige eller tilstrækkelige betingelser, udelukkende ved logisk ræsonneren. Og
fordi denne ræsonneren kan foregå inde i matematikerens hoved, siger vi, at den er *a priori*, 245
dvs. kommer forud for erfaringen. Hvorvidt al matematisk viden er indeholdt i aksiomerne
(antagelserne) og matematikken derfor er *tautologisk* er en stor filosofisk og matematisk
diskussion (se Johansen og Sørensen, 2014), som i begyndelsen af 1900-tallet fik en direkte
forbindelse til det, vi i dag kalder datalogi (se kap. 3). Men foreløbigt kan vi notere, at *hvis*
matematikken (og teoretisk datalogi) virkelig var tautologiske, ville de ikke opfylde kravet 250
om fejlbarlighed i KRAGHS karakterisering ovenfor.

For de fleste naturvidenskaber findes der en rimelig klar afgrænsning mellem den stude-
rede virkelighed og den viden, vi har om den, og som vi rettelig kan opfatte som en teori eller
en model. Naturvidenskaber som fysik og biologi er baseret på, at de studerede processer 255
er uafhængige af, at vi studerer dem. Og selv når vi udmærket ved, at et eksperiment er en
kontrolleret og idealiseret manipulation af naturen, så gør vi os umage for, at eksperimentet
kan genskabes og valideres af andre (således at det kan siges at være *inter-subjektivt*).

På tilsvarende vis kan man identificere dele af datalogien, som kan siges at handle om
udsnit af virkeligheder, der eksisterer uanset, om vi studerer dem eller ej. Det kan være
algoritmer til at løse abstrakte grafteoretiske problemer, eller det kan være simuleringer 260
af proteins foldninger. Både graferne og proteinerne kan siges at eksistere uanset, om vi
datalogisk studerer dem eller ej (graferne er jo et matematisk objekt, så de kan siges at
eksistere i en formel virkelighed).

Men når vi laver datalogiske undersøgelser og bygger datalogiske systemer til brug i
samfundet, så er vi ikke længere i denne situation. Som vi skal se nærmere på i kapitel 2, 265
så vil sådanne systemer typisk *påvirke* den virkelighed, de er sat til at modellere. På den
måde flyder grænserne mellem model og virkelighed lidt væk, og vi skal være klar over, at
vores modeller ikke længere har rent *beskrivende* karakter, men også er blevet *regulerende*
dele af virkeligheden.

deskriptiv normativ	beskrivende foreskrivende, præskriptiv
a priori aposteriori	viden, der er uafhængig af (går forud for) erfaringen viden, der er afhængig af erfaringen
induktion deduktion	slutning fra det specifikke (partikulære) til det generelle slutning fra det generelle til det specifikke
realvidenskab	videnskab, der handler om en ekstern virkelighed, som kan være fysisk, social, ...
formalvidenskab	videnskab, der handler om formelle systemer postuleret af os
objektiv subjektiv inter-subjektiv	gældende uafhængig af hvem, der hævder det gældende betinget af visse elementer af min bevidsthed kommunikerbar mellem subjekter
epistemologi	læren om, hvordan vi opnår erkendelse og hvilken form, den erkendelse har
ontologi	læren om 'det værende', bl.a. læren om genstandsfeltet for vores erkendelse

Figur 2: Centrale videnskabsteoretiske begrebspår (modsætninger).

1.4 Fag og genstandsområder

Filosoffen HANS FINK har beskrevet det moderne universitet ved hjælp af fem principper, der udgør selve kernen i universitetsbegrebet (Fink, 2003a, s. 11–12). Mange af disse idealer går tilbage til romantiske ideer formuleret af WILHELM VON HUMBOLDT (1767–1835) for 200 år siden (Humboldt, 2007):

- Der består en *tæt forbindelse mellem forskning og uddannelse*, hvilket konkret har været implementeret ved, at det er forskere, der underviser, og at undervisningen følger nogle af de samme processer, som forskningen gør.
- Forskerne har metodologisk og emnemæssig *forskningsfrihed* i den forstand, at forskningen ikke bør være begrænset eller styret.
- Tilsvarende har underviserne *undervisningsfrihed* i forhold til valg af indhold og undervisningsmetode.
- Som organisation har universitetet *selvstyre* og fremstår som en autonom del af samfundet. Det har tidligere betydet, at studerende var borgere ved universitetet frem for i den by, hvor universitetet lå.
- Universitetet er netop 'universelt' både i den forstand, at det er internationalt, men især at det ligger i universitets ideal at fremme *videnskabens enhed*.

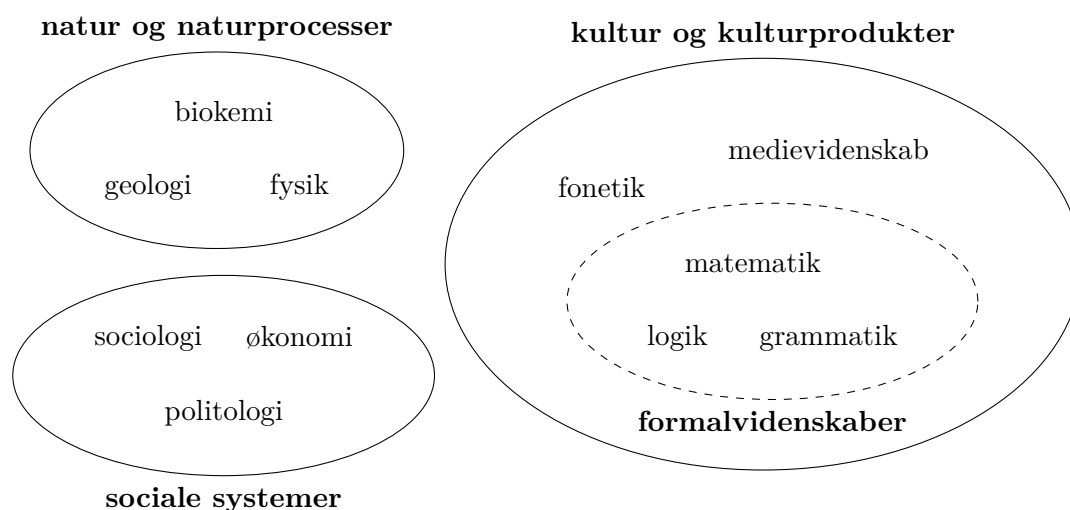
Disse idealer er ikke nemme — og måske endda ikke mulige — at kombinere i praksis. Og i forskellige konkrete situationer er de blevet vægtet og implementeret forskelligt. Og siden

FINK beskrev principperne i 2003 har flere af dem været oppe til diskussion, og nogle af dem har fundet nye former; det skal vi se yderligere på i kommende afsnit. 290

Men inden vi kommer til at diskutere det, er der et element af videnskabernes organisering ved et universitet. Som FINK så fint beskriver det, er *fag* noget, der står 'ved siden af hinanden' men er 'forbundet' — som fagene i et bindingsværkshus (Fink, 2003b, s. 194–195). Og på universiteterne er fagene typisk organiseret i *fakulteter* for fx naturvidenskab, medicin, jura, humaniora, samfundsvidenskab eller teologi. Nogle universiteter har fakulteter, der dækker alle disse traditionelle områder, og nogle har endda også fx teknologiske fakulteter, mens andre er mindre og mere specialiserede. 295

Der er gjort mange forsøg på at beskrive fagenes metoder ud fra de fakulteter, de traditionelt hører under, således at man har forsøgt at indkredse en 'naturvidenskabelig' metode, som skulle karakterisere fx fysik og biologi. Men dels er der meget store metodeforskelle internt i fakulteterne, dels er der fag, der ikke let kan indplaceres i en enkelt metode. Så derfor er de fleste karakteriseringer af metodologiske og videnskabsteoretiske forskelle i videnskaberne oftest ikke godt tjent med at blive ført på niveau af fakulteter. 300

Omvendt *er* der jo også forskelle mellem de metoder, fagene på et universitet benytter. Men i stedet for at føre en for generel diskussion om metoder, er det mere frugtbart først at skelne mellem de forskellige *genstandsfelter*, som forskellige fag og discipliner beskæftiger sig med. Dertil giver det overordnet mening at skelne mellem videnskaber, der handler om 1. *natur* og *naturprocesser*, dvs. fænomener som eksisterer helt uafhængigt af mennesker, 2. *kultur* og *kulturprodukter*, dvs. artefakter som mennesker har frembragt, og 3. *sociale systemer*, dvs. systemer og emergente fænomener som opstår, når (mange) mennesker organiserer sig (se figur 3). I følge den definition af formalvidenskab, som vi har diskuteret ovenfor, vil det være naturligt at opfatte fx matematik og grammatik som kulturprodukter, og denne inddeling efter genstandsfelt løber på mange måder på tværs af opdelingen i real- og formalvidenskab. Hvor skellet mellem real- og formalvidenskaber var godt til at analysere principielle forskelle sikkerheden af den form for viden, de hverisær producerer, så kan dette skel efter genstandsfelter sætte mere fokus på de forskellige metoder, der kan bringes i anvendelse. 305 310 315



Figur 3: Videnskaber inddelt efter genstandsfelt.

320 De datalogiske fag er ikke helt lette at indplacere entydigt efter deres genstandsfelt: selvfølgelig er computeren et kulturprodukt, og information er helt generelt betinget af sociale systemer, og datalogi bliver ofte brugt i samspil med andre videnskaber til at udforske naturen. Men nu kan vi benytte denne opdeling efter genstandsfelt til at analysere forskelle i de metoder, vi benytter inden for de datalogiske fag. Vi har ofte brug for matematiske
 325 beviser eller noget, der minder om naturvidenskabelige eksperimenter, men vi har også brug for at kunne få adgang til viden om fx brugeradfærd, som i høj grad er betinget af sociologiske metoder som interviews eller spørgeskemaundersøgelser.

Hele det felt, der undersøger interaktioner mellem mennesker og computere (*HCI* for *human-computer-interaction*) benytter sig i høj grad af sociologiske og antropologiske me-
 330 toder. Hvis vi fx er interesseret i at udvikle software til bestemte arbejdsgange i en virksomhed, vil det være naturligt at undersøge disse arbejdsgange igennem observationer eller interviews med centrale medarbejdere. Men vi kan også forsøge at anstille forskellige eksperimenter, som kan give os kvantitativ viden om fx brugergrænseflader ved at sætte sensorer på nogle forsøgspersoner og måle deres øjenbevægelser eller reaktionstider.

335 Inden for sociologien og tilgrænsende videnskaber skelner man ofte mellem 1. *kvalitative metoder* som interviews og observationer og 2. *kvantitative metoder* som fx spørgeskemaundersøgelser. Dette skel peger både på et metodologisk valg og en tilhørende videnskabsteoretisk forskel.

Kvantitative metoder er, som navnet antyder, karakteriseret ved, at vi tæller og sætter tal
 340 på vores undersøgelsesobjekter med henblik på at kunne underkaste vores data en systematisk, statistisk analyse. Den slags metoder er afhængige af, at man kan få en tilstrækkelig stor og repræsentativ dækning af det felt, man ønsker at undersøge, for at de statistiske analyser kan give pålidelig viden. Til gengæld er undersøgelserne tit forholdsvis nemme at analysere (statistisk), og de kan forholdsvis nemt gentages under lignende forhold, selvom
 345 der er dybe epistemologiske udfordringer forbundet med denne påstand. For eksempel kan spørgeskemaundersøgelser jo påvirke de respondenter, man har spurgt, således at det ikke giver mening at spørge dem eller deres bekendte igen (man taler om, at man kan forurene en population). En endnu mere fundamental videnskabsteoretisk udfordring ved *kvantitative metoder* er, at man ikke som forsker har nogen indbygget mulighed for at vurdere,
 350 hvorvidt ens forventningshorisont, som jo har været brugt til at formulere spørgsmålene, er nogenlunde passende i forhold til respondenternes for forståelser. Derfor kan man risikere at få svar på andre forståelser af spørgsmålene end dem, man havde til hensigt.

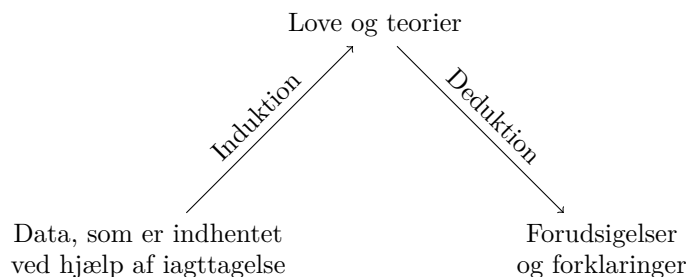
For at få adgang til de verdensbilleder, som personer i undersøgelsesfeltet har, er *kvalitative metoder* typisk en bedre vej at gå. Man kan fx afholde strukturerede interviews,
 355 observere praksis eller benytte fokusgrupper, og for alle disse metoder gælder, at data ikke er kvantitative, men har form af fx videooptagelser, feltnoter eller transkriberede interviews. Derfor er analysen af disse data også anderledes og ganske tidskrævende. Men den omfatter også videnskabsteoretiske udfordringer, som igen blandt andet handler om mødet mellem forskerens og subjektets verdenssyn: Enhver kvalitativ undersøgelse involverer også forskerens egne for forståelser, og det er vigtigt at være sig dem bevidst, så man kan skelne mellem
 360 ens egen og subjektets forståelse og følge op på områder, hvor der kan være nuanceforskelle eller direkte modsætninger. Hvor *kvantitative metoder* er rettet mod store populationer, der kan opnå repræsentativitet igennem størrelse og diversitet, er *kvalitative metoder* betinget af små populationer, og de skal derfor oftest bruges enten eksplorativt eller eksemplarisk.
 365 Denne sidste observation bringer os til at se, at sociologiske metoder både er forskellige fra traditionelle metoder inden for fx naturvidenskab, men også at de nogle gange stræber efter at opnå de samme værdier som generalitet og reproducerbarhed. Men måske er det forfejlet

at stile efter sådanne normer og mere passende at stræbe efter validitet i form af opfyldelse af KRAGHS fire kriterier for videnskabelig viden.

1.5 Myten om den videnskabelige metode

I løbet af 1900-tallet blev der gjort forskellige forsøg på at beskrive *den videnskabelige metode* og benytte denne metodoliske afgrænsning til at karakterisere videnskabelig viden. Denne tilgang er idag blevet ret udsældt, ikke mindst fordi den tog udgangspunkt i et ret snævert afgrænset syn på videnskabelig metode, som i bedste fald fandt anvendelse inden for visse dele af de fysiske naturvidenskaber. Men alligevel indeholder denne form for tilgang nogle vigtige ideer omkring, hvordan vi kan nå til videnskabelig erkendelse, og hvori denne erkendelses begrænsninger ligger.

En af de mest tillokkende videnskabsteoretiske positioner i begyndelsen af 1900-tallet var den såkaldte *logiske positivisme*, der især blev formuleret af en gruppe filosoffer og videnskabsmænd med tilhørsforhold til Wien omkring 1920 — deraf er gruppen kendt som *Wienerkredsen*, og en af dens fremmeste fortalere var filosofen RUDOLF CARNAP (1891–1970). Ligesom så mange andre filosofiske overvejelser over videnskaberne siden 1600-tallet, var udgangspunktet for de logiske positivister at forklare, hvordan mennesker kan opnå generel viden (teorier) ud fra partikulære observationer. Vi har jo kun set solen stå op et endeligt antal gange, men vi ønsker alligevel at kunne formulere og forsvare som en lovæssighed, at solen også står op i morgen tidlig. Deres løsning var at insistere på, at de eneste udsagn om verden, der kan have en egentlig sandhedsværdi er så helt atomare observationelle udsagn af typen: „person NN observerde søndag 19. april 2020, at solen stod op over København kl. 05.52“. Denne slags viden er ikke i sig selv ret interessant, men de logiske positivister hævdede, at den var *interesseløs*, dvs. en ren iagttagelse uden nogen indgriben eller indblanding fra observatøren. Ud fra indsamling af store mængder af sådanne iagttagelser ville de så foretage en *induktiv slutning* til nogle lovæssigheder og teorier, der omfattede de gjorde iagttagelser (se figur 4). Denne induktive proces er selvfølgelig kritisk i vores erkendelse, og de logiske positivister mente, at den kunne foretages entydigt ud fra givne data — eller i hvert fald at den kunne underkastes krav om simplicitet, der sikrede dens gyldighed. På den måde ville vi have opnået teorier om, hvordan verden *faktisk er*, og derudfra kunne man *deduktivt* slutte sig frem til forudsigelser og forklaringer af fremtidige og kendte fænomener ud fra, at de faldt under en given teori.



Figur 4: Skematisk oversigt over erkendelsesprocessen ifølge logisk positivisme; baseret på Chalmers (1995, s. 34).

Den logiske positivisme løb igennem 1900-tallet ind i en række uoverstigelige problemer, hvoraf de to vigtigste i denne sammenhæng er: 1. *induktionsproblemet*, som ikke gik væk,

og 2. umuligheden af at have rå, teoriløse data. Disse to problemer skal vi behandle lidt mere indgående, fordi de vender tilbage, når vi i kapitel 6 skal diskutere *machine learning* som et potentielt nyt videnskabsteoretisk paradigme.

Induktionsproblemer ligger faktisk allerede til grund for selve udfordringen om at ville generalisere fra et endeligt antal observationer til en generel lovmæssighed. Problemet, som også kaldes for *Humes problem* efter den skotske oplysningsfilosof DAVID HUME (1711–1776), påpeger netop, at den form for induktiv slutning fra fortiden til fremtiden er betinget af en antagelse om universalitet, således at de samme lovmæssigheder gælder altid. Og det lyder jo meget plausibelt, men vores eneste begrundelse for denne antagelse er selv, at den har virket i fortiden, så hvis vi vil slutte, at det også gælder i fremtiden er det netop en induktion af den type, princippet netop skulle være løsningen på. På spørgsmålet „Hvordan ved du, at solen står op i morgen tidlig?“ kunne du have lyst til at svare, at det siger teorien at den gør ud fra, at det har den gjort hver morgen indtil nu. Når jeg så spørger dig, hvorfor du har lov til at slutte fra fortiden til fremtiden, kan du ikke svare noget meget bedre, end at det har hidtil vist sig at være en acceptabel og pålidelig praksis. Derfor har vi at gøre med en såkaldt *regres*, dvs. en uendelig gentagen afhængighed, som vi ikke kan finde uafhængig grund under. Og selvom de logiske positivister forsøgte, så er denne indvending ikke blevet løst af slutningsformen i figur 4. For hvis vi vil sikre os, at vores induktioner fra tidligere observationer også har relevans i morgen, så kan vi jo netop ikke referere til lovmæssigheder, der selv er begrundet i denne form for permanens, uden at ende i en regress.

Den anden vigtige udfordring for de logiske positivister handler om muligheden af at have ’rå, teori- og interesseløse data’. Ideen om, at jeg stiller mig op og foretager en observation af fx solopgangen over København, og at denne observation derefter er ubetvivlelig er meget tilløkkende. Jeg kunne selvfølgelig lyve om min observation, men det ville så blive opdaget, når der indløb mange andre, afvigende observationer fra andre, mere sanddruelige mennesker. Men selve ideen er, som senere filosoffer påpegede, problematisk, fordi vi slet ikke kan lave iagttagelser uden at have foretaget valg. Forestil dig, at jeg giver dig en blyant i hånden og bare kommanderer: „Iagttag!“ Hvad ville du begynde at skrive ned? Hvad ville være vigtigt? Hvad ville du filtrere fra? På samme måde, blev det påpeget, kan man ikke foretage observationer uden at have en forventningshorisont, og sådan en er i sig selv givet af ens teorier og hypoteser om, hvad der vil komme til at ske. På den vis findes der slet ikke „rå“ data, og den generalitet, som de logiske positivister kunne uddrage af deres objektive iagttagelsesdata viste sig at være en illusion.

En af de vigtigste reaktioner på den logiske positivisme blev formuleret af filosofen KARL POPPER (1902–1994), der også stod bag en del af kritikken af den tidligere position. Centralt for POPPER stod, at det ligesom var ’for nemt’ at producere sande videnskabelige udsagn, hvis de kun skulle omfatte de kendte iagttagelser (Popper, 1996). Hele den videnskabelige proces burde, mente han, være meget mere modig og ekspansiv: Det galdt om at forstå mere, og derfor måtte man tage mere fejl, for vi lærer igennem vores fejl, ifølge POPPER.

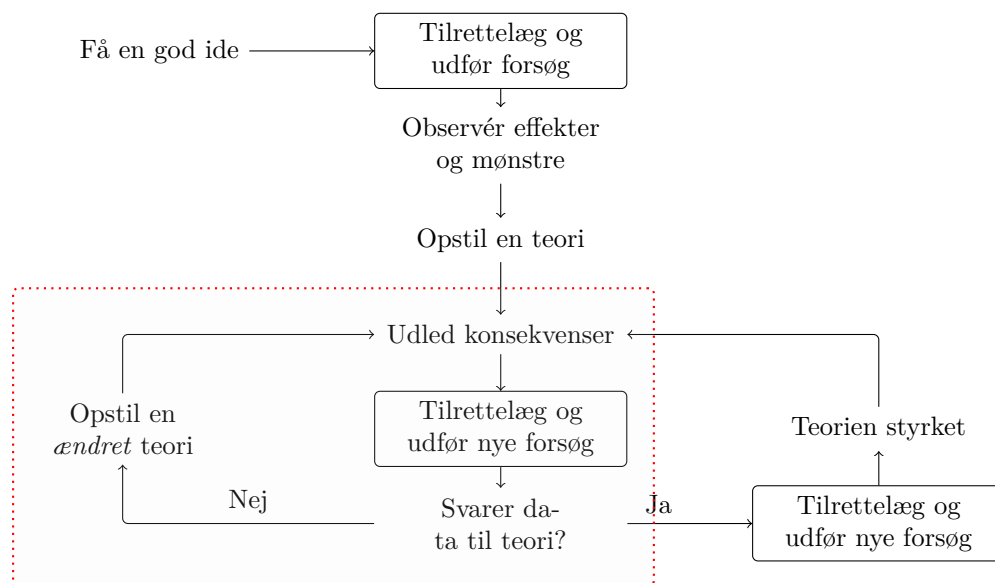
POPPER formulerede derfor en videnskabelig metode baseret på *falsifikation* i stedet for de logiske positivisters *verifikationsisme*: Pointen skulle være at formulere interessante udsagn og ihærdigt forsøge at modbevise (gendrive, falsificere) dem.

For at denne proces skal kunne virke, må man først igennem en heuristisk fase, hvor forskellige muligheder åbent afsøges, inden man kan få en god ide om, hvad man ønsker at undersøge (se figur 5). Derefter følger en foreløbig undersøgelse, hvor der udføres nogle forsøg med henblik på at opstille en teori eller *hypotese*, hvis gyldighed rækker ud over de allerede foretagne forsøg. Denne heuristiske del, frem til formuleringen af den første hypotese, er ikke noget, POPPER beskrev i stor detaljer, og man har senere diskuteret, hvori denne del

af videnskaben egentlig består.

Den centrale del af POPPERS metode, som kaldes den *hypotetisk deduktive metode*, foregår i den nederste halvdel af figur 5 og starter, når vi har opstillet en hypotese eller teori. Ud fra vores formodning, som skal være *modig* (eng: „bold conjecture“) i den forstand, at det skal være *muligt* og måske endda *sandsynligt* at gendrive den, skal vi udlede *testbare* konsekvenser. Det vil sige, at vores formodning ikke i sig selv skal kunne undersøges empirisk, men den skal have nogle konsekvenser, som vi kan afprøve om holder eller ej. Når vi så tilrettelægger og udfører forsøg for at teste de udledte konsekvenser, kan der jo ske en af to ting: Enten svarer vores nye data til vores teori/hypotese, eller også gør de ikke. Det mest interessante for POPPER er, når data *ikke* stemmer med hypotesen, for så har vi *falsificeret* de udledte konsekvenser og dermed også selve hypotesen, og dermed har vi lært noget nyt om, hvordan virkeligheden *ikke* er indrettet. Skulle det ske, at vores data ikke gendriver hypotesen, så bliver vores tillid til hypotesen *bestyrket*, men det er afgørende for POPPER, at vi *aldrig* kan komme til at *bevise* vores hypotese: Vores viden er altid foreløbig, og den bedste viden, vi har, er den, der er blevet udsat for de mest ihærdige forsøg på gendrivelse uden held.

Det er afgørende for POPPERS metode, at der findes en fast 'virkelighed', som vi kan spørge til råds igennem test, når vi forsøger at gendrive vores hypotese. Denne eksterne virkelighed kan være svær at indfange i fx socialvidenskaberne, men POPPERS hypotetisk-deduktive metode er alligevel ofte og fejlagtigt fremhævet som *den* (natur)videnskabelige metode. Ofte, fordi den er relativt let at forstå og tilsyneladende en god forklaring af vores videnskabelige videns validitet og videnskabens idealiserede metode, og fejlagtigt, fordi den ikke svarer ret godt til moderne videnskabelig praksis, hvor adskillelsen af hypotese og test ikke er så simpel, og hvor andre metoder som simulering og eksplorativ experimentation spiller stadig større roller (Andersen og Hepburn, 2016).



Figur 5: Skematisk fremstilling af POPPERS hypotetisk-deduktive metode.

Men også internt har POPPERS metode nogle ret grumme filosofiske udfordringer, hvoraf særligt to er vigtige i vores sammenhæng, og de handler begge om den afgørende afprøvning af en hypotese i en test, der kan give et af to mulige svar, og rammer altså den røde

firkant i figur 5: 1. Hvis vi er i færd med helt ny erkendelse, er det ikke nemt at afgøre, hvornår et forsøg er udført korrekt uden at kende det korrekte svar — denne udfordring kaldes *experimenters' regress*. 2. Hvis vi ønsker at teste en hypotese, så gør vi det aldrig i isolation, så hvilken hypotese er det faktisk, vi har falsificeret — denne udfordring kaldes *Duhem-Quine-tesen* efter fysikeren PIERRE DUHEM (1861–1916) og filosofen WILLARD QUINE (1908–2000).

Experimenters' regress er endnu et eksempel på et filosofisk argument, som kræver en form for privilegeret standpunkt for ikke at spiralere ud af kontrol i en uendelig, ond cirkel. For hvis vi nu befinder os på virkelig ny grund og skal afprøve en hypotese ved at teste en af dens konsekvenser, så skal vi jo vide, at vores apparatur og eksperiment er korrekt for at vide, om vi kan stole på vores test, eller der har sneget sig en fejl ind i apparaturet eller udførelsen. Men hvordan ved vi, at et nyt apparatur er korrekt, hvis det, det skal måle, er noget, vi ikke ved noget om i forvejen? Så på den måde bliver vores viden om apparaturets korrekthed og vores viden om det observerede fænomen vævet godt og grundigt sammen. Denne regres blev påpeget af videnskabssociologerne HARRY COLLINS og TREVOR PINCH (Collins og Pinch, 2003) baseret på en analyse af bestræbelserne på at detektere tyngdebølger. Deres analyse mandede ud i, at regressen ikke kunne ophæves uden inddragelse af ekstra-videnskabelige, særligt sociale, argumenter om fx anerkendelse og prestige.

Udfordringen fra DUHEM og QUINE stammer fra, at de påpeger, at man jo aldrig tester en enkelt hypotese i isolation, men at enhver teori gør brug af et helt netværk af andre hypoteser. Så det, vi faktisk udsætter for den centrale afprøvning i POPPERS model er aldrig en enkelt, isoleret hypotese H_0 , men en holistisk teori bestående af mange baggrundsantagelser A_1, \dots, A_n . Og hvis den så bliver falsificeret af vores forsøg, så har vi altså i matematisk notation

$$\neg(H_0 \wedge A_1 \wedge \dots \wedge A_n),$$

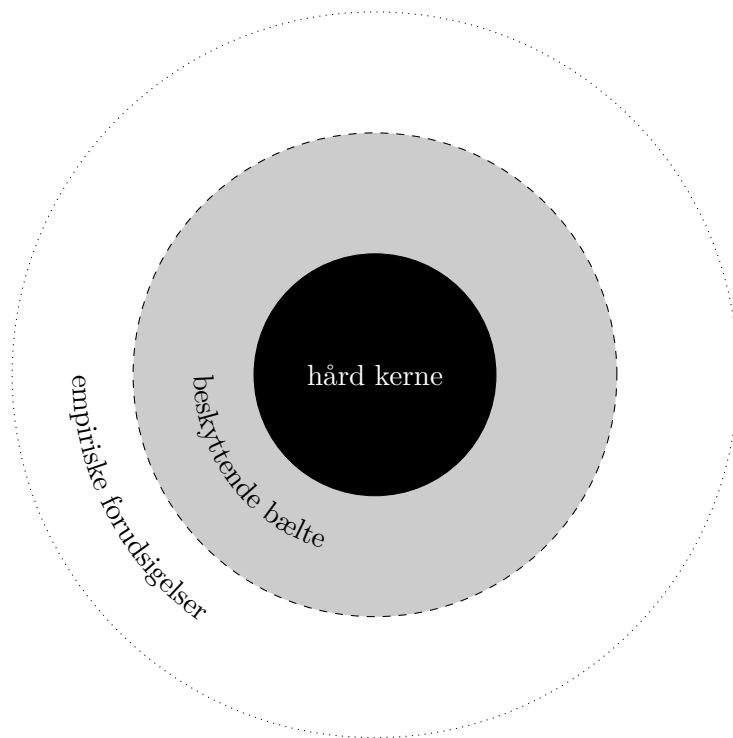
hvor \neg betegner negation og \wedge betegner konjunktion (logisk 'and'). Og ud fra dette følger det logisk, at

$$(\neg H_0) \vee (\neg A_1) \vee \dots \vee (\neg A_k),$$

hvor \vee betegner disjunktion (logisk 'or'). Så rent logisk kan vi ikke sige, at det er H_0 , vi har gendrevet, og påstanden i *Duhem-Quine-tesen* er faktisk, at det er muligt at tilføje ad-hoc-antagelser, sådan at gendrivelsen ligger i en vilkårlig antagelse i netværket. Med dette holistiske syn på teorier og deres afprøvning, punkterede DUHEM og QUINE selve den centrale hypotese-test i POPPERS metode, og samtidig pegede de på en af de vigtige mekanismer, som POPPER manglede at gøre rede for, nemlig hvad man stiller op, når ens teori er blevet gendrevet. I sin yderste konsekvens ville POPPER skulle starte forfra, men det virker jo hverken særligt effektivt eller intuitivt.

Et af det første gode forsøg på at løse denne udfordring blev givet af POPPERS elev IMRE LAKATOS (1922–1974), som formulerede den i termer af *videnskabelige forskningsprogrammer*. Ifølge LAKATOS skal man ikke se hypoteserne og teorierne i isolation, men som dele af forskningsprogrammer, der indeholder en *hård kerne* af de forudsætninger, vi ikke er villige til lade gendrive, et beskyttende bælte omkring, hvor vi kan lave mindre justeringer, og et bælte af empiriske forudsigelser udenom igen (se figur 6). På den måde isolerede LAKATOS den hårde kerne fra kritikken fra DUHEM og QUINE, og han foreskrev, at formålet med et forskningsprogram er at gøre stadig flere (interessante) empiriske forudsigelser. Derfor inddelte han forskningsprogrammer i *progressive*, hvis de over tid voksede og tilføjede nyt

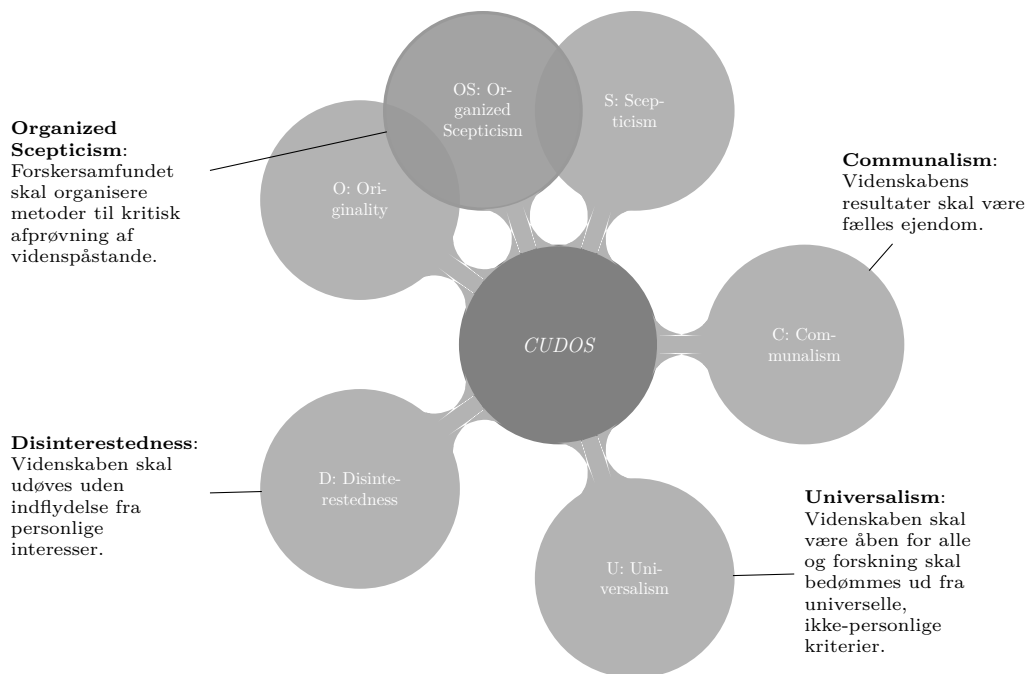
empirisk indhold, og *degenerative*, hvis de stagnerede. LAKATOS' metode om videnskabelige forskningsprogrammer havde en vis medvind, da den stadig hævdede en rent intern, videnskabelig og rationel dynamik i videnskabernes udvikling og erkendelse. Men den blev i nogen grad overhalet af THOMAS KUHN (1922–1996) teori om videnskabelige paradigmer, som vi skal diskutere i kapitel 2 og 3.



Figur 6: LAKATOS' revision af POPPERS program delte en teori ind i en uimodsigelig 'hård kerne' med et 'beskyttende bælte' omkring.

1.6 Den autonome videnskabs nytte

KRAGHS definition af videnskabelig viden som offentlig, fejlbarlig, korrigerbar og testbar ligner på flere punkter den *sociologiske karakteristik* af videnskab, som videnskabssociologen ROBERT K. MERTON (1910–2003) udformede som en normativ *videnskabens etos* (Merton, 1973). MERTON lavede sin analyse i 1942 under indtryk af totalitære regimers korrupsion af den frie videnskab, ikke mindst i form af den såkaldte „tyske (ariske) fysik“. Som modvægt opstillede MERTON et normsæt for god og fri videnskabelighed, som siden kom til at stå som et ideal for den akademiske videnskab i den vestlige verden. MERTONS normsæt bærer akronymet *CUDOS*, hvilket står for *Communalism*, *Universality*, *Disinterestedness*, og *Organized Scepticism*. Dermed fanger MERTON ligesom KRAGH, at den videnskabelige viden skal være fælles og offentlig (C). Videnskaben skal have en grad af universel gyldighed, der ikke afhænger af den enkelte videnskabsmand, og ingen skal udelukkes fra det videnskabelige samfund (U). Omvendt må videnskabsmanden ikke lade egne interesser påvirke den videnskabelige proces eller det videnskabelige udkomme (D). I stedet skal han åbent overlade sine resultater til det videnskabelige samfunds organiserede (dvs. institutionaliserede og systematiske) kritik (OS).



Figur 7: MERTONS normer for akademisk videnskab (*CUDOS*).

Dette sæt normer for videnskaben var allerede eksisterende inden MERTON formulerede det, men efterfølgende blev det implementeret i endnu højere grad i et argument for at sikre den frie grundvidenskab. Under 2. verdenskrig havde især amerikanske videnskabsfolk leveret videnskabeligt baseret viden, som hjalp med til at løse konkrete logistiske og teknologiske problemer. Henimod krigens afslutning fremsatte den amerikanske forsker og forskningspolitiker VANNEVAR BUSH (1890–1974) et notat til præsidenten, hvori han argumenterede dels for den grundvidenskabelige forsknings autonomi og dels for dennes uforudsigelige anvendelighed. BUSH hævdede blandt andet:

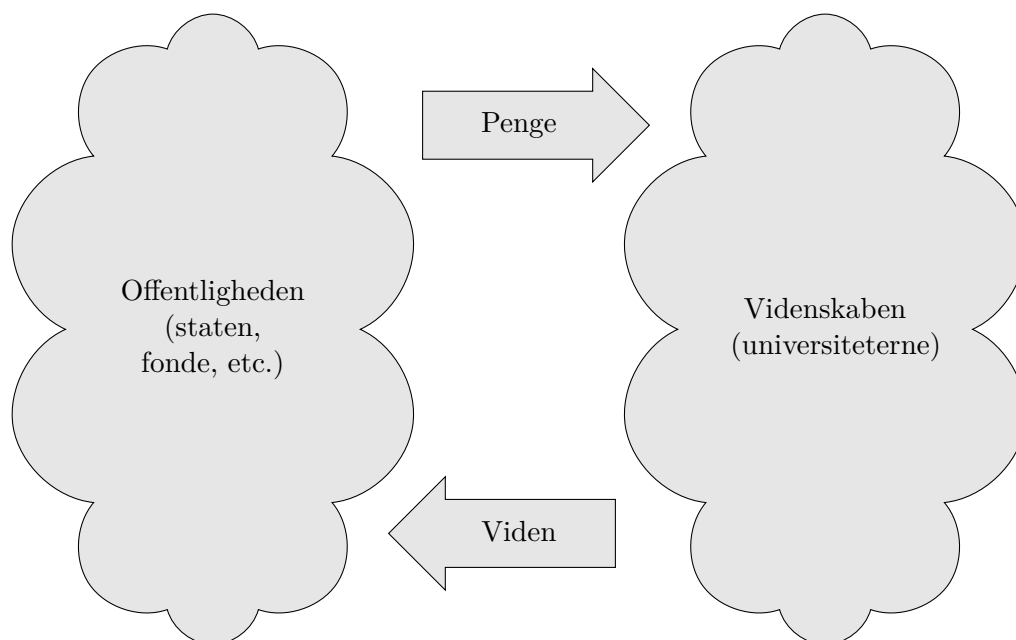
Videnskabeligt fremskridt over en bred front stammer fra frie intellektuelles frie leg, hvor de arbejder med problemstillinger, som de selv har valgt, kun dikteret af deres nysgerrighed efter at udforske det ukendte. Forskningsfriheden bør bevares i enhver regerings forskningspolitiske reformer. (Bush, 1945)

I løbet af de første år af Anden Verdenskrig mobiliserede USA landets akademiske ressourcer for krigsindsatsen. En række institutioner blev oprettet med det formål at styrke den krigsrelevante forskning, herunder Office of Scientific Research and Development (OSRD) og Office of Naval Research (ONR). Efter krigen videreførtes nogle af de udviklede ideer i nationale, civile forskningsråd som National Science Foundation (NSF) og National Research Council (NRC). Den centrale ide var at forsøge at styre forskningen i anvendelsesretning ved at finansiere forskningsprojekter med anvendelser for øje. Dermed indgik militæret, industrien og universiteterne i strategiske samarbejder. Under krigen rekrutterede OSRD akademiske medarbejdere til at arbejde på støttede projekter, men medarbejderne forblev på universiteterne for at binde miljøerne sammen. Forskerne var civile og uden for militærets direkte indflydelse, hvilket betød at de også var i stand til at forfølge mål, der ikke umiddelbart kunne forudsiges at give anvendelser. Efter krigen videreførtes meget af denne

tænkning i koldkrigsforskningen, som i hele den vestlige verden var influeret af BUSH' rapport „Science: The Endless Frontier“ (Bush, 1945). Argumentet deri var, at grundforskning fører til videnskabelig kapital, som kan veksles til praktiske anvendelser. Grundforskningen er — ifølge BUSH, som var rapportens forfatter — hjerteslaget i det teknologiske fremskridt, og en svag grundforskning vil give langsommere industrielle fremskridt og svag økonomi (og militær). Derfor er det i statens interesse at støtte grundforskningen. Ifølge BUSH skulle grundforskningen endvidere være *fri*, fordi anvendelser ville følge næsten umiddelbart. Denne tænkning er blevet kaldt *den lineære model* fra grundforskning til anvendelser, og den er siden blevet kritiseret meget, ikke mindst fordi anvendelser kræver betydeligt mere end simpel applicering af grundvidenskabelig viden (se kap. 2).

565

570



Figur 8: Model for samspillet mellem videnskab og samfund under *mode-1-videnskab*.

Den model, som BUSH og MERTON argumenterede for tildeler videnskaben — og herunder grundvidenskaben — en meget høj grad af autonomi. Staten finansierer videnskaben (dvs. universiteterne) med det formål at få produceret ny viden til rådighed, uden at der stilles krav til fx denne videns anvendelighed eller nytte (se figur 8). Denne model for samspillet mellem stat og videnskab kaldes nogle gange for *mode-1-videnskab*, og den hævdede videnskabens *autonomi* og beroede på, at det akademiske samfund bedst regulerede sig selv. Samfundet og dets politikere burde overlade det til videnskabsmændene og deres institutioner selv at afgøre forskningspolitiske prioriteringer. Og til gengæld skulle videnskaben så være selvregulerende, i høj grad efter de normer, som MERTON havde præsenteret. Som videnskabshistorikeren DEREK J. DE Solla PRICE (1922–1983) beskrev:

575

580

Da videnskaben er international og konkurrencepræget, er dens måde at vokse på næsten udelukkende dikteret af dens aktuelle kognitive stade og næsten slet ikke af nationernes ønsker eller samfundets behov. Man har derfor ikke noget virkeligt forskningspolitisk valg, udover at støtte al eksisterende frontforskning med det størst mulige beløb og de største antal talenter, der kan presses ud af befolkningen. (Solla Price, 1965, s. 237)

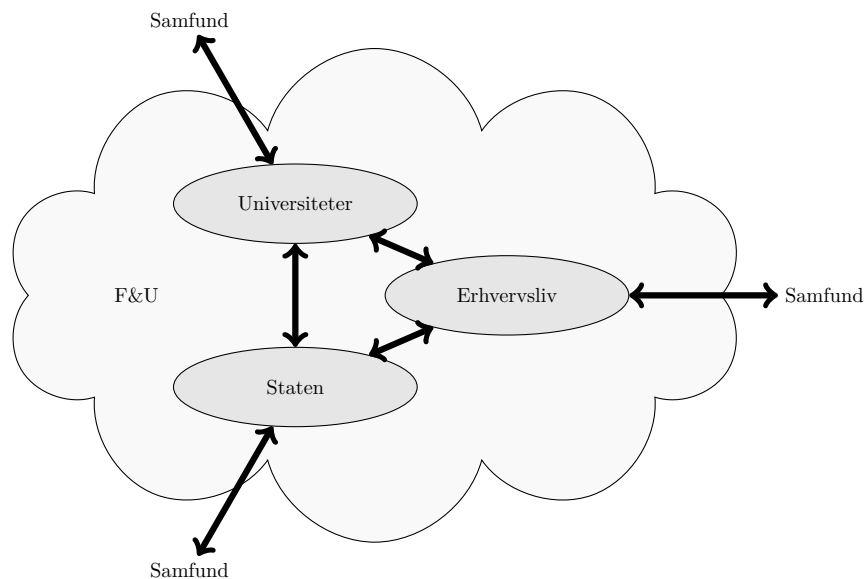
585

Denne autonomi skulle imidlertid i stigende grad blive udfordret siden DE SOLLA PRICES analyse, og i det følgende skal vi se på nogle af de udfordringer, der er blevet rejst mod den.

1.7 Fra akademisk til post-akademisk videnskab?

MERTONS *CUDOS* var ment som en norm, der skulle beskytte videnskaben — og især den rene, nysgerrighedsdrevne videnskab — i efterkrigsperioden. Men dens relevans som en faktisk beskrivelse af videnskabelig praksis viste sig i løbet af især siden 1980'erne at være aftagende: Universiteterne var ikke længere kun isolerede forskningsinstitutioner bestemt for de få og privilegerede, og samtidig opstod der forskningsmiljøer i mange andre sammenhænge, som ikke naturligt var underlagt et akademisk formål og normsæt.

For bedre at indfange den nye forskningsdagsorden har man indført begrebet *mode-2-videnskab*, som altså er en ny tilstand efter det rent akademiske *mode-1-videnskab* beskrevet i figur 8. I *mode-2-videnskab* er autonomien mellem videnskab og stat erstattet med et nært sammenspundet netværk af forskning og udvikling, som involverer staten, universiteterne og erhvervslivet. Dette netværk står i en tovejs-relation til det omgivende samfund, som både definerer rammer og behov for forskning og udvikling. Og selve denne forskning kan udføres inden for de flydende grænser af forsknings- og udviklingsnetværket (F&U, eng: *Research and development, R&D*), således at fx erhvervsliv og universiteter kan samarbejde om forskningsprojekter og endda dele infrastruktur og kommercialisering af forskningen.



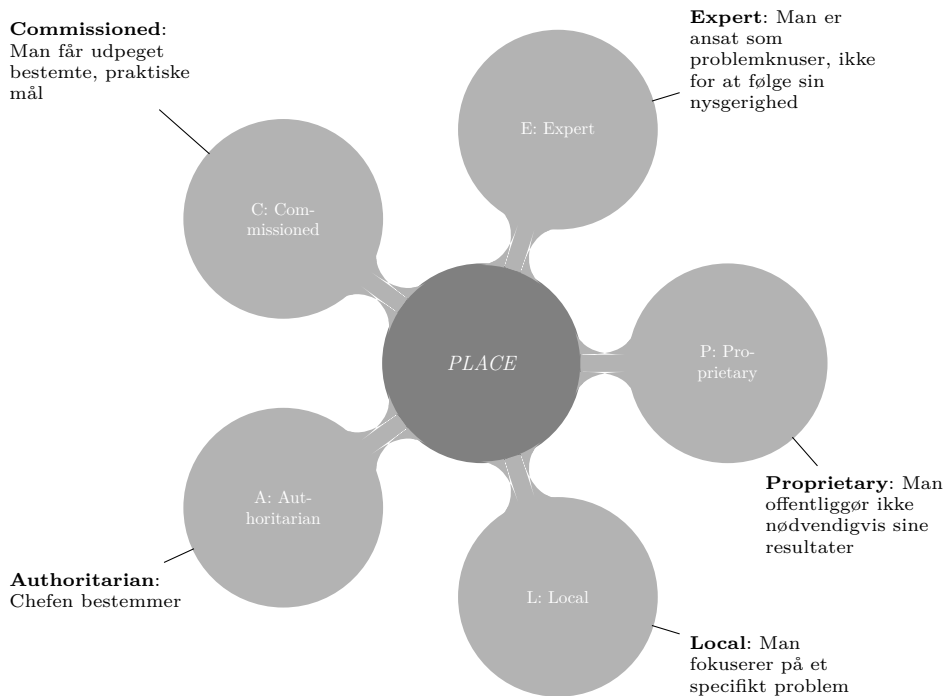
Figur 9: Model for relationerne mellem forsknings- og udviklingsnetværk (F&U) og det omgivende samfund under *mode-2-videnskab*.

Som en beskrivelse af denne nye, post-akademiske videnskab har JOHN ZIMAN (1925–2005) formuleret et deskriptivt akronym som kontrast til MERTONS normative *CUDOS* (se figur 10). ZIMAN kalder sit akronym for *PLACE*, hvilket dækker over (Ziman, 2000, s. 67–82):

P: At den producerede viden er *proprietær*, dvs. er ejet af nogen, enten en virksomhed eller et universitet eller en blanding deraf, og at den kan kommercialiseres.

- L: At den producerede viden er *lokal* i den forstand, at den er rettet mod at løse et bestemt problem og ikke en blind nysgerrighed over for verdens indretning.
- A: At forskningen er *autoritær*, dvs. at der er nogen højere oppe end den enkelte forsker, der bestemmer, hvilken retning, forskningen skal tage.
- C: At forskningsprocessen er *styret* (eng: *commissioned*) efter bestemte, udpegede, praktiske målsætninger.
- E: At forskeren er ansat som *ekspert* til at hjælpe med at løse de stillede problemer, ikke til at følge sin egen nysgerrighed.

Som det fremgår er det både den enkelte forskers autonomi og det videnskabelige samfunds selvregulering, der adskiller *CUDOS* og *PLACE*. Og det er også forbundet med meget store diskussioner af forskningens betydning og forskerens identitet at analysere, om der er tale om en udvikling eller overgang fra *CUDOS*-baseret akademiske institutioner til mere *PLACE*-baseret forskning (se også Hansen og Johansen, 2007). Men man kan i hvert fald konstatere, at samarbejder mellem erhvervsliv og universiteter i dag er en helt naturlig (og økonomisk helt afgørende) ting for universiteterne, at stadig flere af statens midler til forskning gives i form af strategiske bevillinger til forskning inden for områder af stor samfundsrelevans (for tiden især klima og grøn omstilling), og at universitetsloven fra 2003 indførte et ledelsesstyret universitet med mulighed for pålægge forskere specifikke opgaver. Det kan lyde meget godt, og det har da også bidraget til en stor vækst i forskning i det danske samfund, men det har også nogle potentielle slagsider for mindre vidensområder, der ikke kan påvise kortsigtet nytte. Og for den enkelte forsker var autonomien til valg af forskningsområde en rettighed stadfæstet ved det tyske begreb „Forschungs- und Lehrfreiheit“, som er blevet hyldet siden 1800-tallet (Humboldt, 2007).



Figur 10: ZIMANS beskrivelse af post-akademisk videnskab (*PLACE*).

Litteratur

- Andersen, Hanne og Brian Hepburn (2016). „Scientific Method“. I: *The Stanford Encyclopedia of Philosophy*. Red. af Edward N. Zalta. Summer 2016. Metaphysics Research Lab, Stanford University.
- Atchison, William F. m.fl. (mar. 1968). „Curriculum 68. Recommendations for academic programs in computer science“. A report of the ACM curriculum committee on computer science. *Communications of the ACM*, bd. 11, nr. 3, s. 151–197. DOI: 10.1145/362929.362976.
- Bush, Vannevar (1945). *Science: The Endless Frontier*. A Report to the President by Vannevar Bush, Director of the Office of Scientific Research and Development, July 1945. Washington: United States Government Printing Office.
- Chalmers, A. F. (1995). „Induktivisme: Videnskabelig erkendelse er udledt af erfaringen“. I: *Hvad er videnskab? En indføring i moderne videnskabsteori*. Overs. af G. Lyngs. Filosofi. Gyldendal. Kap. 1, s. 27–41.
- Collins, Harry og Trevor Pinch (2003). *The Golem. What You Should Know about Science*. 2. udg. Canto. Cambridge: Cambridge University Press.
- Dasgupta, Subrata (2016). *Computer Science*. A very short introduction 466. Oxford m.m.: Oxford University Press.
- Den Store Danske Encyklopædi* (1994). 23 bd. København: Gyldendal.
- Fink, Hans (2003a). „Hvad er et universitet? Om universitetets idé og realitet i det 21. århundrede“. I: Fink, Hans m.fl. *Universitet og Videnskab. Universitetets idéhistorie, videnskabsteori og etik*. København: Hans Reitzels Forlag. Kap. 1, s. 9–29.
- (2003b). „Universitetsfagernes etik“. I: Fink, Hans m.fl. *Universitet og Videnskab. Universitetets idéhistorie, videnskabsteori og etik*. København: Hans Reitzels Forlag. Kap. 4, s. 193–221.
- Hansen, Henning Bernhard (2000). „Datalogi“. I: *Den Store Danske Encyklopædi*. Bd. 5. 23 bd. København: Gyldendal, s. 25–26.
- Hansen, Tom Børsen og Mikkel Willum Johansen (maj 2007). „Post-akademisk videnskab“. *Aktuel Naturvidenskab*, nr. 2, s. 30–33.
- Humboldt, Wilhelm von (2007). „Om den indre og ydre organisation af de højere videnskabelige læreanstalter i Berlin“. I: *Ideer om et Universitet: Det moderne universitets idéhistorie fra 1800 til i dag*. Red. af J. E. Kristensen m.fl. Overs. af M. Pedersen og J. V. Nielsen. Aarhus: Aarhus Universitetsforlag, s. 89–96.
- Johansen, Mikkel Willum og Henrik Kragh Sørensen (2014). *Invitation til matematikkens videnskabsteori*. København: Forlaget Samfundslitteratur.
- Kragh, Helge (2001). „Videnskab“. I: *Den Store Danske Encyklopædi*. Bd. 20. 23 bd. København: Gyldendal, s. 139–145.
- (2003). „Hvad er videnskab?“ I: Fink, Hans m.fl. *Universitet og Videnskab. Universitetets idéhistorie, videnskabsteori og etik*. København: Hans Reitzels Forlag. Kap. 3, s. 145–192.
- Merton, Robert K. (1973). „The Normative Structure of Science“. I: *The Sociology of Science: Theoretical and Empirical Investigations*. Chicago og London: University of Chicago Press. Kap. 13, s. 267–278.
- Popper, Karl R. (1996). „Videnskaben“. I: *Kritisk rationalisme. Udvalgte essays om videnskab og samfund*. Overs. af Knud Haakonssen og Niels Chr. Stefansen. København: Nyt Nordisk Forlag, s. 40–53.

- Solla Price, Derek de (apr. 1965). „The Scientific Foundation of Science Policy“. *Nature*, bd. 206, nr. 4981, s. 233–238.
- Sørensen, Henrik Kragh (2006). „Matematik, statistik og datalogi“. I: *Viden uden grænser*, 685 1920–1970. Red. af Henry Nielsen og Kristian Hvidtfelt Nielsen. Dansk Naturvidenskabs Historie 4. Aarhus: Aarhus Universitetsforlag. Kap. 6, s. 105–124.
- Ziman, John (2000). *Real Science: What it is, and what it means*. Cambridge etc.: Cambridge University Press.

690 Navneliste

- Bundgaard, Svend (1912–1984), 3
 Bush, Vannevar (1890–1974), 16, 17

 Carnap, Rudolf (1891–1970), 11
 Collins, Harry, 14

 695 de Solla Price, Derek J. (1922–1983), 17, 18
 Duhem, Pierre Maurice Marie [Pierre] (1861–1916), 14

 Fink, Hans, 8, 9

 700 Hume, David (1711–1776), 12

 Kragh, Helge, 5–7, 11, 15
 Kuhn, Thomas Samuel [Thomas] (1922–1996), 15

 Lakatos, Imre (1922–1974), 14, 15
 705 Merton, Robert K. (1910–2003), 15–18

 Naur, Peter (1928–2016), 2

 Pinch, Trevor J. [Trevor], 14
 Popper, Karl Raimund [Karl] (1902–1994), 12–15
 710 Quine, Willard Van Orman [Willard] (1908–2000), 14

 von Humboldt, Friedrich Wilhelm Christian Karl Ferdinand [Wilhelm] (1767–1835), 8
 715 Ziman, John Michael [John] (1925–2005), 18, 19

Indeks

- arisk fysik, 15
 CUDOS-normerne, 15, 16, 18, 19
 720 Duhem-Quine-tesen, 14

 epistemologi, 3
 experimenters’ regress, 14

 falsifikation, 12
 fejlbarlig viden, 5
 725 forskningsbaseret undervisning, 8
 forskningsfrihed, 8, 19

 HCI, 10
 human-computer-interaction, 10
 Humes problem, 12
 730 hypotetisk deduktive metode, 13

 induktionsproblem, 11, 12

 korrigerbar viden, 5
 kulturprodukter, 9
 kvalitative metoder, 10
 735 kvantitative metoder, 10

 National Research Council (NRC), 16

 National Science Foundation (NSF), 16
 naturprocesser, 9
 NRC, *Se* National Research Council
 740 NSF, *Se* National Science Foundation

 offentlig viden, 5
 Office of Naval Research (ONR), 16
 Office of Scientific Research and Development (OSRD), 16
 745 ONR, *Se* Office of Naval Research
 ontologi, 3
 OSRD, *Se* Office of Scientific Research and Development

 PLACE-karakteriseringen, 18, 19

 750 sociale systemer, 9

 testbar viden, 5
 totalitært regime, 15

 undervisningsfrihed, 8, 19
 universitetets selvstyre, 8
 755 verifikationisme, 12
 viden

fejlbarlig, 5
korrigerbar, 5
offentlig, 5

testbar, 5
videnskabelig, 4
videnskabens enhed, 8

760