

Videnskabelige metoder

- **Metoder**
 - **Deduktive slutninger eller den deduktive metode.**
 - **Induktive slutninger eller den empirisk-induktive metode.**
 - **Et lille indlæg vedrørende induktionsproblemet.**
 - **Den hypotetisk-deduktive metode.**
 - **Et lille indlæg vedrørende erkendelsens oprindelse.**
 - **Slutning til bedste forklaring.**

- **Opsamling**

Videnskaben kan som tidligere bemærket både forstås som en aktivitet/proces eller som et produkt. Ved den videnskabelige proces forstås de metoder eller fremgangsmåder som forskeren anvender i den videnskabelige praksis. Disse metoder kan opfattes som metoder til at sikre, at det videnskabelige produkt (de videnskabelige teorier, hypoteser og påstande) besidder den erkendelsesmæssige autoritet som vi normalt tilskriver dette produkt.

I denne note skal diverse overvejelser vedrørende disse metoders "status" diskuteres. Det gælder både forholdet omkring metoder til at opdage viden (opdagelsesmetoder) og metoder til at begrunde viden (begrundelsesmetoder).

I det følgende skal forskellige slutninger og metoder, der anvendes inden for videnskaben, diskuteres. Og specielt deres forhold til de logiske slutningsformer.

Deduktive slutninger eller den deduktive metode.

Deduktion kaldes den slutningsform der bygger på et logisk gyldigt argument. En korrekt deduktiv slutning er identisk med et logisk gyldigt argument, som er en slutning, hvor konklusionen følger med logisk nødvendighed af præmisserne. Konklusionens sandhed er en uomgængelig konsekvens af præmissernes sandhed, præmissernes sandhed kanaliseres over til konklusionens sandhed. Hvis præmisserne er sande, så er konklusionen nødvendigvis sand. Denne slutningsform er født sandhedsbevarende.

Bemærk at en korrekt deduktiv slutning eller den deduktive metode giver altid en 100 % pålidelig begrundelse.

De deduktive slutninger eller den deduktive metode anvendes især inden for matematik (og logik). Og det er ved anvendelsen af denne metode, at vi kan bevise matematiske påstande, hvilket er en vigtig del af arbejdet inden for matematikkens domæne. I matematikken opererer man med aksiomer, hvilket er matematiske påstande, der tages for givet. Disse aksiomer udgør det fundament, der ligger til grund for de matematiske begrundelser/beviser af andre påstande (disse afledede påstande kaldes for teoremer). Bemærk at matematikken takler det før omtalte begrundelsesproblem (note om argumentation og begrundelse) ved at definerer sig ud af problemet, altså ved at vælge den aksiomatiske løsning i Münchhausens trilemma.

I modsætning til matematikkens verden er det indenfor de empiriske videnskaber usædvanligt udelukkende at anvende denne deduktive metode, der bygger på logiske nødvendigheder. Et eksempel på anvendelsen af den deduktive metode (eller deduktion) er udledningen af Balmers formel ud fra Bohrs atomteori. Balmers formel er en ren empirisk formel (en fænomenologisk model) til at beskrive en del af hydrogens spektrum. Denne formel kan deduktivt udledes fra Bohrs atomteori fra 1913. Denne deduktive udledning giver altså en god grund til at tro på Balmers formel, idet den følger med nødvendighed fra Bohrs atomteori. Vi har her et eksempel på, at vi har bevist at Balmers formel følger af Bohrs atomteori, men vi har ikke bevist at Balmers formel er sand, da vi ikke har bevist (deduktivt udledt) Bohrs atomteori. Nissen er så at sige flyttet med, da det nye problem er, hvilken begrundelse vi har for at tro på Bohrs atomteori.

Grunden til at de empiriske videnskaber ikke udelukkende anvender den deduktive metode skyldes blandt andet at de videnskabelige påstande, hypoteser og teorier samt de videnskabelige resultater er befængt med usikkerheder. For det første er de empiriske iagttagelser, som man baserer sine hypoteser og teorier på, i mange tilfælde behæftet med usikkerheder, og for det andet deduceres de videnskabelige hypoteser og teorier ikke direkte ud fra disse empiriske iagttagelser. Derfor skal man passe på med at anvende udtrykket: "Det er videnskabeligt bevist at...", da der ofte slet ikke er tale om deduktive slutninger.

En metode til at "takle" bevis-problemet er at anvende den induktive metode.

Induktive slutninger eller den empirisk-induktive metode.

Den empirisk-induktive metode eller blot induktion er en metode til at erhverve sig viden om verden. Denne metode anvendes både indenfor det videnskabelige arbejde og i vores daglige omgang med verden.

En empirisk-induktiv slutning kan karakteriseres på følgende måde: På grundlag af et endeligt antal singulære påstande (empiriske påstande) foretages en generalisation til en universel eller almen påstand (hypotese). Populært sagt slutter man fra "nogle" til "alle". Fra enkelt tilfælde at noget altid har været eller er forløbet på en bestemt måde til at det altid vil være eller forløbe på den samme måde, eller til at, det næste tilfælde af slagsen man observerer, vil være eller forløbe på samme måde. Dette princip kaldes for induktionsprincippet.

Et par eksempler på den empirisk-induktive metode.

Eksempel 1:

1. Denne svane er hvid, den der svane er hvid, ...
2. Ergo: **Alle** svaner **er** hvide.

Eksempel 2:

1. Denne jernstang udvider sig ved opvarmning, den der jernstang udvider sig ved opvarmning,...
2. Ergo: **Alle** jernstænger udvider sig ved opvarmning.

Slutningsskemaet ser således ud:

1. a_1 har egenskaben E og a_2 har egenskaben E og a_3 har egenskaben E og....
2. Ergo: **For alle** a gælder, at a har egenskaben E, eller ergo: **Hvis** a **så** E

Denne slutningsform giver os muligvis en sand hypotese uden at ændre eller tilføje på det ordforråd, som beskriver den foreliggende empiri. Hypotese sprog og data sprog er ens. Bemærk at dette sætter sine begrænsninger for metoden, da vi ikke via denne metode kan udlede hypoteser om ikke-iagttagelige forhold (hvilket de videnskabelige hypoteser og teorier er fyldt med).

Den empirisk-induktive metode eller den empirisk-induktive slutningsform er ikke en logisk gyldig slutningsform, hvilket indebærer at vi ikke kan være 100 % sikre på de konklusioner, der er baseret på denne induktive slutningsform. I et induktivt argument kan konklusionen sagtens være falsk, samtidigt med at præmisserne er sande, uden der af den grund er tale om en selvmodsigelse. Men denne mangel på sikkerhed betyder ikke, at metoden ikke kan være en pålidelig slutningsform.

Pålideligheden er et problem der angår overgangen fra den endelige empiriske evidens (de singulære empiriske påstande) til sandheden eller sandsynligheden af de universelle eller almene hypoteser.

Induktion er her beskrevet som en generel form for slutning, men der er desuden nogle mere specifikke metoder, der bygger på den induktive slutningsform. Disse specifikke metoder kan karakteriseres som værende praktisk-instrumentelle metoder. Af disse skal nævnes: Kvantitative metoder, kvalitative metoder, statistiske metoder, eksperimentelle metoder, case-study, survey,.. Disse metoder fastlægger reglerne for den praktiske adfærd hos forskeren. Og metoderne sikre at indsamlingen af data er pålidelig, gyldig og repræsentativ. Disse specifikke metoder er operationaliseringer af de generelle slutningsformer under hensyntagen til de enkelte fags genstandsområder.

Bemærk at statistiske slutninger er induktive slutninger, hvor alle de relevante faktorer ikke er kendte. Ved statistiske slutninger observerer vi et stort antal tilfælde af et fænomen under varierende omstændigheder, men under omstændigheder vi ikke kender i detaljer. Vi iagttager så, at en vis procentdel af disse fænomener også optræder samme med et andet fænomen. Vi generaliserer derefter denne procentsats fra det store antal tilfælde (stikprøven) til hele populationen.

Eksempel: Statistisk induktion: ”Rygning og lungekræft” og statistisk korrelation: ”Storke og børnefødsler”

Som skrevet, så er den empirisk-induktive slutning ikke et gyldigt slutningsskema, men der kan i tilknytning til den induktive generalisation anvendes nogle regler eller krav, der gør, at metoden forøger sin pålidelighed:

- Det antal observationsudsagn, som danner grundlag for generalisationen, skal være stort.
- Observationerne skal gentages under mange forskellige betingelser (variation, nøjagtighed og kontrol).
- Intet observationsudsagn som godtages, må stride imod den udledte universelle lov.

Hvis vi tager eksemplet med den generelle hypotese:

Alle jernstænger udvider sig ved opvarmning

så er denne hypotese fremkommet ved empirisk-induktion.

Det er via vores observation af sammenhængen mellem en frygtelig masse opvarmede jernstænger og deres udvidelse, at vi har generaliseret til denne generelle hypotese (gentagelseskontrol).

Desuden har vi varieret omstændighederne, hvorunder vi har opvarmet disse jernstænger: Forskellige steder rundt omkring på jorden, på forskellige tidspunkter af døgnet og året, under lavt tryk og under højt tryk, jernstænger i forskellige udformninger, opvarmning i forskellige temperaturintervaller, ect.. (varierende iagttagelsesbetingelser).

Desuden er målingerne foretaget med stor nøjagtighed og typisk i et laboratorium for at fjerne ”støj”. Udover dette er målingerne foretaget med forskellige måleinstrumenter (intermetodisk kontrol) og af mange forskellige personer (intersubjektiv kontrol).

Og endelig er der endnu ikke dukket en jernstang op, der ikke har adlydt hypotesen.

Det skal dog i denne sammenhæng bemærkes, at vi af og til i det inducerer på baggrund af ganske få observationer eller blot én enkelt observation, f.eks. lærer vi ved en enkelt berøring af en gloende brændeovn, at på en sådan kan man brænde sig; denne erfaring behøver vi ikke at gøre mere end én gang for at slutte, at sådan forholder det sig med alle gloende brændeovne.

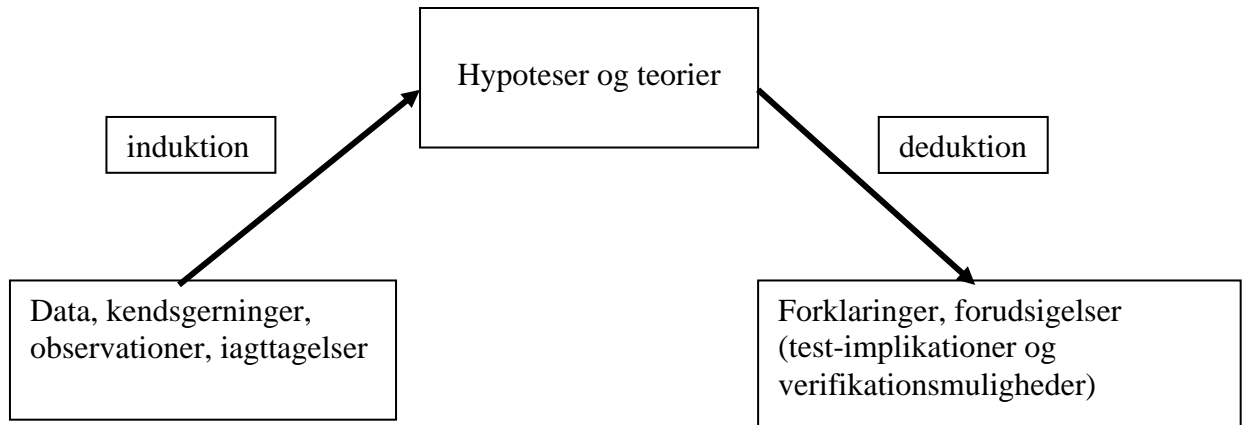
Prøv selv at overvej hvor meget af den dagligdags viden I har om verden, der bygger på den induktive slutningsform!

Bemærk at den empirisk-induktive metode er en metode, der kan anvendes til at skaffe os hypoteser og teorier. Altså en metode til at opdage nye hypoteser eller teorier (The context of discovery). Denne position kaldes for *induktivisme*.

Disse hypoteser eller teorier kan derefter anvendes til at komme med forudsigelser eller forklaringer.

Læg mærke til at vi ud fra hypoteserne og teorierne desuden kan udlede test implikationer eller empiriske konsekvenser (en empirisk konsekvens er en påstand der følger af en hypotese, og hvis sandhed kan afgøres ved direkte observation). Disse empiriske konsekvenser kan sammenholdes med de faktiske forhold (empirien). Dette gør det muligt at bekræfte (verificere) eller afkræfte (falsificere) hypoteserne eller teorierne. Altså en metode til at teste/begrunde nye hypoteser eller teorier (The context of justification).

Dette er essensen i den såkaldte *induktive-deduktive metode*



Bemærk at den induktive-deduktive metode både anvender empirisk-induktion, til at skaffe hypoteser og teorier, og anvender deduktion, til at udlede forklaringer og forudsigelser eller til at verificere hypoteserne.

Et lille indlæg vedrørende induktionsproblemet.

Induktionsproblemet dækker over følgende problem:

- Problemet med at begrunde induktive slutninger eller problemet med at begrunde generelle hypoteser eller universelle påstande ud fra en endelig mængde observerbare påstande, der alle beskriver den empiriske evidens.

Der er to forhold der er af interesse her:

1. Er metoden til at opdage hypoteserne og teorierne pålidelig?
2. Er begrundelsen af de endelige hypoteser og teorier pålidelig?

I forbindelse med det første punkt, handler det om, om den empirisk-induktive slutning er pålidelig (svarende til venstre halvdel af den foregående figur). Og rent logisk set er det ikke muligt at have holdbare argumenter i de empiriske videnskaber der bygger på induktion, da de hypoteser og teorier der opdages via induktion, kun kan hævdes med en vis sandsynlighed. Hypoteserne besidder en vis "usikkerhed", der er en konsekvens af anvendelsen af den empirisk-induktive metode. Vi får aldrig med sikkerhed sande generelle hypoteser ved induktion, da den induktive slutning ikke er en 100 % pålidelig slutningsform.

I forbindelse med det andet punkt, handler det om, hvorvidt vi kan bekræfte eller verificere vore videnskabelige hypoteser og teorier, ved at se på de deduktive konsekvenser, der kan udledes af hypoteserne eller teorierne (svarende til den højre halvdel af den foregående figur). Dette syn kan siges at bygge på en opfattelse af de videnskabelige teorier som et hypotetisk-deduktivt system, som er et deduktivt system med hypoteser som udgangspunkt (i modsætning til et aksiomatisk system, der er et deduktivt system med definitioner som udgangspunkt). Ideen er at hypoteser og teorier kan verificeres ved at drage deduktive slutninger af disse hypoteser og teorier. Disse deduktive slutninger eller empiriske konsekvenser sammenholdes derefter med den faktiske empiri. Hvis de empiriske konsekvenser af hypoteserne eller teorierne viser sig at være opfyldt, så kan dette indgå som en bekræftelse af hypoteserne eller teorien. Denne position kan kaldes for *verifikationisme*. Altså en slutningsform af typen:

1. **Hvis H så T**
2. T
3. Ergo: H

Men der er (desværre) ikke nogen logisk tvingende vej fra konsekvenserne af en hypotese til gyldigheden af hypotesen, idet argument er ugyldigt (se fjerde slutningsform i noten om argumentation og begrundelse).

Denne type konfirmationsteori kan altså ikke "bevise" hypotesernes sandhed, men kan i det mindste sandsynliggøre, rimeliggøre eller endda retfærdiggøre den pågældende hypotese. Vi har altså ikke sikker viden men sandsynlig viden.

Bemærk at verifikationismen er en begrundelsesmetode. Hypoteserne der bliver bekræftet, behøver ikke at være fremkommet via induktion, men kan være fremkommet på alle mulige andre måder, f.eks. via intuition, drømme, gæt,....

Eksempel på en verifikations procedure:

Haves den universelle påstand H : *Alle jernstænger udvider sig ved opvarmning.*

Ud fra denne hypotese kan vi udlede deduktivt en konkret empirisk konsekvens (test implikation) T : *Denne konkrete jernstang udvider sig ved opvarmning.* Denne påstand kan testes empirisk.

Nu observerer vi at denne jernstang faktisk udvider sig ved opvarmning, altså at den konkrete empiriske konsekvens T af H faktisk er opfyldt.

Og hvad kan vi nu lære af dette: Ifølge det før omtalte ugyldige argument kan vi altså ikke herved "bevise" at H er sand, men vi har blot fået endnu en bekræftelse på at H nok er en korrekt lovmæssighed (dette kan også formuleres lidt mindre positivt, idet vi kan sige, at vi blot har fundet et eksempel, hvor H ikke er falsificeret). Det vil ikke være en selvmodsigelse at hævde at H er falsk samtidigt med at T er sand. Den ugyldige slutning ser således ud:

1. **Hvis** *alle jernstænger udvider sig ved opvarmning*, **så** vil denne jernstang udvide sig ved opvarmning
2. *Denne jernstang udvider sig ved opvarmning*
3. Ergo: *Alle jernstænger udvider sig ved opvarmning*

Der er altså ikke nogen logisk tvingende vej fra instanserne af en universelt påstand til sandheden af den pågældende universelle påstand, men upåagtet af dette forhold anvendes denne type argumenter til at sandsynliggøre eller konfirmerer generelle hypoteser.

Induktionsproblemet indebærer altså rent logisk:

- At I kan foretage lige så mange observationer af en regelmæssighed, uden at I kan være absolut sikre på, at den efterfølgende generalisation af jeres observerede regelmæssighed, er sand (problemet med empirisk-induktion).
- At I kan opstille lige så mange hypoteser som I vil, og udlede lige så mange empiriske konsekvenser der viser sig at holde stik, uden at dette giver eller tilføjer jeres hypoteser nogen form for "sikker" eller absolut sandhed (problemet med verifikation).

Men det indebære altså ikke, at vi skal opgive at anvende empirisk-induktive slutninger eller opgive at forsøge at verificere vores hypoteser og teorier (det ville være en katastrofe både for det videnskabelige arbejde og for vores almindelige dagligdags handlinger). Vi skal blot være opmærksomme på, at vi ikke kan være 100 % sikre på konklusionen af denne generalisering.

Et ikke-induktivistisk bud på den videnskabelige metode, er at erkende induktionsproblemet med dets "fatale" logiske konsekvenser, og opfatte den videnskabelige metode, som en metode der slet ikke anvender empirisk-induktion eller verifikation som grundpillen i det videnskabelige arbejde. Et sådan bud er:

Den hypotetisk-deduktive metode.

Denne metode er et bud på hvad det er, der karakteriserer det videnskabelige arbejde, altså hvorledes de empiriske videnskaber kan opnå rational erkendelse. Og dette gøres ved deduktive slutninger og falsifikation.

Metoden bygger på følgende ræsonnement: Fra forskellige hypoteser, som man har tillid til, samt nogle individuelle iagttagelser, udledes eller deduceres ved hjælp af gyldige logiske slutninger, nogle observationelle eller empiriske konsekvenser. Hvis disse empiriske konsekvenser er forskellige fra det, vi kan iagttage, kan den oprindelige hypotese falsificeret ved brug af den logiske slutningsform Modus Tollens (jævnfør første logiske eksempel i noten om argumentation og begrundelse).

Eksempel på en falsifikations procedure:

Haves den universelle påstand *H*: *Alle jernstænger udvider sig ved opvarmning.*

Ud fra denne hypotese kan vi udlede deduktivt en konkret empirisk konsekvens *T*: *Denne konkrete jernstang udvider sig ved opvarmning.* Denne påstand kan testes empirisk.

Lad os forestille os at vi nu observerer, at denne jernstang faktisk ikke udvider sig ved opvarmning (i modsætning til det vi postulerede i et tidligere eksempel), altså at den konkrete empiriske konsekvens *T* af *H* ikke er opfyldt. Det vi faktisk observerer er i dette tilfælde: **ikke T**. Herved kan vi logisk gyldigt slutte at hypotesen *H* ikke er sand. Hvilket er det samme som at sige, at vi har falsificeret hypotesen *H*.

Den logisk gyldige slutning ser således ud:

1. **Hvis** alle jernstænger udvider sig ved opvarmning, **så** vil denne jernstang udvide sig ved opvarmning
2. Denne jernstang udvider sig **ikke** ved opvarmning
3. Ergo: **Ikke** Alle jernstænger udvider sig ved opvarmning

Denne slutning er en instans af det logisk gyldige slutningsskema Modus Tollens:

1. **Hvis** *H* så *T*
2. **Ikke** *T*
3. Ergo: **Ikke** *H*

Denne position kaldes for *falsifikationisme*¹.

Man kan altså deduktivt falsificere en hypotese. Men et problem med denne opfattelse af videnskaben er, at vi kun kan begrunde at en hypotese er falsk og ikke komme med nogen begrundelse for, at hypotesen er sand. Dette strider imod vores gængse opfattelse

¹ Bemærk at verifikationismen også kan opfattes som en hypotetisk-deduktiv metode, men "anvendt" på en anden måde end falsifikationisten (verifikationisten bekræfter, hvorimod falsifikationisten afkræfter).

af, at de videnskabelige påstande, hypoteser eller teorier er kendetegnet ved at indeholde viden eller erkendelse om verden. Denne videnskabsteoretiske holdning til videnskabens arbejde giver os altså ingen positiv begrundelse (verifikation) for den erkendelse af verden, som vi mener der er indeholdt i de videnskabelige påstande, hypoteser eller teorier, men udelukkende en negativ begrundelse (falsifikation).

Bemærk desuden at den hypotetisk-deduktive metode nedtoner den proces der går forud for opstillingen af det hypotetisk-deduktive system. Selve processen med at opdage hypoteser og teorier ignoreres fuldstændigt, og fokus lægges udelukkende på begrundelsen af disse hypoteser og teorier. Det er altså et syn, der lægger vægt på begrundelsessituationen og nedprioriterer opdagelsessituationen. Man kan sige at man herved slet ikke tager stilling til, hvorledes hypoteserne er fremkommet, om det er via empirisk-induktion, gæt eller slutning til bedste forklaring (se næste afsnit). Dette kan også rent logisk være helt ligegyldigt, da vi under ingen omstændigheder ad denne vej kan komme frem til sande hypoteser og teorier. Det, det handler om i videnskaben er at forsøge at falsificere de videnskabelige hypoteser og teorier.

Eksempel: Semmelweis og barselsfeber.

Et lille indlæg vedrørende erkendelsens oprindelse.

I det foregående afsnit har fokus været på erkendelsens gyldighed. Hvor problemet har været at se på hvorledes vi på et pålideligt grundlag kan begrunde vores videnskabelige påstande, hypoteser og teorier. I dette afsnit skal der fokuseres på to klassiske holdninger vedrørende erkendelsens oprindelse, altså to opfattelser af problemet vedrørende hvorfra vi erhverver os vores viden/erkendelse eller hvilke kilder vi har til rådighed til at fremskaffe vores erkendelse (jf. punkt 2 i den traditionelle opdeling af erkendelsesteoriens problemfelt i noten om argumentation og begrundelse).

I dette indlæg skal "løsningen" på oprindelsesproblemet opfattes som et bud på hvorledes man kan takle gyldighedsproblemet. Altså en opfattelse af "løsningen" på erkendelsens oprindelse som en begrundelse for erkendelsens gyldighed. Disse to opfattelser vælger den dogmatiske løsning på det tidligere optalte Münchhausens trilemma.

Overordnet set bygger disse to opfattelser på ideen om at vores erkendelse hviler på et fundament, hvorfra al anden erkendelse af virkeligheden kan udledes (derfor kaldes denne type erkendelsesteori for epistemisk fundamentalisme). I de klassiske udformninger af denne erkendelsesteoretiske fundamentalisme kræves også at det pågældende fundament, hvorfra al anden erkendelse kan føres tilbage til, er absolut sikker eller ufejlbarlig².

Historisk set har der været to dominerende hovedudformninger af dette problem, den ene opfattelse kaldes for *empirisme* og den anden kaldes for *rationalisme*.

Betegnelsen empirisme kommer fra det græske ord *empeiria*, der betyder erfaring, mens betegnelsen rationalisme hidrører fra det latinske ord *ratio*, der betyder fornuft.

² Hvis man tror på, at der eksisterer en absolut sikker eller ufejlbarlig erkendelse så kaldes man infallibilist.

Ifølge *empirismen* udgør erfaringen den afgørende rolle for erkendelsen (viden om virkeligheden). Erkendelsens grundlag bygger på det vi direkte kan sanse eller erfare (se, høre, føle, smage og dufte), og al anden erkendelse må kunne udledes enten direkte eller indirekte af disse sanseerfaringer. Dette indebærer at de eneste påstande vi kan have om virkeligheden, er egentlige empiriske påstande, dvs. påstande hvis sandhedsbestemmelse kræver empiriske erfaringer eller ved at henvise til bestemte iagttagelser. Sanseerfaringen er kilden til viden³.

Nogle klassiske fortalere for den empiristiske tankegang er:

Francis Bacon (1561 – 1626), John Locke (1632 – 1704), George Berkeley (1685 – 1753), David Hume (1711 – 1776) og John Stuart Mill (1806 – 1873).

Ifølge *rationalismen* tillægges fornuften en afgørende rolle for erkendelsen. Erkendelsens grundlag består af principper, hvis sandhed indses ved fornuftmæssige overvejelser, og al anden erkendelse må kunne udledes heraf ved fornuftmæssige slutninger (f.eks. logikken). Der er altså ifølge rationalisten basale overbevisninger (i form af almene principper) som indses ved fornuftens hjælp. Disse overbevisninger er enten direkte indset eller de er umulige at tænke sig, at de ikke skulle gælde. Sådanne overbevisninger kaldes for fornuftssandheder, selvindlysende grundsætninger eller ubetvivlelige påstande. For en rationalist er matematikken et mønstereksempel på sikker erkendelse, hvor den matematiske erkendelse er opnået alene ved hjælp af fornuften. F.eks. den euklidiske geometri. Grundlaget for denne viden er de fem klassiske geometriske aksiomer (postulater), eksempelvis: 1. aksiom: ”For hvert par distinkte punkter P og Q findes der eksakt én linje, som går gennem både P og Q”, eller 5. aksiom (også kaldet parallelpostulatet): ”For hver linje l og hvert punkt P, som ikke ligger på l, eksisterer der eksakt én linje m gennem P, således at m og l er parallelle”. Om disse aksiomer gælder at de er selvindlysende. Når det én gang er slået fast, at disse aksiomer er sande, så vil alle de teoremer der følger deduktivt af aksiomerne, også være sande. Disse aksiomer udgør altså det sikre grundlag for al geometri.

Og kontradiktionsprincippet er et andet eksempel på et indlysende rigtigt princip, der ikke kan bevises ud fra noget andet.

Dette indebærer at vores erkendelse bygger på påstande, hvis sandhedsbestemmelse ikke involverer sanseerfaringer, men kun fornuften⁴.

Nogle klassiske fortalere for den rationalistiske tankegang er:

Rene Descartes (1596 – 1650), Baruch de Spinoza (1632 – 1677) og Gottfried Wilhelm Leibniz (1646 – 1716).

Det er historisk interessant at bemærke, at den såkaldte eksperimentelle metode tager sit indtog i den videnskabelige praksis på samme tidspunkt som de klassiske empirister fremføre deres erkendelsesteori. Den eksperimentelle metode bygger på ideen om at det blandt andet er eksperimenter (og derved observationer) der udgør essensen af god

³ Hvis en påstands sandhed (eller falskhed) kun kan etableres ved brug af vores sanseerfaring, så kaldes påstanden en *a posteriori* påstand.

⁴ Hvis en påstands sandhed (eller falskhed) kan afgøres uafhængig af vore empiriske erfaringer eller uden brug af vore sanseerfaring, så kaldes påstanden for en *a priori* påstand.

videnskabelig praksis. Denne udviklings starttidspunkt regnes normalt fra Galileo Galilei (1564-1642), som introducerede den eksperimentelle metode i fysikken. Galilei opfattes af mange, som en af grundlæggerne af den moderne naturvidenskabelige metode. Et kendt slogan fra Galilei er:

"Mål det der kan måles, og gør det, der ikke kan måles målbart".

Galilei var i første omgang ikke særligt interesseret i fænomenernes årsager. Derimod mente han, at man så præcist som muligt skulle undersøge fænomenernes opførsel under forskellige forhold. Dette kunne f.eks. gøres ved hjælp af enkle, kontrollerede eksperimenter. Ved at kombinere kvantitative målinger med matematiske ræsonnementer kunne man så forsøge at opstille teorier for naturens opførsel. Disse teorier kunne derefter atter efterprøves eksperimentelt. Dette er essensen i verifikationismens udgave af den hypotetisk-deduktive metode, som stadig i dag anses af nogle, for at være grundlaget for megen naturvidenskabelig forskning, om end både eksperimenterne og matematikken er blevet mere kompliceret.

Bemærk at Galilei desuden er en af de første, der anvender matematikken som en integreret del af det videnskabelige arbejde. Et andet kendt slogan fra Galilei er:

"Naturens store bog er skrevet i matematikkens sprog".

I en mere moderne version optræder den empiristiske tankegang inden for den videnskabsteoretiske position, der kaldes for den logiske positivisme (eller den logiske empirisme). Specielt med hensyn til opfattelsen af videnskabens "ultimative" fundament, optræder den empiriske tanke.

Ifølg en logisk positivist bygger den videnskabelige erkendelse på to forhold:

1. Det ene forhold omhandler intersubjektive kontrollerbare observationer og eksperimenter. Naturvidenskabelige teorier udledes fra observationer og de dertil hørende observationsudsagn. Dette vil sige at observation og iagttagelse er fundamentet for erkendelsen (dette er lige præcis den empiristiske tanke)
2. Det andet forhold omhandler ræsonnementer der er baseret på disse observationsudsagn. Dette betyder at vi ved hjælp af logik kan udlede andre udsagn om virkeligheden, men at disse nye udsagn altid skal kunne føres tilbage til de basale observationsudsagn.

De fleste fortalere for den logiske positivisme var typisk tilhængere af enten den induktive metode eller den hypotetisk-deduktive verifikations metode. Hvilket hænger fint samme med disse metoders ultimative afhængighed af det empiriske fundament (de empiriske erfaringer).

Et eksempel på en fortæller for den induktive metode er økonomen A. B. Wolf, fra hvem følgende citat er hentet⁵:

“Hvis vi forsøger at forestille os, hvilken videnskabelig metode, en bevidsthed af overmenneskelig kraft og rækkevidde, men dog normal hvad angår logisk tænkemåde, ville anvende ... måtte fremgangsmåden være som i det følgende: For det første ville alle kendsgerninger blive iagttaget og registreret *uden forlods udvælgelse* og uden *a priori* formodninger om deres relative betydning. For det andet, ville de iagttagede og registrerede kendsgerninger blive analyseret, sammenlignet, klassificeret, uden *hensyn til hypoteser eller postulater*, bortset fra hvad logisk tænkning nødvendigvis må indebære. For det tredje, ville der på grundlag af denne analyse af kendsgerninger induktivt blive generaliseret med hensyn til relationerne mellem dem, det være sig klassifikatoriske eller tilfældige. For det fjerde, ville den efterfølgende undersøgelse forløbe deduktivt såvel som induktivt, under anvendelse af slutninger fra tidligere udførte generalisationer”

Læg mærke til at den foregående diskussion af induktivism, verifikationisme og falsifikationisme alle opfatter vores sanseerfaringer som et fundamentalt udgangspunkt for det videnskabelige arbejde.

Induktivisten generaliserer ud fra observationer eller iagttagelser. Det er altså observationerne, der er fundamentet for generalisationerne, og det er induktion der karakteriserer den videnskabelige metode. Ergo er observationerne et ultimativt grundlag for den videnskabelige erkendelse.

Verifikationisten anvender observationerne som evidens for en påstand, en hypotese eller en teori. Det er altså overensstemmelsen mellem f.eks. en hypotese og nogle observationer (observationspåstande) der begrunder den pågældende hypotese. Igen er det observationerne, der er den fundamentale garant for de videnskabelige hypotesers sandhed, og dermed den videnskabelige erkendelses ”sikkerhed”.

Falsifikationisten anvender ligeledes observationerne som det ultimative ”instrument” til at afgøre om en påstand, en hypotese eller en teori er falsk (ifølge falsifikationisten kan en observation jo ikke logisk set tilføre hypotesen nogen sandhed). Det er f.eks. hypotesens manglende overensstemmelse med de empiriske kendsgerninger, der er bestemmende for vores forkastelse af hypotesen. Igen er det observationer eller empiriske kendsgerninger, der er den ultimative dommer, når det handler om videnskabelig erkendelse.

Inden for de to nævnte erkendelsesteoretiske positioner (rationalismen og empirismen) er der problemer med at argumenterer overbevisende for gyldigheden af deres respektive påstande vedrørende erkendelsens fundament, og disse problemer forfølger også induktivisterne, verifikationisterne og falsifikationisterne.

⁵ Taget fra: Hempel, Carl G. *Philosophy of Natural Science* (Englewood Cliffs, N.J.: Prentice Hall, Inc., 1966), p. 11. Above quotation is from A. B. Wolfe, "Functional Economics" in *The Trend of Economics*, edited by R. G. Tugwell (New York: A. Knopf, Inc., 1924), p. 450.

Jeg vil blot ridse nogle af disse problemer op:

- Problemet med *fornuftens relativitet* (kritik af rationalismen). Hvad der er ubetvivlelig og selv-evident for en person afhænger af personens baggrund, hvilket betyder, at der bliver forskel på hvem, der afgør hvad der er ubetvivleligt og selv-evident. F.eks. er Euclid's geometri ikke selv-evident.
- Problemet med *observationens teoriladethed* (kritik af empirismen). Perception eller observation, for en empirist, skal være en solid, ubetvivlelig basis på baggrund af hvilken videnspåstande opstilles, og desuden fungere som en neutralt og objektiv "domstol" vedrørende en afgørelse mellem to rivaliserende påstande. Men hvad en person observerer, og hvad personen ikke observerer, og den form/måde observationen gøres, er influeret af personens baggrundsviden, teorier, hypoteser, formodninger eller begrebsrammer som personen besidder. Dette er formuleret ganske kort af videnskabsteoretikeren N. R. Hanson: "There is more to seeing than meets the eyeball"⁶.
- *Induktionsproblemet* (kritik af empirismen).
 - Dels problemet med *empirisk-induktion*, denne slutningsform er ikke en gyldig slutningsform, jf. den foregående diskussion.
 - Dels problemet med *teoriers underbestemthed* (kritik af empirismen og specielt verifikationismen). Vi kan ikke påstå at observationer eller anden evidens entydigt kan understøtte en bestemt teori eller 100 % bekræfte at en teori er sand. Begrundelsen for dette er, at der er mange andre teorier, der også er kompatible med den samme mængde evidens (og kan derfor også siges at være bekræftet af den samme evidens). Det er ikke kun observationer der afgøre om vi vil acceptere en teori eller ej. Vi behøver hjælp udenfor de observerede fænomener for at afgøre valget mellem to eller flere teorier
- Problemet kaldt *Duhem-Quine tesen* og problemet med *ad hoc* eller hjælpehypoteser (kritik af empirismen og specielt falsifikationismen). Pointen er at empirisk evidens relaterer sig til et helt netværk af overbevisninger og ikke kun til en enkelt isoleret del af dette netværk. Alle vore formodninger der indgår i netværket, er under "angreb" ved en test af en hvilken som helst af disse. Vi kan rede en formodning, en hypotese eller en forudsætning, hvis vi er villige til at ofre en eller flere andre. Eller som Pierre Duhem udtrykker det⁷:

"In sum, the physicist can never subject an isolated hypothesis to experimental test, but only a whole group of hypotheses; when the experiment is in disagreement with his predictions, what he learns is that at least one of the hypotheses constituting this group is unacceptable and ought to be modified; but the experiment does not designate which one should be changed."

⁶ Hanson, N. R.: *Patterns of Discovery*, 1958. p. 7.

⁷ Duhem, P: *The Aim and Structure of Physical Theory*, 1954. p. 187.

- Problemet med *den videnskabelige forsknings sociale nature*. Det forskningssamfund som forskeren tilhører (et samfund der er forenet omkring et paradigme) spiller en central rolle, med hensyn til hvilken en type evidens der er acceptabel, hvilke metoder og kriterier der skal anvendes, hvilken en form en teori må have, osv.. Disse ting er ikke direkte bestemt af "neutrale" observationer.

Slutning til bedste forklaring.

En del af problemet med at begrunde de videnskabelige hypoteser og teorier er altså at finde en løsning på induktionsproblemet (enten ved at begrunde den induktive metode eller ved at begrunde den hypotetisk-deduktive metode). Men begrundelsesproblemet indenfor videnskaben består ikke udelukkende af, at begrunde disse metoder, idet der er andre typer begrundelser for de videnskabelige hypoteser og teorier, der indgår i den videnskabelige praksis. Nogle af disse begrundelser er angivet ved slutningsformen: Slutning til bedste forklaring.

Denne slutningsform er karakteriseret ved at der foreligger en given mængde empirisk data samt flere konkurrerende hypoteser, der alle forklarer den givne mængde empiriske data. Konklusionen ved en slutning til bedste forklaring er at vælge den hypotese/forklaring der bedst forklarer den givne mængde data, og denne hypotese/forklaring anses da for at være den "sande" hypotese. Skematisk kan slutningsformen fremstille på følgende måde:

Præmis 1: Der er givet en mængde empiriske data.

Præmis 2: Hvis $H_1, H_2, H_3, \dots, H_n$ alle er hypoteser der forklarer de givne data, og H_j er den bedste af de n hypoteser til at forklarer de givne data.

Konklusion: Så er der grund til at formode at H_j er sand eller sandhedslig.

Metoden udvælger blandt et sæt af alternative hypoteser den, der giver den bedste forklaring af den forlæggende evidens. Metoden er en form for induktiv slutningsform og har til formål at give os den mest plausible forklaring. Hver af de alternative hypoteser kan være fremkommet ved hjælp af den induktive metode, men det er uvæsentligt for argumentationen bag metoden.

Bemærk at denne type slutning også anvendes inden for ikke-videnskabelige sammenhænge.

For eksempel inden for retsvæsenet. I en mordsag, hvor der mangler første hånds øjenvidner, vil anklageren underbygge en hypotese om at en bestemt person har begået forbrydelsen, ved at pege på forhold der peger på den mordsigtede, f.eks. i form af fodspor, blodpletter, krudtslam, ... samt den mordsigtedes manglende redegørelse på, hvor han var på mordtidspunktet. Alle disse forhold kan forklares, hvis det antages at den sigtede begik mordet. Forsvaren har (forhåbentlig) en anden forklaring på disse forhold,

hvor det så er op til dommeren at afgøre hvilken en forklaring eller hypotese, der er den ”bedste”, for derefter at afsige en dom.

Et andet eksempel af mere dagligdags karakter. Du opdager at der er spist af osten, der ligger på køkkenbordet, og du ser at der ligger musse-lignende ekskrementer på køkkengulvet. Din forklaring på disse kendsgerninger er, at det er en mus, der har været på spil. Denne forklaring er meget plausibel, men er ikke den eneste forklaring af situationen. F.eks. er det ikke utænkeligt at naboens søn har spist af osten og placeret nogle musse-lignende ekskrementer på køkkengulvet, for at sløre den ”sande” forklaring.

Bemærk at vi i begge eksempler er mere eller mindre sikre på at der findes en sand forklaring på begivenhederne (henholdsvis mordet og den manglende ost), problemet er blot at vi ikke har adgang til alle de informationer, der ville være nødvendige for direkte at kunne fremkomme med den sande forklaring.

Videnskabeligt eksempel: Forklaringen af kæmpeøglernes uddøen for 65 millioner år siden.

Pålideligheden af denne metode afhænger af hvad vi forstår ved, at en forklaring er ”bedst”.

Og her spiller nogle såkaldte induktive værdier eller metode regler ind (kriterier for teorivalg eller dyder). Hvis disse standarder er opfyldt, så har vi gode grunde til at mene at hypotesen eller forklaringen er ”sand”.

- *Enkelhed, skønhed og symmetri:*
Enkle forklaringer er at fortrække frem for komplicerede forklaringer. Inspireret af William af Ockham og hans økonomiprincip. Ockhams rasekniv.
- *Nøjagtighed:*
Forklaringen skal være i overensstemmelse med iagttagelser og eksperimentelle resultater.
- *Observationelt omfang, bredde:*
Forklaringen skal gøre rede for alle relevante kendsgerninger. Hypotesen er født til at forklare det forlæggende fænomen, men det tæller til gunst for hypotesen, hvis den også kan forklare andre fænomener. Jo flere andre fænomener hypotesen kan forklare des bedre.
- *Frugtbarhed:*
Forklaringen skal række ud over de kendsgerninger den i første omgang blev formuleret til at forklare. Forklaringen resulterer i interessante spørgsmål og nye problemstillinger. Det er en styrke for en forklaring, hvis den kan forudsige nye fænomener.
- *Tidligere succes:*
Forklaringen skal gøre rede for tidligere iagttagelser.

- *Interteoretisk støtte:*
En god forklaring bør være integreret med andre accepterede forklaringer og teorier, og ikke fremstå teoretisk isoleret. Hvis en forklaring af et fænomen kan inkorporeres, som en del af en allerede eksisterende videnskabelig teori, så er det til gunst for forklaringen.
- *Konsistens:*
Forklaringen må ikke indeholde selvmodsigelser.
- *I overensstemmelse med metafysiske antagelser:*
En forklaring der bygger på accepterede metafysiske baggrundsantagelser er at foretrække.
- *Kvantitativ formulerbar:*
En kvantitativ hypotese er bedre end en kvalitativ hypotese.
- *Dybde:*
En god forklaring giver ikke blot en korrelation eller sammenhæng, men også en mekanisme, der viser hvorledes korrelationen kan forstås. Hvis hypotesen eller forklaringen bygger på velkendte modeller eller mekanismer, så vil dette være til gunst for hypotesen eller forklaringen. Analogi til veletablerede modeller og mekanismer er en positiv dyd.

I forbindelse med disse induktive værdier og valg af en hypotese (forklaring), skal det bemærkes, at disse værdier også anvendes indenfor det videnskabelige samfund til at bestyrke accepten af mere generelle teorier. F.eks. er en begrundelse for accepten af Newtons teori, at Galileis faldlov og Keplers love for planeternes bane om solen kan udledes af Newtons teori. Desuden kan Newtons teori gøre rede for tidevandets periodiske bevægelser og bevægelsen af gynger og karruseller.

Eksempel: Balmer serien, Bohrs atommodel samt Titius-Bodes lov.

Opsamling

I det følgende vil en kort opsummering og opsamling af forskellige videnskabsteoretiske holdninger til begrundelsesproblemet blive beskrevet:

Induktivister⁸ mener at de generelle videnskabelige hypoteser eller teorier kan bekræftes eller have en passende høj konfirmationsgrad. Og denne konfirmation kan foregå via den empirisk-induktive metode, med de dertil hørende krav eller betingelser.

Verifikationister⁹ mener at de videnskabelige hypoteser eller teorier kan erhverve positiv sandsynlighed for at være sande, ved at eftervise at de empiriske konsekvenser af hypoteserne og teorierne er i overensstemmelse med de empiriske erfaringer. Teorierne har uendelig mange empiriske konsekvenser og kan derfor aldrig ”verificeres”, men de kan blive delvist begrundet/konfirmeret i forskellige grader, der viser, at de er mere eller mindre sandsynlige sande. Enhver sand konsekvens af teorien er en positiv instans af teorien, og denne positive instans tilføjer konfirmation eller sandsynlighed til de videnskabelige hypoteser eller teoriers sandhed.

Falsifikationister¹⁰ mener at de generelle videnskabelige hypoteser eller teorier overhoved ikke kan begrundes, fordi vi er logisk afskåret fra at kunne opnå begrundet sand viden i form af sande almene og universelle hypoteser om virkeligheden. Ideen er at de positive instanser kun giver mulighed for sandhed ikke sandsynlighed for sandhed. De undersøgte empiriske konsekvenser repræsenterer en forsvindende lille del af de mulige konsekvenser, men vi kan stadigvæk falsificere hypoteserne, hvilket sikrer at vi kan tale om en videnskabelig metode. Videnskabelige test (observation og eksperiment) er en metode til at eliminere falske teorier eller hypoteser og ikke en metode til at konfirmere teorier eller hypoteser.

Læg mærke til at de tre omtalte positioner alle opfatter de videnskabelige teorier som hypotetisk-deduktive systemer. Og det er de videnskabelige hypoteser og deres relation til empirien, der er det centrale omdrejningspunkt, når en videnskabelig hypotese eller teori skal vurderes. Der er ikke tvivl om at de videnskabelige hypoteser og deres forhold til empiri er et væsentligt element i enhver videnskab, men hvorvidt accepten af en videnskabelig hypotese udelukkende kan afgøres ud fra overensstemmelsen mellem hypoteser og empiri, er anfægtet af andre videnskabsteoretikere. Man kan sige at hypotesernes sandhed i de nævnte tilfælde afhænger af deres korrespondens med empirien¹¹. Men det er ikke kun de empiriske konsekvenser, der er afgørende for, om vi accepterer en hypotese eller en teori, der er også andre faktorer der spiller ind. Jf. afsnittet om slutning til bedste forklaring, hvor der blev fremhævet ikke-empiriske værdier (de såkaldte induktive værdier).

⁸ En fortaler for denne metode er Francis Bacon.

⁹ Se f.eks. Rudolf Carnap: *The Confirmation of Laws and Theories*.

¹⁰ Se f.eks. Karl R. Popper: *The Logic of Scientific Discovery*, 1959.

¹¹ Denne sandhedsteori kaldes for korrespondensteorien for sandhed.

Konventionalister¹² er imod både induktionister, verifikationister og falsifikationister, idet videnskabelige teorier ikke udelukkende vælges eller accepteres på baggrund af empiriske grunde, men de vælges ligeledes ud fra konventioner. Disse konventioner kan f.eks. være simpelhed, kohærens, økonomi,.... Argumentet er, at det er hele systemet af accepterede påstande sammen med den videnskabelige hypotese eller teori, der er under test ved en eventuel forkert observationel konsekvens. En videnskabelig hypotese eller en videnskabelig teori kan ikke testes i isolation.

Dette er udtrykt af Duhem i følgende citat:

”Physical science is a system that must be taken as a whole; it is an organism in which one part cannot be made to function except when the parts that are most remote from it are called into play, some more so than others, but all to some degree”¹³.

Falskhed rammer hypotesen sammen med hele den bagvedliggende teori, og det er derfor umuligt at falsificere en enkelt hypotese på denne måde (dette er essensen i Duhem-Quine tesen). Man kan her sige at hypotesernes sandhed afhænger af relationen mellem hypotesen og resten af det teoretiske net¹⁴. Man kan forkaste hypotesen, men man kan også forkaste andre dele af teorien eller man kan indføre ad hoc hypoteser til at rede hypotesen/teorien.

Ikke-deduktivister¹⁵. Et eksempel på denne holdning vil være at opfatte de videnskabelige teorier, som værende beskrivelser af de bagvedliggende mekanismer. Disse beskrivelser kan i visse tilfælde tage form af deduktive systemer, men der er mange andre måder at beskrive disse mekanismer på, f.eks. i form af billeder, modeller, diagrammer, Dette indebærer altså at bærerne af videnskabelig viden ikke kun er videnskabelige påstande i form af eksplicitte formulerede hypoteser, men også billeder og modeller (f.eks. vil en molekylærbiologisk teori ikke være beskrevet i et deduktivt system). Begrundelsesproblemet består da også i at argumenterer for at en bestemt model er den bedst mulige beskrivelse af den bagvedliggende mekanisme, som producerer en bestemt type fænomener. Der er nogle ikke direkte empiriske kriterier, der er medvirkende til at acceptere en videnskabelig teori. F.eks. ”reglen” om analogi eller ensartethed med andre teorier, hvilket betyder at, hvis hypotesen er udtryk for en mekanisme eller forklaringsform, som er analog til andre allerede accepterede hypoteser, så er det godt. Eller ”reglen” om indplacering i en større teoretisk ramme, hvilket betyder at hypoteser der får teoretisk opbakning fra en mere generel teori er at foretrække, frem for hypoteser der ikke har denne opbakning. Desuden kan ”reglen” om enkelhed, skønhed, symmetri, fuldstændighed,...også have indflydelse på accepten af en videnskabelig hypotese eller teori. Bemærk at disse ”regler” minder om de værdier der er involveret ved afgørelsen om en given forklaring er den bedste forklaring (se afsnittet om slutning til bedste forklaring på side 15).

Eksempel: Kvantefeltteori og symmetri.

¹² Se f.eks. Duhem, P.: *The Aim and Structure of Physical Theory*, 1954.

¹³ Duhem, P.: *The Aim and Structure of Physical Theory*, 1954.

¹⁴ Denne sandhedsteori kaldes for kohærensteorien for sandhed.

¹⁵ Se f.eks.: Harré, Rom: *The Philosophies of Science*.