

VIDENSKABSTEORI



x-klasserne

Gammel Hellerup Gymnasium

INDHOLDSFORTEGNELSE

Indhold

INDHOLDSFORTEGNELSE	2
INDLEDNING.....	3
VIDENSKABSTEORI.....	3
DEDUKTION OG INDUKTION	3
NATURLOVE.....	9
NATURVIDENSKABELIG METODE	10

INDLEDNING

Det er umuligt at komme med en fyldestgørende beskrivelse af, hvordan man inden for naturvidenskaberne er kommet frem til den enorme mængde viden, der til stadighed udbygges, justeres, glemmes og forkastes.

Viden kan være opstået gennem gode ideer, tilfældigheder, opmærksomme iagttagelser af uventede hændelser, forkerte udregninger og fejl, der udligner hinanden, gruppers systematiske arbejde og enkeltpersoners vedholdende fokusering på problemer.

Inden for videnskabsteorien forsøger man at give en slags ideal for, hvordan videnskab burde bedrives, og hvordan man undgår ”forkert” viden.

Inden for naturvidenskaben anvendes den såkaldt hypotetisk-deduktive metode koblet sammen med falsifikationsprincippet.

Det går kort fortalt ud på, at man har en hypotese (også kaldet en teori), som man udleder nogle konsekvenser af. Disse konsekvenser skal ifølge falsifikationsprincippet testes med henblik på at få forkastet hypotesen. Hvis dette mislykkes, er hypotesen ikke blevet forkastet, men derimod styrket.

VIDENSKABSTEORI

Videnskabsteori beskæftiger sig med vores mulighed for at skabe ny viden, og hvordan vi vurderer denne viden. Dette må ikke forveksles med at tilegne sig viden ved at læse en bog og tænke over indholdet.

En væsentlig konklusion, som der har været bred enighed om blandt de filosoffer, der har beskæftiget sig med videnskabsteori, er, at man ikke kan snakke om ”sande” teorier. Man kan med andre ord aldrig være sikker på, at en teori er rigtig.

På samme måde skal du være opmærksom på, at selve videnskabsteorien ikke kan anses for at være ”sand”. Der foreligger ikke nogen endegyldig Videnskabsteori, og du skal altså ikke lægge din kritiske sans på hylden, når du læser dette hæfte.

Endelig skal du også være opmærksom på, at denne fremstilling af videnskabsteorien jo nogle steder kan være misforstået eller ufyldestgørende.

Det er primært Karl Poppers version af videnskabsteorien, der bliver fremlagt her, da det er den version, der oftest anvendes. Det er Karl Popper, der står bag både den hypotetisk-deduktive model og falsifikationsprincippet.

DEDUKTION OG INDUKTION

Deduktion og *induktion* er i sig selv ikke begreber, der er specifikt knyttet til videnskabsteori. Det er måder at drage slutninger på, der kan inddrages, hvor der er behov for dem.

Logik er læren om gyldige slutninger, og man kan så definere de to begreber ved:

Deduktion: Ved deduktion slutter man ved anvendelse af logiske slutningsregler fra en række præmisser til en konklusion.

Induktion: Ved induktion slutter man fra, at alle hidtil iagttagne forekomster af fænomener af typen S har besiddet egenskaben P til, at alle forekomster af fænomener af typen S vil besidde egenskaben P.

Deduktion

Eksempler på deduktive slutninger:

Eksempel 1:

1. præmis: Alle mennesker er dødelige.
 2. præmis: Sokrates er et menneske.
- Konklusion: Ergo er Sokrates dødelig

Eksempel 2:

1. præmis: Alle svaner er hvide.
 2. præmis: Nogle fugle er svaner.
- Konklusion: Ergo er nogle fugle hvide

Disse to eksempler kaldes *sylogismer*. De blev første gang behandlet af filosofen Aristoteles (384-322 fvt.), der er grundlægger af logikken. De har ikke så stor praktisk betydning, men de er gode til at illustrere pointen ved deduktion.

Sylogismer indeholder 3 domme: 2 præmisser (kaldet oversætning og undersætning) og en konklusion. Oversætningen indeholder et prædikat P (markeret med rødt) og et mellembegreb M (markeret med brunt). Undersætningen indeholder et subjekt S (markeret med blå) og mellembegrebet. Og endelig indeholder konklusionen først subjektet og derefter prædikatet.

I oversætningen og undersætningen kan der byttes rundt på rækkefølgen af prædikat-mellembegreb og subjekt-mellembegreb. Dette giver 4 såkaldte *figurer* for sylogismer:

Figur 1	Figur 2	Figur 3	Figur 4
M-P S-M	P-M S-M	M-P M-S	P-M M-S

Der findes 4 forskellige typer af domme:

A-dom (Affirmo ~ "Jeg bekræfter"): Alle ...

I-dom (affIrmo ~ "Jeg bekræfter"): Nogle ...

E-dom (nEgo ~ "Jeg benægter"): Ingen ...

O-dom (negO ~ "Jeg benægter"): Nogle ... ikke ...

Der er altså 4 forskellige figurer, og i hver figur er der 4 forskellige muligheder for domme i oversætningen, undersætningen og konklusionen. Dette giver mulighed for $4 \cdot 4 \cdot 4 \cdot 4 = 256$ forskellige sylogismer.

MEN ... og her kommer en pointe i forbindelse med at forstå begrebet deduktion:

Kun en meget lille del af sylogismerne er gyldige. Det er netop de sylogismer, hvor konklusionen er fremkommet ved deduktion, dvs. hvor man har benyttet de logiske slutningsregler.

Et eksempel på en ikke-gyldig sylogisme er:

Pseudo-eksempel (Ikke-gyldig sylogisme med figur 1):

1. præmis: Nogle svaner er hvide (I-dom)
 2. præmis: Nogle fugle er ikke svaner (O-dom)
- Konklusion: Ergo er ingen fugle hvide (E-dom)

Bemærk, at konklusionen IKKE følger af præmisserne, dvs. sylogismen er IKKE gyldig, og der er IKKE anvendt deduktion.

Sylogismen er **gyldig**, netop når der er anvendt deduktion. Men fortæller dette noget om konklusionens **sandhed**? For at besvare dette spørgsmål, kan vi først se på nogle eksempler:

Eksempel 3:

1. præmis: Alle børn kan løbe hurtigt (A-dom)
 2. præmis: Ingen skildpadder kan løbe hurtigt (E-dom)
- Konklusion: Ergo er ingen skildpadder børn (E-dom)

Eksempel 4:

1. præmis: $3 > 1$
 2. præmis: $2 > 3$
- Konklusion: Ergo er $2 > 1$

Syllogismerne er i begge tilfælde **gyldige**, og konklusionerne er rigtige (**sande**). Men i eksempel 3 er 1. præmis tydeligvis ikke rigtig, og i eksempel 4 er 2. præmis heller ikke rigtig.

Man kan altså godt opnå rigtige konklusioner ved deduktion, selvom præmisserne er forkerte.

Se nu på følgende:

Eksempel 5:

1. præmis: Alle fugle har fjer.
 2. præmis: Nogle fugle er pattedyr.
- Konklusion: Nogle pattedyr har fjer.

Igen er det en **gyldig** syllogisme, dvs. der er anvendt deduktion. Men 2. præmis og konklusionen er **forkerte**.

Man kan altså godt få en forkert konklusion, selvom man anvender deduktion. Det skyldes i så fald, at (mindst) en af præmisserne er forkerte.

Men hvis præmisserne er sande, og syllogismen er gyldig, så er konklusionen også sand.

Disse meget væsentlige resultater kan samles i følgende oversigt:

HVIS MAN ANVENDER DEDUKTION, SKAL MAN VÆRE OPMÆRKSOM PÅ:

- 1) Deduktive slutninger er - pr. definition - logisk gyldige.
- 2) Hvis præmisserne er sande, bliver konklusionen også sand.
- 3) Hvis mindst en af præmisserne er falsk, kan konklusionen både blive sand og falsk (selvfølgelig ikke på én gang).

Punkt 2) er væsentligt inden for matematikken, hvor teorier ofte opbygges ved den *aksiomatisk-deduktive* metode, hvor man tager udgangspunkt i nogle aksiomer, der er sætninger, der anses som oplagt sande, og ud fra disse i et bevis deducerer sig frem til nye sætninger, der så ifølge ovenstående må anses for at være sande.

Den aksiomatisk-deduktive metode fører altså til sande konklusioner (hvis man kan gå ud fra, at aksiomerne er sande, og hvis man ikke laver fejl i sin argumentation).

Ovenstående har taget udgangspunkt i præmisserne. Udtrykt med udgangspunkt i konklusionerne har man:

- a) Hvis konklusionen er falsk, er mindst én af præmisserne falsk.
- b) Hvis konklusionen er sand, ved man ikke, om præmisserne er sande eller falske.

Dette er væsentligt inden for naturvidenskaberne. Her har man ingen aksiomer at gå ud fra, men man er tvunget til at arbejde med hypoteser (eller teorier) som præmisser. Ud fra disse hypoteser udleder man nogle konsekvenser (konklusioner), der derefter kan testes.

Og her kommer problemet: Man er interesseret i at undersøge, om hypoteserne (præmisserne) er sande, men det er konsekvenserne (konklusionen), der kan testes. Og selvom konklusionen viser sig at være sand, kan man ifølge punkt 3) godt have en falsk præmis. Eller med andre ord: **En forkert teori kan godt give rigtige resultater i nogle situationer.**

Syllogismer er som nævnt ikke særlig anvendt i praksis.

Inden for matematik anvendes deduktion i beviserne. Ofte er et bevis en blanding af udregninger og tekst, så deduktionen fremstår ikke så klart. Men nedenstående er et eksempel på anvendt deduktion inden for matematik:

Eksempel 6:

$$b + c < a \wedge a, b, c \in \mathbb{R}_+ \Rightarrow$$

$$(b + c)^2 < a^2 \wedge a, b, c \in \mathbb{R}_+ \Rightarrow$$

$$b^2 + c^2 + 2 \cdot b \cdot c < a^2 \wedge a, b, c \in \mathbb{R}_+ \Rightarrow$$

$$\frac{b^2 + c^2 - a^2}{2 \cdot b \cdot c} < -1$$

Inden for fysik kunne et eksempel på deduktion være:

Eksempel 7:

1. præmis (naturlov): Energi kan hverken opstå eller forsvinde - kun omdannes mellem forskellige former for energi.
 2. præmis: Når en kugle slippes fra en skævt tårn, falder gennem luften og rammer jorden, vil der kun ske ændringer i den potentielle energi, kinetiske energi og termiske energi.
 3. præmis: Hvis kuglen er i hvile i både start- og slutpositionen, vil dens kinetiske energi være den samme i start- og slutpositionen.
- Konklusion: Hvis kuglen er i hvile i både start- og slutpositionen, vil al den potentielle energi, den har mistet undervejs, være omdannet til termisk energi.

Bemærk, at det er 1. præmis, dvs. naturloven, som man er interesseret i at undersøge. Men man kan ikke undersøge den direkte, fordi den udtaler sig om noget, der gælder generelt, og man kan kun undersøge konkrete tilfælde. Man deducerer sig derfor frem til en konklusion, som man kan undersøge, hvis man er i stand til at måle både den potentielle energi og den termiske energi i startpositionen og i slutpositionen.

Og problemet er så som nævnt, at selvom konklusionen viser sig at være rigtig, kan man ikke deraf konkludere, at naturloven er rigtig.

Induktion

Induktion er et begreb, der er væsentlig sværere at behandle end deduktion. Der findes inden for filosofien forskellige definitioner og beskrivelser af induktion, og nogle af disse overlapper ikke engang hinanden, så når man udtaler sig om induktion, skal man gøre sig klart, hvilken betydning man tillægger ordet.

Desuden skal man være opmærksom på, at ordet *induktion* har forskellige betydninger inden for forskellige fag. F.eks. bruges ordet i fysik, når en ændring i et magnetfelt inducerer en strøm, og i matematikken anvendes induktionsbeviser ... der rent faktisk som alle andre matematiske beviser anvender deduktion.

Vi ser her på tre forskellige definitioner eller beskrivelser af begrebet:

3 forskellige beskrivelser af induktion

- a) Ved induktion slutter man fra, at alle hidtil iagttagne forekomster af **fænomener af typen S** har besiddet **egenskaben P** til, at **alle** forekomster af **fænomener af typen S** vil besidde **egenskaben P**.
- b) Induktion er en slutning fra det specielle til det generelle.
- c) Ved induktion baseres en konklusion på en række præmisser, der yder stærk støtte til konklusionen, men ikke sikkerhed.

Fælles for alle disse beskrivelser er, at induktive slutninger IKKE er logisk gyldige. Det står nærmest eksplicit i formulering c), mens man kan overbevises om det i formuleringerne a) og b) ved at finde konkrete modbeviser. Vi skal se, at Karl Popper argumenterer for, at induktion forstået som formulering a) slet ikke eksisterer i praksis. Men hvis man anvender formulering c), vil de samme argumenter føre til, at alle vores beskrivelser af naturlove er baseret på induktion.

Induktion - beskrivelse a)

Eksempel 1:

Alle de **svaner**, jeg har set og hørt om, er **hvide**, derfor må alle **svaner** være **hvide**.

Modbevis: I Australien findes sorte svaner (*Cygnus atratus*), og i Sydamerika findes sorthalsede svaner (*Cygnus melanocoryphus*). Bemærk, at præmissen i dette tilfælde er sand (hvis man kan gå ud fra, at jeg er klar over, hvad jeg har set og hørt), men bare ét modbevis viser, at konklusionen er falsk.

Bemærk, at du ikke støder på sådan et tilfælde under deduktion. Kendetegnet på, at et argument ikke er logisk gyldigt, er, at sande præmisser kan føre til falske konklusioner. Falske præmisser kan godt føre til sande konklusioner i et logisk gyldigt argument.

Eksempel 2:

Grækeren Pytheas fra Massalia foretog ca. 320 fvt. en rejse til Nordeuropa og skrev om det i værket *Om havet*. Her berettede han om mennesker, der havde oplevet mange dage i træk, hvor solen ikke gik ned. Han blev ikke troet af sine medborgere, for de ræsonnerede induktivt, at de hver dag så solen stå op og gå ned, og de havde rejst vidt omkring i verden (Afrika og Asien) og aldrig hørt om andet, og derfor måtte Solen alle steder og til alle tider hver dag stå op og gå ned.

Eksempel 3:

Jeg har nu stået her i flere timer i skoven og samlet alle mulige forskellige ting (grankogler, fjer, sten af alle størrelser, blade, grene, biller, en frø, ...) op fra jorden og sluppet dem, og hver gang er de faldet ned på jorden. Altså må det være sådan, at hvis man står på jorden og slipper en hvilken som helst genstand, så falder den ned på jorden.

Find selv modeksempler i eksemplerne 2 og 3.

Eksempel 4:

Jeg har nu set på alle de lige tal mellem 3 og 57231, og jeg har i hvert tilfælde kunnet skrive dem som summen af to primtal. Begyndelsen af min række er:

$$4 = 2 + 2$$

$$6 = 3 + 3$$

$$8 = 3 + 5$$

$$10 = 3 + 7 = 5 + 5$$

$$12 = 5 + 7$$

$$14 = 3 + 11 = 7 + 7$$

Altså kan jeg konkludere, at alle lige tal over 3 kan skrives som summen af to primtal.

I dette eksempel skal du ikke forsøge at finde modeksempler. Der er endnu ikke fundet modeksempler. Resultatet kaldes *Goldbachs formodning*. Den blev formuleret af Euler som svar på en lidt svagere formulering, som Goldbach skrev til ham i et brev i 1742. Bemærk ordet 'formodning'. Der er aldrig fundet et modeksempel, men alligevel regnes formuleringen ikke som en 'sætning', fordi argumentationen, hvor man baserer konklusionen på manglende modeksempler, er induktiv, og induktive slutninger er ikke logisk gyldige.

Man har dog ikke opgivet at bevise formodningen og dermed gøre den til en sætning. I 2013 publiceredes et bevis for en lidt svagere formulering, så måske lykkes det inden for den nærmeste fremtid at komme med et bevis.

Induktion - beskrivelse b)

Eksempel 1:

Alle de svaner, jeg har set og hørt om, er hvide, derfor må alle svaner være hvide.

Her har man argumenteret ud fra det specielle (de konkrete svaner, der er set) til det generelle (alle svaner).

Eksempel 2:

Da jeg lige før sendte strøm gennem ledningen, slog magnetnålen ud, så det må gælde, at når strømmen gennem en leder ændres, skabes der et magnetfelt.

Eksempel 3:

Min stikprøve på 300 personer af den voksne danske befolkning viser, at 17% stemmer på Socialdemokratiet. Så 17% af den danske befolkning stemmer på Socialdemokratiet.

Induktion - beskrivelse c)

Eksempel 1:

Alle kendte livsformer er afhængige af vand på flydende form, så når man søger efter spor af liv i rummet, søger man altid efter planeter eller måner, hvor der er eller har været flydende vand.

Eksempel 2:

Store engelske undersøgelser har vist, at $\frac{2}{3}$ af de rygere, der ikke stopper med at ryge, vil dø som direkte følge af rygningen, dvs. at den unge ryger Thorleif har $\frac{1}{3}$ chance for ikke at dø som følge af rygning, hvis han fortsætter med at ryge.

Bemærk, hvordan dette eksempel er i direkte modstrid med beskrivelse b), da man her går fra det generelle til det specielle.

Eksempel 3:

1. præmis: Alle de svaner, der er iagttaget, har været hvide.
 2. præmis: Der er blevet iagttaget svaner i flere århundreder i både Europa, Afrika og Asien.
- Konklusion: Alle svaner er hvide.

Bemærk, at præmisserne yder stærk støtte til konklusionen, der dog i dette tilfælde viste sig at være forkert.

NATURLOVE

Deduktion og induktion er som nævnt to forskellige måder at drage slutninger på. Vi skal nu se på, hvad det er, man inden for videnskabsteorien er interesseret i at drage slutninger om.

Som udgangspunkt er det naturlove, man søger inden for i hvert fald naturvidenskaben, men vi skal senere se på andre muligheder.

Definition: En *naturlov* er en generel og velbegrundet sammenhæng mellem fysiske størrelser.

Med 'generel' menes, at den skal gælde til alle tider, på alle steder og under alle betingelser. Der må ikke være undtagelser, og man kan aldrig bruge vrøvlesætningen om, at det er "undtagelsen der bekræfter reglen".

Med 'velbegrundet' menes, at den skal være undersøgt mange gange med den naturvidenskabelige metode, dvs. den skal forgæves være forsøgt falsificeret mange gange.

Med 'fysiske størrelser' menes, at den skal udtale sig om størrelser, der bruges til beskrivelse af naturen, er klart forstået og kan måles.

Eksempler på naturlove er:

- 1) Energi kan hverken opstå eller forsvinde.
- 2) Bevægelsesmængde (impuls) kan hverken opstå eller forsvinde.
- 3) Ladning kan hverken opstå eller forsvinde.
- 4) To genstande påvirker hinanden med kræfter, der er lige store og modsatte.

NATURVIDENSKABELIG METODE

Vi ved nu, at det er naturlove, vi ønsker at undersøge, og vi ved, at når vi skal drage slutninger, har vi deduktion og induktion til rådighed.

Vi følger herefter filosofen Karl Poppers (1902-1994) ræsonnementer, da han er manden bag den hypotetisk-deduktive metode og falsifikationsprincippet, som oftest nævnes, når man snakker om den naturvidenskabelige metode.

Du skal være opmærksom på, at Karl Popper tager udgangspunkt i beskrivelse a) af begrebet induktion. Han siger så:

Popper mod induktion

1) Induktion, dvs. slutning baseret på mange iagttagelser, er en myte. Den er hverken en psykologisk kendsgerning eller en dagligdags kendsgerning eller en kendsgerning om den videnskabelige fremgangsmåde.

Kommentar: Med 'psykologisk kendsgerning' og 'dagligdags kendsgerning' mener Popper, at mennesket slet ikke anvender induktion i sin tænkning. Ifølge Popper er det aldrig således, at et menneske iagttager den samme ting mange gange, før det drager en konklusion. Og Popper mener heller ikke, at man nogensinde anvender induktion i praksis, når man arbejder som videnskabsmand.

Popper siger derimod:

2) Videnskabens virkelige fremgangsmåde er at arbejde med gisninger: at springe til konklusioner - ofte efter blot en enkelt iagttagelse.

Kommentar: Her er det tydeligt, at Popper ikke med induktion forstår vores beskrivelse b) (spring fra det specielle til det generelle), for ovenstående hører ind under denne beskrivelse.

3) Gentagne iagttagelser og forsøg fungerer i videnskaben som afprøvninger af vore gisninger eller hypoteser, dvs. som forsøg på gendrivelse.

Kommentar: Dette er det centrale punkt i forståelsen af forskellen mellem induktiv og hypotetisk-deduktiv metode. Hvis man følger den induktive tankegang, kunne man som eksempel sige, at man iagttager en kugle, der falder mod jorden 38 gange, og først efter 38. gang konkluderer man, at kugler falder mod jorden. Ifølge Poppers formulering vil man efter første fald springe til den konklusion (gisning), at kugler falder til jorden, og de næste 37. iagttagelser fungerer derefter som afprøvninger af teorien.

4) Den fejlagtige tro på induktion er forstærket af behovet for et afgrænsningskriterium, som man traditionelt, men fejlagtigt, tror kun den induktive metode kan give.

Falsifikationsprincippet

Popper tænkte over, hvad videnskab er - eller burde være. Han havde været involveret i arbejde inden for psykologien og havde i starten været imponeret over alt det, der kunne forklares med de psykologiske teorier. Efter et stykke tid kom han imidlertid til at tvivle på teorierne. Ligeledes havde han beskæftiget sig en del med Karl Marx og økonomiske teorier, og igen havde han nogle indvendinger. Han begyndte derefter at tænke over, hvad videnskab egentlig er for en størrelse, og han kom frem til:

1) Det er let at opnå bekræftelser eller verifikationer for næsten enhver teori - hvis vi søger efter bekræftelser.

Kommentar: Det er blevet bemærket, at mennesker har en tendens til at bemærke alle de ting, der støtter deres overbevisninger, mens de overser de ting, der ikke passer med overbevisningerne.

2) Bekræftelser bør kun tælle, hvis de er resultatet af dristige forudsigelser, dvs. hvis vi uden at være ledet af den pågældende teori ville have forventet en begivenhed, som var uforenelig med teorien - en begivenhed som ville have gendrevet teorien.

Kommentar: Dette er et meget skrappt krav, som det næsten kun er kemi og fysik, der har været i stand til at leve op til, og derfor er Poppers syn på videnskabelighed ikke så velset alle andre steder.

3) Enhver "god" videnskabelig teori er et forbud: den forbyder, at visse ting sker. Jo mere en teori forbyder, jo bedre er den.

Kommentar: Bemærk, hvordan de fire naturlove nævnt tidligere lever op til dette. Det er et meget strengt forbud, at en størrelse er bevaret.

4) En teori som ikke kan gendrives af nogen tænkelig begivenhed er ikke-videnskabelig. Det er ikke som nogle mennesker tror en dyd, men derimod en last hos en teori, at den ikke kan gendrives.

5) Enhver virkelig afprøvning af en teori er et forsøg på at falsificere den eller at gendrive den. Prøvbarhed er det samme som falsificerbarhed; men der er grader af prøvbarhed: nogle teorier er mere prøvbare, men udsatte for gendrivelse end andre; man kunne sige, at de løber en større risiko.

Kommentar: **Dette er falsifikationsprincippet.**

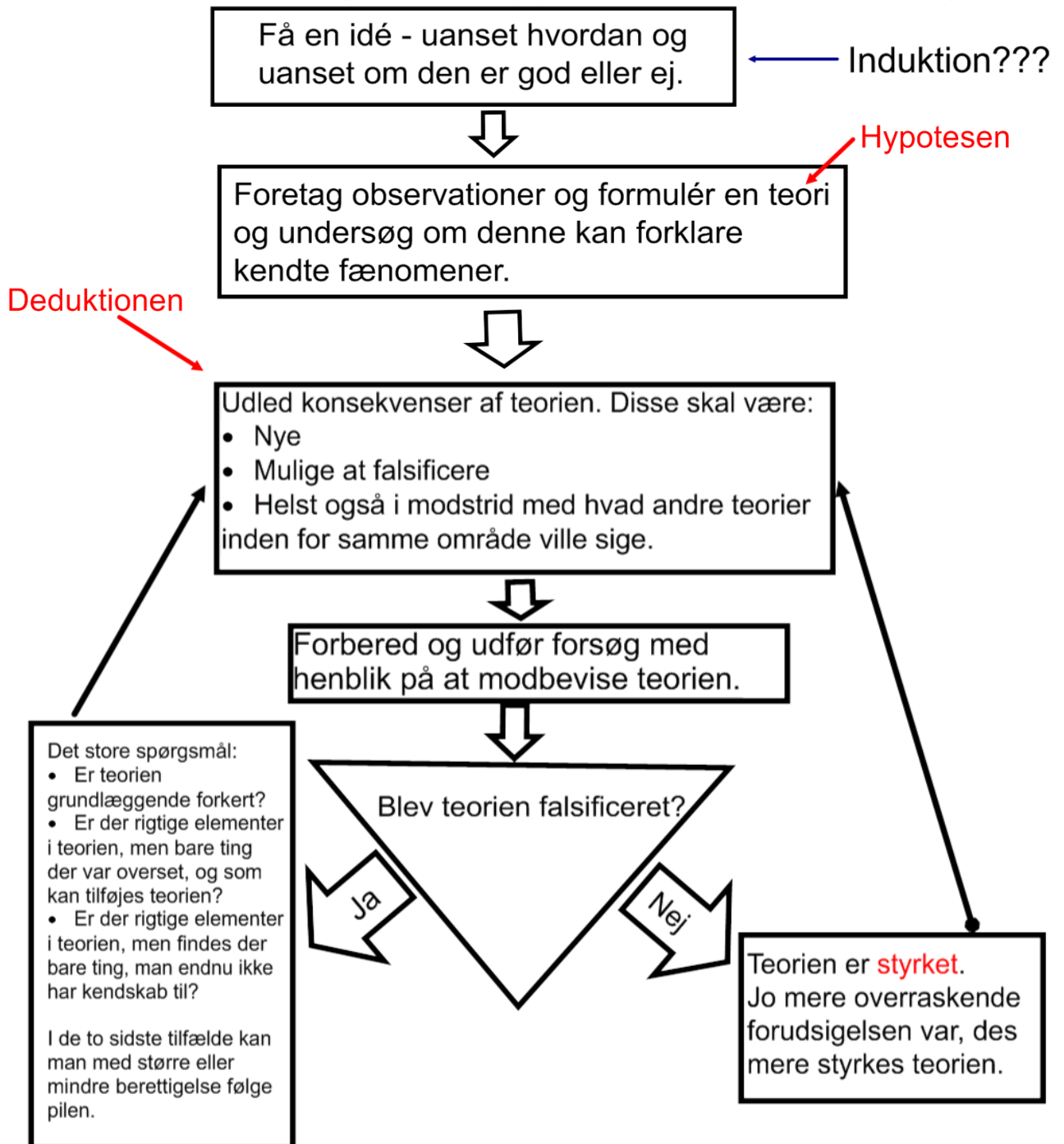
6) Bekræftende vidnesbyrd bør ikke tælle undtagen når de er resultater af en virkelig afprøvning af teorien; og dette betyder, at de kan fremstilles som et alvorligt, men mislykket forsøg på at falsificere teorien.

**Sammenfatning:
Kriteriet på en teoris
videnskabelige status er dens
falsificerbarhed dvs. dens
mulighed for at blive gendrevet.**

Den naturvidenskabelige metode bliver så ifølge Popper:

Den naturvidenskabelige metode

Den naturvidenskabelige metode (hypotetisk-deduktive metode):



Gennemgang af skemaet:

Få en idé - uanset hvordan og uanset om den er god eller ej.

Popper er kort sagt ligeglad med, hvordan idéerne er opstået. Han skriver selv, at de kan opstå på alverdens forskellige måder. HVIS man vil have induktion med i skemaet, er dette som en af de måder, hvorpå man kan få ideer.

Det væsentlige for Popper kommer i det følgende:

Foretag observationer og formulér en teori og undersøg om denne kan forklare kendte fænomener.

Den første væsentlige afprøvning af en teori er, om den kan forklare de fænomener, der tilhører teoriens område, og som allerede er kendte. Da Newton formulerede sin tyngdelov, kunne han ved beregninger vise, at det var den samme kraft, der trak æblet mod Jorden, som trak Månen mod Jorden, og han kunne beregne, at planeterne ville bevæge sig i ellipsebaner. Men hans beregninger viste også, at Jorden måtte være fladtrykt og bredest ved ækvator, og på den tid havde man faktisk målinger, der viste, at Jorden var bredest mellem polerne. Så allerede her ses det, hvordan skemaer har det med ikke at kunne inkludere virkeligheden.

Udled konsekvenser af teorien. Disse skal være:

- Nye
- Mulige at falsificere
- Helst også i modstrid med hvad andre teorier inden for samme område ville sige.

Newtons beregninger, der var i modstrid med de daværende målinger, var selvsagt nye konsekvenser, der var mulige at falsificere, og hører på sin vis ind under tredje punkt. Efter Newtons død sendte man to ekspeditioner af sted - en mod Nordpolen og en mod Ækvator - der skulle måle længden af én grad det pågældende sted. Målingerne viste det modsatte resultat af de tidligere målinger og var altså i overensstemmelse med Newtons love. Naturligvis kunne dette også skyldes, at Jorden havde ændret sig fra første til anden gang, der blev målt på den, men det er mindre sandsynligt, end at man skulle have målt forkert første gang.

Men hvad nu, hvis man havde været meget omhyggelig og var sikker på, at man havde målt rigtigt første gang...?

INTERMEZZO: ANVENDT NATURVIDENSKAB

Vi har nu set på den øverste del af skemaet for den naturvidenskabelige metode. Det er denne del, der er hypotetisk-deduktiv.

Udover at være en del af en metode til at opnå ny viden inden for naturvidenskab, er det i sig selv også en metode til at anvende den viden, der er testet så mange gange, at den regnes for meget sikker. Faktisk er anvendelse af "gammel" viden langt mere udbredt end opdagelsen af ny viden, så det er værd at se på dette, inden vi behandler resten af skemaet.

Når ingeniører, fysikere eller kemikere skal være med til at opføre en bro, sende en satellit i omløb om Jorden, bygge en vindmølle osv., sætter de sig ned og regner på tingene. De tager nogle formler og/eller reaktionsskemaer (hypoteserne) og udleder (deducerer) nogle resultater, præcis som du også gør i en kemi- eller fysikopgave.

Hypotetisk-deduktiv metode anvendt på en opgave i kemi eller fysik

Hypotetisk:

Tag udgangspunkt i de formler, der anses for gyldige under de pågældende betingelser.



Deduktion:

Udled og beregn et svar på den pågældende opgave.

Man kan sige, at opgavesættene i gymnasiet træner den hypotetisk-deduktive metode, mens det primære formål med øvelserne (og rapporterne) er den sidste del af skemaet, hvor man tester hypoteserne.

Denne del ser vi på nu:

FALSIFIKATIONSPRINCIPPET

Forbered og udfør forsøg med henblik på at modbevise teorien.

Når man skal teste sin hypotese, er det vigtigt at være opmærksom på, at man aldrig vil kunne konkludere, at den er sand.

Som vi har set, kan sande konklusioner både fremkomme ud fra sande og falske præmisser, og da det er konklusionerne, vi tester ved forsøg med henblik på at sige noget om præmisserne (de fysiske love), kan vores forsøg rent faktisk ikke vise os, om vores hypotese er sand.

Et forsøg kan godt vise, at mindst én af præmisserne er falske, nemlig hvis det viser, at konklusionen er falsk. (Korrekt udført) deduktion kan ikke føre os fra sande præmisser til en falsk konklusion.

Det kan derfor virke som en håbløs situation af skulle teste en teori, for hvis en sand konklusion ikke kan fortælle os, om præmisserne er sande, kan vi jo aldrig komme frem til nogen form for viden.

Og det er sådan set korrekt. Der findes ikke "sand" viden, MEN - og det er hele pointen med videnskab - vi kan godt komme frem til love og viden, som vi anser som rigtig med en vis form for sikkerhed, og endnu vigtigere: Vi kan forkaste hypoteser ved at vise, at de fører til mindst én forkert konklusion.

Og her kommer Poppers tidligere omtalte pointe ind:

Sammenfatning:
**Kriteriet på en teoris
videnskabelige status er dens
falsificerbarhed dvs. dens
mulighed for at blive gendrevet.**

For at en teori skal regnes for videnskabelig, skal det være muligt ud fra den at udlede konklusioner, der kan testes. Popper siger, at den skal "løbe en risiko" - jo større risiko, jo bedre.

Det er ikke kun ved forkastelse af teorier, at vi opnår ny viden. Hvis en teori kan lede til nye (og helst også overraskende) konklusioner, der viser sig at være sande, så bliver teorien styrket, dvs. vi anser denne teori for stærkere end en teori, der godt nok ikke er blevet forkastet, men som heller ikke har leveret så mange nye og overraskende resultater, der er blevet testet.

Eksempler på konklusioner, der kan testes, er:

1) Brydningsloven $\frac{\sin(i)}{\sin(b)} = n$ kan omskrives til $\sin(i) = n \cdot \sin(b)$, og den forudsiger altså, at

hvis man måler en række sammenhørende værdier for indfaldsvinkel i og brydningsvinkel b , skal afbildningen af $\sin(i)$ som funktion af $\sin(b)$ danne en ret linje i et almindeligt koordinatsystem.

2) Reaktionsskemaet $2Mg + O_2 \rightarrow 2MgO$ fører til konklusionen, at hvis man tager 24,3 g magnesium og brænder det af, skal restproduktet veje 40,3 g.

Falsifikationsprincippet siger altså, at man skal opstille et forsøg med henblik på at forkaste teorien. Hvis det ikke lykkes, bliver teorien styrket.

FORKASTELSE AF TEORIER

Vi er nu nået til sidste del af skemaet. Hvis forsøget viser, at konklusionen er forkert, skal man så forkaste teorien?

Popper siger 'Ja!'. Han var modstander af at rette på eller tilføje noget til teorier for at få dem til at passe med nogle resultater, der havde modsagt teorien (såkaldte *ad hoc* tilføjelser).

Men i praksis er det nok ikke en hensigtsmæssig tilgang, så her præsenteres et alternativ:

Det store spørgsmål:

- Er teorien grundlæggende forkert?
- Er der rigtige elementer i teorien, men bare ting der var overset, og som kan tilføjes teorien?
- Er der rigtige elementer i teorien, men findes der bare ting, man endnu ikke har kendskab til?

I de to sidste tilfælde kan man med større eller mindre berettigelse følge pilen.

Eksempler:

1) Da man havde opdaget de radioaktive henfald og målt på alfahenfald, kunne man konkludere, at den "forsvundne" masse ved reaktionen som forudsagt var blevet omdannet til kinetisk energi, og alfapartiklernes hastighed passede præcist med energibevarelsen. Men da man i 1931 målte på betaminushenfaldene, viste det sig, at noget af masseenergien var forsvundet. Den udsendte elektron havde ikke nok kinetisk energi. Hvis man skulle have været hård, skulle man altså have forkastet en af de love, der fungerede som hypoteser - f.eks. energibevarelsen. Men energibevarelsen er en af de stærkeste fysiske love og styrket utallige gange. I stedet blev det forudsagt, at der måtte være en ekstra partikel, man bare ikke havde opdaget, og som derfor måtte være meget svær at detektere.

Dette lyder måske som udgangspunkt som en rigtig dårlig forklaring, men rent faktisk lykkedes det i 1956 at detektere den partikel - antineutrinoen - og dermed kan man sige, at loven om energibevarelse i høj grad blev styrket, da den havde været med til at forudsige eksistensen af en partikel, man næppe nogensinde ville have opdaget, hvis man ikke specifikt havde ledt efter den.

2) Big Bang teorien stemte ikke så godt overens med nogle af de tidligere målinger på Universet. For at redde teorien indførtes den såkaldte *inflationsteori*, der sagde, at Universet lige efter Big Bang på ekstremt kort tid havde udvidet sig ekstremt meget (med en hastighed langt, langt over lyshastigheden). Dette er et typisk eksempel på en *ad hoc* tilføjelse, da det er en ekstra teori, der plastres oven på vores oprindelige teori for at forklare nogle resultater, der ellers ikke kan forklares. Ifølge Popper skulle Big Bang-teorien derfor have været forkastet, men det viste sig, at inflationsteorien sammen med Big Bang-teorien kom til at stemme med senere målinger.

FRA VIDENSKABSTEORI TIL STATISTIK

Som det er blevet antydnet ovenfor, kan skemaet ikke dække virkeligheden. Der kan være særlige grunde til at afvige fra skemaet og undlade at forkaste en teori, der er blevet falsificeret ved et forsøg.

Men vi skal snart se på, **hvordan** man afgør, om forsøgsresultater er i overensstemmelse med teorien. Når vi måler størrelser, vil vores målinger altid være behæftet med usikkerheder, og vi vil derfor aldrig kunne bestemme størrelser helt præcist. Spørgsmålet er så, hvornår vi kan sige, at vores resultat ligger tæt nok på det af teorien forudsagte resultat til, at vi ikke forkaster teorien. Her har vi brug for så objektive kriterier som muligt, og det er her, statistik kommer ind i billedet.