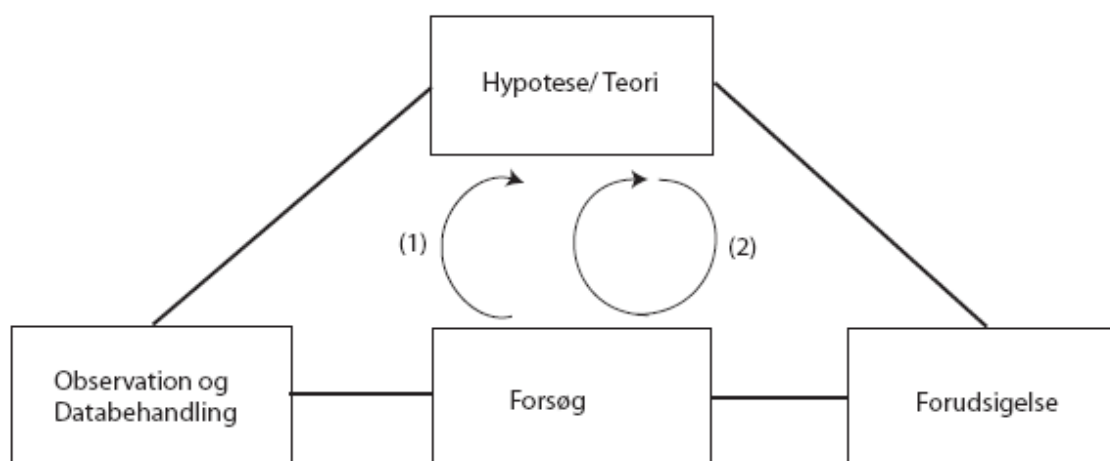


## Den naturvidenskabelige metode

For at opnå naturvidenskabelig viden gør man brug af følgende:

- Empiri (eksperimentelt arbejde): Indsamling af data, praktisk arbejde, registrering, måling af/på omverden.
- Modellering: Reduktionisme, kvalitative og kvantitative modeller.
- Repræsentationsformer: Grafer, tal, figurer, eksperimentelle opstillinger, formler, symboler.



**Figur 1.** Den Naturvidenskabelige Trekant.

### Forklaring af trekanten:

Den Naturvidenskabelige Trekant er opbygget med det generelle (hypotese/teori) for oven og det konkrete (forudsigelse, forsøg og observation/databehandling) for neden. Ved konkret menes der her en helt konkret forudsigelse af et forsøg, med lige præcis det udstyr man anvender og de omstændigheder der er til stede.

### Trekanten og den induktive metode:

Den induktive metode er kendetegnende ved at man går fra noget konkret til noget generelt. Dette er pil nummer 1. Man begynder med et forsøg, og ud fra sine måleresultater når man frem til en hypotese. Man laver en generalisering ud fra en række forsøg og kommer dermed frem til en teori. Et godt eksempel er Daltons atomhypotese som blev testet gennem mange forsøg med gasser.

Hvis senere forsøg stemmer overens med teorien, styrker det troen på at teorien er rigtig, og man siger at teorien er blevet *verificeret*. Dog kan der altid komme et forsøg senere som ikke passer med teorien så den induktive metode kan *ikke bevise* noget. En teori, der ikke er blevet testet endnu, kaldes ofte for en hypotese. Først efter flere bekræftende forsøg kan hypotesen med rette blive kaldt en teori.

### Trekanten og den hypotetisk deduktive metode:

Teorier i naturvidenskab testes ofte ved *den hypotetisk-deduktive metode* (pil nummer 2 på skemaet). Ideen er at man udtænker (deducerer) nogle logiske konsekvenser af teorien som kan afprøves eksperimentelt. Hvis forsøgsresultaterne passer med det, man

tænkte, er teorien som sagt verificeret (men ikke nødvendigvis SAND for der kunne jo være andre konsekvenser af den som ikke passede med et eksperiment).

Omvendt, hvis forsøgsresultaterne IKKE passer med det man logisk udtænkte fra teorien må det jo være den, der er noget i vejen med (eller måske har man ikke fortolket teorien rigtigt).

Den hypotetisk-deduktive metode går altså fra noget generelt til noget konkret (2). Man tager udgangspunkt i en teori og afprøver nogle konsekvenser af den ved forsøg.

### Variabelkontrol:

Når man laver forsøg er det en vigtig praksis at udføre variabel-kontrol! Altså at sikre sig at eksperimentet er udført således, at man kun måler på én ting ad gangen. Hvis man f.eks. skal checke om drivhusgasser giver øget temperatur på jorden, skal man sikre sig at det ikke er andre faktorer (skjulte variable) der i virkeligheden også kunne forklare temperaturen. F.eks. svingninger i solvinde, svingninger i jordens magnetfelt osv..

### Krav til en naturvidenskabelig hypotese:

1. Hypotesen skal kunne modbevises. Dvs. der skal kunne laves et eksperiment der kunne give et resultat, der ville gøre at hypotesen må forkastes.
2. De eksperimenter der ligger til grund for hypotesen skal kunne gentages.

## Særligt for kemi

De naturvidenskabelige fag beskriver forskellige niveauer/dele af virkeligheden og har derfor hver sine variationer i brugen af den naturvidenskabelige metode.

I kemi (og de kemiske dele af biologien) optræder nogle karakteristiske tankemåder, som bl.a. bygger på hypotesen om at alle stoffer er opbygget af molekyler (eller atomer om man vil):

- makroskopisk beskrivelse (observationerne)
- mikroskopisk beskrivelse (forklaring af observationerne på molekylært niveau jf. atomhypotesen)

I forbindelse hermed kan også nævnes:

- grundstofbegrebet: Der findes forskellige atomer hvoraf alle kendte stoffer er opbygget
- repræsentation (kemisproglig formulering ved brug af atomsymboler, formler for kemiske forbindelser, reaktionsskemaer mm)
- brug af empiriske modeller med begrænset rækkevidde, fx ædelgasreglen

*Fysikeren* vil ved fordampning typisk interessere sig for ændringer i masse og energi. Fx hvor meget energi der skal til at fordampe 100g vand, måling af kogepunktet osv. Hertil behøver man ikke gøre sig nogen forestillinger om stoffets indre opbygning.

*Kemikeren* vil derimod søge at forklare vandets opførsel ud fra en mikroskopisk beskrivelse, hvor vand opfattes som en (stor) samling af vandmolekyler (repræsentation af vandmolekyler:  $\text{H}_2\text{O}$  og af væsken vand:  $\text{H}_2\text{O}(\text{l})$ ).

Vandets fordampning forstås ved at det enkelte vandmolekyle  $\text{H}_2\text{O}$  løsriver sig fra de andre vandmolekyler i overfladen pga. dets varmebevægelse.

At alkohol har et lavere kogepunkt end vand forklares ved at  $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ -molekylerne tiltrækker hinanden mindre end vandmolekylerne hvilket kemikeren igen vil søge at føre tilbage til molekylernes opbygning.

### Indsamling af data, empiri i kemi

Det eksperimentelle arbejde, kemiens empiri, er helt centralt for den kemiske arbejdsmetode.

Det er ikke vanskeligt at fremskaffe empiriske data. Ofte vil man i det videre arbejde med disse data skulle supplere med empiri, som er fremskaffet af andre og som anses som fælles resultater, tilgængelige for alle kemikere (fx værdier fra Databogen).

Indsamlede data kan være *kvalitative* eller *kvantitative*. Mange kvalitative observationer *kunne gøres* kvantitative, men i kemi vil man ofte (i modsætning til eksempelvis fysik) stille sig tilfreds med kvalitative observationer.

Eksempelvis tager vi ved *chloridprøven* fremkomsten af et hvidt bundfald som tegn på at det analyserede stof indeholder chloridioner. Vi kunne godt have gjort denne observation kvantitativ ved at veje bundfaldet; men det ville intet formål tjene når vi blot er interesserede i at vide om der er chlorid til stede.

Data kan indsamles direkte med vore sanser eller indirekte ved brug af måleinstrumenter. I kemi bruges begge dele ofte hvorved det adskiller sig noget fra sine to "naboer" fysik og biologi.

### Eksempler fra kemi på diskussion af indsamlet empiri.

#### Deduktion

Hvis man ud fra eksperimenter udleder noget ved rent logiske slutninger, kaldes det som nævnt *deduktion*. Metodens styrke ligger i at konklusionen er sand hvis der ikke er fejl i eksperimenterne og de logiske slutningsregler.

Et eksempel er Van't Hoffs opdagelse af den rumlige (3D) opbygning omkring et C-atom. Man vidste bl.a. fra Pasteurs undersøgelser, at nogle stoffers molekyler fandtes i to spejlbilleder men havde samme strukturformel.

Van't Hoff sluttede logisk at hvis de fire bindinger fra C-atomet lå i samme plan ville dette ikke være muligt. Han foreslog derfor (korrekt) at de fire bindinger peger mod hjørnerne af et tetraeder ( $109^\circ$  vinkler).

Den deduktive metodes svaghed er, at man kun kan slutte sig frem til noget, der ligger indenfor den begrebsverden, som rummes af de logiske slutningsregler.

#### Induktion

Hvis man ud fra eksperimenter generaliserer til en lovmæssighed og ikke kun har anvendt rent logiske slutninger, kaldes det *induktion*.

Et eksempel her er Mendelejeffs hypotese fra ca. 1870 om at alle grundstoffer kunne opstilles efter atommasse i et bestemt (periodisk) system, så stoffernes observerede kemiske egenskaber hang sammen med deres placering. Hypotesen var omstridt indtil flere nye grundstoffer blev fundet ud fra de egenskaber hans system forudsagde for dem. Senere (ca. 1920) kunne man begrunde periodesystemet deduktivt ud fra Bohrs atomteori.

### Afslutning

Fortolkning af eksperimentelle data skal basere sig på fakta og fortolkeren skal være i stand til at begrunde sine fortolkninger, men i den sidste ende vil der være valg, som kunne have været gjort anderledes. Samfundet er også med til at prioritere de områder der forskes i ligesom der er økonomiske interesser bag megen forskning.

Forskeren må være villig til at *publicere* sine observationer og metoder i tilgængelige kemiske tidsskrifter for at ”ligemænd” (peers) kan gennemgå dem og se, om de når til samme resultat. Dette er et vigtigt kendetegn ved al forskning.