# Samenvatting Wijsbegeerte

Robin Vanhove

Juni 2017

## Inhoudsopgave

Samenvatting voor de OPO wijsbegeerte. Aangevuld met de samenvatting van Aram Khachaturyan.

Broncode op

`https://github.com/RobinVanhove/samenvatting-wijsbegeerte`

Versie 1.2

Gecompileerd op 22 augustus 2017

# 1 Natuurfilosofie bij de Grieken

## 1.1 Opkomst van de natuurfilosofie

Mythe: verteld hoe de wereld is ontstaan.

Plek in de wereld begrijpen.

### 1.1.1 De-mythologisering

Op zoek naar een rationeel vrantwoorde uiteenzetting. Verwerpen oude traditionele en religieuze verklaringen.

De natuur kan verklaard worden met enkele principes (Archai) die geen geheimen van de goden zijn. Dus begrijpbaar door mensen (logos).

Verschil met oude grieken en nu:

- Geen experimenten of instrumenten
- Wiskunde volgens grieken enkel toepasbaar op 'hemelse', dus geen exacte formulering van wat er op aarde gebeurt.

### 1.1.2 Griekse natuurfilosofen

Alle deeltjes bestaan uit een **oerstof**

- **oerstof** water, lucht, vuur, aarde
  - Basis van alles
- **oerprincipe** Is alles beweging of niet?
  - Werkelijkheid is proces van verandering, of niet
- **oerdeeltjes** kwalitatief verschillend, of niet
  - Materie: Deeltjes van oerstof
  - Fundamentele krachten: Liefde & Haat
  - Atomisme

### 1.1.3 Pythagoras: de wiskunde als sleutel

Kosmische orde begrijpen met wiskunde.

## 1.2 Het Aristotelische wereldbeeld

Aristotoles is een leerling van Plato die verder bouwde op Socrates & Plato. Hij ontwikkelde zijn egen filosofie, het Aristotelianisme.

**Geocentrisme**: Aarde in het centrum van het universum

**Hemellichamen zijn perfecte bollen die in cirkels draaien rond de aarde**

En ze bestaan uit een bijzonder element: **ether**

Contrast: Hemelse <-> ondermaanse

Opvallend: Observaties en speculatie over de natuur

speculatie: ether

observatie:

- zware lichamen vallen sneller
- natuurlijke toestand = rust

Astronomie door wiskunde ontwikkeld. Observatie dat hemellichamen niet perfect rond aarde draaien werd verklaard met **epicykels** (cirkles rond cirkels)

Bleef lang dominant door vermenging met katholieke leer.

# 2 De wetenschappelijke revolutie

## 2.1 Het ontstaan van de moderne wetenschap

Gebruik van nieuwe uitvindingen: Telescoop & Microscoop.

Copernicus: Geocentrische vervangen door **heliocentrisme** (aarde draait rond de zon)

Kepler: De planeten bewegen zich in een ellips met de zon en een van de twee foci (brandpunten).

Geen epicykels meer!

Galileo Galilei:

- Blijkbaar is de maan (en andere hemellichamen) niet perfect.
- Blijkbaar zijn er andere manen rond andere lichamen.
- Blijkbaar vallen zware lichamen even snel als lichte.
- Blijkbaar gaan lichamen aan een cte snelheid als er gen kracht op inwerkt.

Wiskunde toepassen op aardse objecten en fenomenen.

Gebruik van experimenten.

Nieuwe ideeën in strijd met de kerk -> Vervolging.

Volgens Galilei niet, wiskunde is de taal van god. Bijbel is slechts in mensen woorden.

Hoogte punt wetenschappelijke revolutie: werk van Newton.

- Wetten van Newton
- Wet van zwaartekracht -> Basis mechanica
- Differentiaal- en intergraalrekenen (ook door Leibniz)

De wetten an Kepler en Galilei konden uit de wetten Newton afgeleid worden!

## 2.2 De mechanisering van de fysica

Natuur bij grieken (Aristotoles): Geheel van dingen die uit zichzelf een beweging of een proces van verandering op gang kunnen brengen.

Mechanica niet natuurlijk, dus geen natuurkunde. Vanaf nu geen verschil

Natuur is een grote machine.

Fysica belangrijk voor de industrie.

Natuur begrijpen en beheersen.

Ook onderscheid *natuurlijk* & *kunstmatig* valt weg.

Begin 17e eeuw worden natuurlijke stoffen kunstmatig gemaakt.

## 2.3 Universele wiskunde

Algebra en symbolen zijn leuk!

Descartes: analytische meetkunde ook!

Aristoteles was fout: er is geen wiskundig verschil tussen hemelse (volmaakte) en het ondermaanse.

## 2.4 Een nieuwe wetenschap van de natuur

Verschil tussen grieken en Revolutie

- Theorieën geschreven in wiskundige symbolen
- Experimenteel bevestigd, andere experimenten voorspellen
- Vroeger: Natuurlijke plaats (zo hoort het) <-> Nu bepaalt door krachten

# 3 Inleiding: Wetenschappelijk redeneren

## 3.1 Argumenten

- **Bewerende zin** is een zin die (on)waar is.
- **Argument** is een zin die bestaat uit een aantal bewerende zinnen. De **premissen** en 1 **conclusie**

## 3.2 Deductie, inductie, abductie

Logica is de studie van deductieve argumenten.

**Logische geldigheid** Een argument is Logisch geldig asa het onmogelijk is dat de premissen waar zijn en tegelijk de conclusie onwaar.

**Correctheid** Een argument is correct asa het geldig is en de premissen waar zijn.

Tabel 1: Voorbeelden

| Voorbeeld **Deductie** | Voorbeeld **Inductie** | Voorbeeld **Abductie** |
|---|---|---|
| Alle mensen zijn sterfelijk | Socrates is een mens | Socrates is sterfelijk |
| Socrates is een mens | Socrates is sterfelijk | Alle mensen zijn sterfelijk |
| Dus Socrates is sterfelijk | Dus alle mensen zijn sterfelijk | Dus Socrates is een mens |

Naarmate er meer gevallen onderzocht worden is een de conclusie van een inductief argument sterker.

Een argument is goed asa de conclusie meer waarschijnlijk is gegeven de premissen dan op zichzelf.

**Abductie** Gegeven een aantal premissen & alternatieve verklaringen voor de premissen, concludeer dat de verklaring die beste verklaring biedt voor de waarheden zelf waar is.

Inductieve en abductieve argumenten zijn niet-deductief en dus niet logisch geldig

## 3.3 Wetenschapsidealen

Wetenschappelijk redeneren: inductie en abductie centraal

### 3.3.1 De axiomatische methode

**Axioma**: Een bewering die als grondslag aanvaard wordt

Sinds Euclides is axiomatisering een ideaal in de wiskunde.

Maar oude logica schoot tekort voor het werk van Euclides, logica stond nog in zijn kinderschoenen. Later (19e eeuw) bleken er ook deductieve gaten in zijn werk te zitten. Niet alle stellingen volgde logisch uit de axioma's.

De huidige wiskundige theorieën zijn geaxiomatiseerde eerste-orde theorieën. bv. verzamelingenleer

Euclidische meetkunde is al eeuwenlang een wetenschappelijk ideaal. De wetenschap gaat deductief te werk en er wordt een axiomatische methode gevolgd.

Axioma's kunnen niet deductief gerechtvaardigd worden, wel inductief.

### 3.3.2 Newton over experimentele filosofie

Vier regels, de Rules of reasoning in Philosophy. Waarbij Philosophy de natuurkunde is.

1. Verklaringen, oorzaken, gevolgen en eenvoud
   - Afleiding (abductie) is de beste verklaring
2. Verklaringen hebben te maken oorzaken & eenvoud (= criterium voor verklaringen)
3. Betrekken op inductie
   - bv. Wetten van Kepler is een inductieve generalisatie op basis van waarnemingen
4. Toch grote plaats voor deductief werk van Newton
   - bv. wetten van Newton

# 4 Deductie

## 4.1 Zinslogica

### 4.1.1 syntaxis

**Zinnen**

- $P$: Het regent in Leuven
- $Q_1$: Het gras is nat

Tabel 2: Operatoren

| Naam | Nederlands | Symbool |
|---|---|---|
| Negatie | Niet | $\neg$ |
| Conjunctie | en | $\wedge$ |
| Disjunctie | of | $\vee$ |
| Materiële implicatie | als. . . dan | $\rightarrow$ |
| Materiële equivalentie | asa | $\leftrightarrow$ |

### 4.1.2 Semantiek

**Structuur**: Waarde 0 of 1 toekennen aan zinnen.

$|\phi|_A$ is De waarde van $\phi$ in de structuur $A$.

### 4.1.3 De waarheidstafelmethode

. . .

## 4.2 Elementen van predikatenlogica en eerste orde logica

### 4.2.1 Predicaten logica: Syntaxis

**Predicaten** Zijn eigenschappen van en relaties tussen verzamelingen van objecten.

- $P^1$: ... is groot
- $a$: Dirk
- $P^1a$: Dirk is groot

#### 4.2.2 Eerste-orde logica: Syntaxis

**Variabelen**: $x, y, z, \ldots$

Tabel 3: Kwantoren

| Naam | Nederlands | Symbool |
|---|---|---|
| Universele kwantor | voor alle | $\forall$ |
| Existentiële kwantor | er is (ten minste) een | $\exists$ |

#### 4.2.3 Logische waarheden in verband met kwantoren

$$\forall v\phi \leftrightarrow \neg\exists\neg\phi$$

$$\exists v\phi \leftrightarrow \neg\forall\neg\phi$$

$$\neg\forall v\phi \leftrightarrow \exists\neg\phi$$

$$\neg\exists v\phi \leftrightarrow \forall\neg\phi$$

Als $v$ een variabele is en $t$ een constante en $\phi$ een formule waarin $v$ vrij in voorkomt dan is $\phi[t/b]$ de zien die resulteert nadat de variabele $v$ door $t$ vervangen is.

$$\forall\phi \to \phi[t/b]$$

$$\phi[t/b] \to \exists x\phi$$

### 4.3 Directe Verificatie en falsificatie

Wetenschappelijke hypotheses zijn geen logische waarheden. Het is mogelijk om logica te gebruiken om op basis van observaties te bepalen of een hypothese waar of onwaar is.

#### 4.3.1 obervatiezinnen

**observatiezinnen** Een zin die een mogelijke observatie beschrijft. Kan onwaar zijn.

- Roses are red
- Violets are blue

#### 4.3.2 Directe verificatie en Falsificatie

**Directe verificatie** De existentiële generalisatie ($\exists x\phi$) wordt geverifieerd als $\phi[t/v]$ een ware observatie zin is.

**Directe falsificatie** De universele generalisatie ($\forall x\phi$) wordt gefalsifieerd als $\phi[t/v]$ onwaar is.

$$\neg\phi[t/v] \to \neg\forall v\phi$$

**Directe verificatie van een hypothese** Een niet ledige, eindige en consistente verzameling van observatie zinnen $\Gamma$ verifieert een zin $\phi$ direct als en slechts als $\Gamma \models \phi$.

**Directe falsificatie van een hypothese** Een niet ledige, eindige en consistente verzameling van observatie zinnen $\Gamma$ falsifieert een zin $\phi$ direct als en slechts als $\Gamma \models \neg\phi$.

### 4.3.3 Grenzen aan directe verifieer- en falsifieerbaarheid

Existentiële generalisaties zijn niet (in het algemeen) direct falsifieerbaar.

Universele generalisaties zijn niet (in het algemeen) direct verifieerbaar.

Niet alle existentiële generalisaties zijn direct verifieerbaar en nit alle Universele generalisaties zijn directe falsifieerbaar. Een logsiche reden is dat ze genest kunnen zijn.

- voor iedere $x$ is er een $y$: $\forall X \exists y R^2 xy$

## 4.4 Indirecte falsificatie en het Quine-Duhem probleem

### 4.4.1 Hulphypothese en indirecte falsificatie

Een zin is een **Hulphypothese** tov een **hoofdhypothese** en een eindige consistente verzameling van obervatiezinnen als die zin gebruikt wordt om de hypothese logisch af te leiden uit de obervatiezinnen.

**Indirecte verificatie van een hypothese** Een niet ledige, eindige en consistente verzameling van observatie zinnen $\Gamma$ verifieert een zin $\phi$ relatief tov een consistente verzameling hulphypothese $\Delta$ als en slechts als $\Gamma \cup \Delta \models \phi$.

**Indirecte falsificatie van een hypothese** Een niet ledige, eindige en consistente verzameling van observatie zinnen $\Gamma$ falsifieert een zin $\phi$ relatief tov een consistente verzameling hulphypothese $\Delta$ als en slechts als $\Gamma \cup \Delta \models \neg\phi$.

### 4.4.2 Het Quine-Duhem probleem

We willen uit een aantal observatiezinnen en een consistente verzameling hulphypothese de negatie van een hoofdhypothese afleiden.

$$(O_1 \wedge ... \wedge O_n \wedge A_1 \wedge ... \wedge A_m) \models \neg H$$

Dan is de verzameling $\{O_1, ..., O_n, A_1, ...A_m, H\}$ inconsitent. Dus

$$\models \neg(O_1 \wedge ... \wedge O_n \wedge A_1 \wedge ... \wedge A_m \wedge H)$$

Uit een van de wetten van de Morgan halen halen we dat

$$\models (\neg O_1 \vee ... \vee \neg O_n \vee \neg A_1 \vee ... \vee \neg A_m \vee \neg H)$$

Waaruit we besluiten dat ofwel

- De hoofdhypothese is onwaar
- minstens een van de hulphypothese is onwaar
- minstens een van de observatiezinnen is onwaar

Men kan met logica niet bepalen waar de fout ligt.

### 4.4.3 Ad hoc hypotheses

Een hypothese is **ad hoc** asa ze enkel en alleen naar voren geschoven wordt om bij de indirecte falsificatie van een hoofdhypothese te kunnen concluderen dat een van de hulphypothese fout is.

Voorbeeld: Flogiston

Bij verbranding verdwijnen substanties. Theorie was dat een stof *flogiston* vrijkomt. Maar metalen krijgen extra massa als ze verbranden!

Ad hoc hypothese: twee soorten flogiston, een met positieve en een met negatieve massa.

## 4.5 Voorbij deductie?

Existentiële generalisaties zijn niet direct falsifieerbaar en universele generalisaties niet direct verifieerbaar. Er kan niet deductief geredeneerd worden, andere vormen van redeneren is nodig.

# 5 Inductie en waarschijnlijkheid

## 5.1 Twee problemen in verband met inductie

### 5.1.1 Humes probleem

**Vork van Hume** twee types redeneringen

- deductieve bewijzen
- Inductieve redeneringen, waarschijnlijke redeneringen, redeneringen op basis van observaties uit het verleden
  - Neemt aan dat de natuur uniform is

Of zoals wikipeida het stelt:

> David Hume divided knowledge into two categories "relations of ideas" (deductieve bewijzen), and "matters of fact"(inductieve bewijzen). Relations of ideas are truthful and correct statements (for example "all unmarried men are bachelors". Matters of fact are statements we are nearly certain are truthful but there is still a chance for it to be false: "the sun will rise in the morning": there is a chance it will not rise. [1]

De redenering:

1. Tenzij er een reden is om aan te nemen dat de natuur uniform is, is er geen reden om geloof te hechten aan conclusies uit inductieve redeneringen.
2. Er is geen reden om de aanname te geloven op basis van een deductief bewijs, aangezien de negatie van de aanname (de bewering dat de natuur niet uniform is) logisch consistent is.
3. Er is geen reden om de aanname te geloven op basis van een inductief argument, omdat dat circulair zou zijn - zie premisse 1.
   - Geloof in het principe van uniformiteit op basis van een inductief argument is circulair.
4. Als er geen reden is om geloof te hechten aan de aanname op basis van een deductief of inductief argument, dan is er geen reden om geloof te hechten aan de aanname.
5. De aanname is dus niet gerechtvaardigd.
6. Dus er is geen reden om geloof the hechten aan de conclusies van inductieve redeneringen.

Geloof in het principe van uniformiteit op basis van een inductief argument is circulair. bv.

- Tot nu toe was de natuur altijd uniform
- Dus de natuur zal uniform blijven

Dit is argument maakt ook gebruik van een uniformiteitsaanname.

### 5.1.2 Het nieuwe raadsel van Goodman

Waarnemingen die tot nu toe gedaan zijn kunnen niet helpen de toekomst te voorspellen.

- Alle smaragden tot nu toe waargenomen zijn groen
- Dus alle smaragden zijn groen

Deze stellingen worden als waar aanzien.

Een object is *grue* als het voor 2100 groen is en na 2100 blauw.

- Alle smaragden tot nu toe waargenomen zijn grue

[1] https://simple.wikipedia.org/wiki/Hume%27s_fork

- Dus alle smaragden zijn grue

De meeste mensen geloven deze stellingen niet. Wat is het verschil met de vorige?

## 5.2 Inductie en confirmatie

**De hypothetisch-deductieve theorie van confirmatie.** Stel dat $\Gamma$ een niet ledige, eindige, consistente verzameling van observatie zinnen is en $\Delta$ een consistente verzameling van hulphypothese en $\phi$ een zin

- $\phi$ wordt geconfirmeerd door $\Gamma$ ten opzichte van $\Delta$ asa $\{\phi\} \cup \Delta \models \psi$ voor alle $\psi \in \Gamma$
- $\phi$ wordt gedisconfirmeerd door $\Gamma$ ten opzichte van $\Delta$ asa $\Gamma \cup \Delta \models \neg\phi$

Enkele problemen met de hypothetisch-deductieve theorie van confirmatie.

1. Stelt disconfirmatie gelijk aan falsificatie dus het Quine-Duhem probleem.
2. Confirmatie spiegelt inductie dus problemen met inductie stellen zich voor.

bv. Gruesome proobleem wordt geconfirmeerd met experiment in 2017.

**Corroboratie** ipv confirmatie. Exacte hetzelfde maar andere interpretatie. Confirmatie wordt gezien als een reden om te geloven in een hypothese, corroboratie is neutraal.

3. Niet voor statistische hypotheses. Veel hypotheses zijn geformuleerd met kans.

## 5.3 Waarschijnlijkheid

**Een theorie** $T$ is een verzameling zinnen waarvoor elke zin $\phi, T \models \phi$ asa $\phi \in T$

Een theorie $T$ is **axiomatiseerbaar** als er een deelverzameling $\Delta \subset T$ bestaat zodat het beslisbaar is of een zin behoort tot $\Delta$ en dat $T = \phi | \Delta \models \phi$.

Als $\Delta$ eindig is spreken we van een eindig axiometiseerbare theorie.

**De Kolmogrov theorie van waarschijnlijkheid.** Logische axiomas en stellingen zie pagina 84.

**Conditionele waarschijnlijkheid** $P(\psi) > 0 \Leftrightarrow P(\phi|\psi) = \frac{P(\phi \wedge \psi)}{P(\psi)}$

Lees $P(\phi|\psi)$ als de kans van $\phi$ gegeven $\psi$

**Bayens.** $P(\phi|\psi) = P(\psi|\phi) \cdot \frac{P(\psi)}{P(\psi)}$

**Conditionele waarschijnlijkheid en geldigheid** Als $\phi \models \psi$ en $0 < P(\phi)$ dan $P(\psi|\phi) = 1$.

## 5.4 Interpretatie van waarschijnlijkheid

Ook de frequentistische interpretatie.

### 5.4.1 De klassieke interpretatie

**Principe van onverschilligheid.** Gegeven $n > 1$ mogelijk ware zinnen en

- Geen zinnen zijn tegelijk waar.
- 1 zin is moet waar zijn.
- We hebben vooraf geen informatie over welke van de zinnen waar is.

De waarshijnlijkheid van elk van die zinnen is $\frac{1}{n}$.

In het algemeen. Gegeven $n > 1$ mogelijk ware zinnen en

- Geen zinnen zijn tegelijk waar.
- We hebben vooraf geen informatie over welke van de zinnen waar is.

De Waarschijnlijkheid van elk van die zinnen is gelijk aan die van de andere.

Dit principe legt neutraliteit op, tenzij er extra informatie opduikt. Dit is een **partiële interpretatie**

### 5.4.2 De subjectieve interpretatie

**Subjectieve interpretatie.** De waarschijnlijkheid is de representatie van de graden van overtuiging van een persoon.

Problemen met deze interpretatie zijn

- Een persoon heeft niet over alle zinnen een precieze graad van overtuiging.
  - Misschien heeft een persoon over een complexe zin geen overtuiging.
- Een persoon is niet altijd overtuigd van een logisch ware zin.
- Personen kunnen afwijken van de theorie van Kolmogrov.
  - Bv. $P(\phi \wedge \psi) \leq P(\phi)$
  - Maar soms geven personen de foute waarschijnlijkheid zie voorbeeld p. 93

## 5.5 De Bayesiaanse confirmatietheorie

De **Bayensiaanse theorie** heeft twee principes, de eerste werd in de vorige sectie besproken.

**Synchronische coherentie.** Op elk tijdstip moeten de graden van overtuiging voldoen aan Kolmogrov.

**Diachronische coherentie.** Op tijd $t_1$ zijn de graden van overtuiging van een subject gelijk aan $P_1$. Op $t_2$ veranderd de graad van overtuiging in $E$ naar 1. De graden van overtuiging op $t_2$ worden gepresenteerd door $P_2$ die verschilt van $P_1$ door: $P_2(H) = P_1(H|E)$ (indien $P_1(E) > 0$) voor alle zinnen H.

**Coördinatieprincipe.** Als een hypothese H stelt dat de proportie van E gelijk is aan $x$, dan stellen we onze graad van overtuiging in E gegeven H gelijk aan $x$.

**Subjectieve totale waarschijnlijkheid.** Als $\psi_1, ..., \psi_n$ paarsgewijs logisch inconsistente verzameling vormen en als $P(\psi_1 \vee ... \vee \psi_n) = 1$ dan $P(\phi) = (P(\phi|\psi_1) \times P(\psi_1)) + ... + (P(\phi|\psi_n) \times P(\psi_n))$

Dit wil zeggen dat van de disjuntie $(\psi_1 \vee ... \vee \psi_n)$ gelijk is aan 1. De persoon is er dus van overtuigt dat minstens een zin waar is.

**Probabilistsiche (dis)confirmatie.** Als $P(E) > 0$ dan

- confirmeert E H $\Leftrightarrow P(H|E) > P(E)$
- disconfirmeert E H $\Leftrightarrow P(H|E) < P(E)$

**De hypothetisch-deductieve theorie is een speciaal geval van BCT** als,

1. $H, A \models E$ waarbij A een hulphypothese is
2. $1 > P(H|A) > 0$
3. $1 > P(E|A) > 0$

Dan geldt

1. $P(H|E \wedge A) > P(H|A)$
2. $P(H|\neg E \wedge A) < P(H|A)$

## 5.6 Waarschijnlijkheid en inductie

Volgens Bayesiaanse theorie is de kans dat de Humeaanse en Goodmaniaanse hypothese waar zijn is klein.

Maar de redenering blijft aannemen dat de natuur uniform is.

# 6 Abductie en Verklaringen

## 6.1 Verklaringen

### 6.1.1 De deductief-nomologische theorie van verklaringen

**De deductief-nomologische theorie van verklaringen.** Een verklaring is en argument waarbij de premissen het *explanans* vormen en de conclusie het *explanandum* en

- Het argument is correct
- ten minste een van de premissen moet een algemene wet zijn en die premisse moet essentieel zijn.

**Nomologisch.** Gebruik makend van wetten.

**Elliptische verklaring.** Niet alle relevante wetten worden en feiten worden aangehaald. Dus niet nomologisch.

**Partiële verklaring.** Een verklaring van een breder fenomeen. Dus geen deductief argument voor het explanandum.

**Identiteitsthesis.** De structuur van een *voorspelling* en een *verklaring* zijn beide gelijk, namelijk deductieve argumenten, maar - een verklaring is ex post factum (voor de feiten) - een voorspelling is ex ante factum (na de feiten)

### 6.1.2 Wetten

**Wetten** zijn universele generalisaties die empirisch waargenomen regelmatigheden zonder uitzonderingen uitdrukken.

Probleem: *accidentele generalisaties* bv. er is geen bol van goud met een diameter van 100m maar dit is geen wet.

**Beste-systeem-analyse van wetten**. Een wet is een universele generalisatie die een stelling is in een theorie waarvoor

- alle stellingen van de theorie waar zijn.
- de theorie een optimale combinatie van eenvoud en kracht biedt.
  - *Kracht* wordt bepaalt door het aantal empirische uitspraken dat er deductief uit afgeleid kunnen worden.

De meeste wetten zijn **ceteris paribus-wetten**, dit zijn wetten met een uitzondering.

### 6.1.3 De regulariteitsanalyse van causaliteit

**De regulariteitsanalyse van causaliteit** x is een oorzaak van y asa

- x voorafgaat aan y (in tijd)
- alle gebeurtenissen van hetzelfde type als x gevolgd worden door gebeurtenissen van hetzelfde type als y (regulariteit).

### 6.1.4 Problemen

De deductief-nomologische theorie van verklaringen heeft enkele problemen in verband met de permissiviteit van de theorie. Ze laat toe dat bepaalde argumenten verklaringen zijn, terwijl ze dat intuïtief niet zijn.

**Probleem van symetrie.** Deductieve nomologische verklaringen zorgen voor een onverwachte symmetrie. Wat is het gevolg en wat is de oorzaak.

Intuïtief is symmetrie niet mogelijk bij verklaringen en gevolgen.

bv. schaduw $\leftrightarrow$ hoogte van een mast. Welke van de twee bepaalt de ander?

**Probleem van irrelevantie.** Irrelevante empirische generalisaties kunnen als verklaring gebuikt worden.

bv. Een man die de pil neemt wordt niet zwanger. Is de pil hiervoor de oorzaak?

### 6.1.5 Verklaringen en verschilmakers

**Probabilistische relevantie.** Zin $\theta$ is probabilistisch relevant voor een zin $\phi$ tov een zin $\psi$ asa $P(\phi|(\psi \wedge \theta)) \neq P(\phi|\theta)$.

Probabilistische relevantie help ons het probleem van irrelevantie op te lossen.

De probabilistisch relevant is symmetrisch en biedt dus geen oplossing voor het probleem van de symmetrie.

Symmetrie van pr: $P(\phi|(\psi \wedge \theta)) \neq P(\phi|\theta)$, dan $P(\theta|(\psi \wedge \phi)) \neq P(\theta|\phi)$

De notie van causaliteit kan ons helpen bij het probleem van symmetrie maar niet voor relevantie.

Hume zegt twee dingen.

> We may define a cause to be an object, followed by another, and where all the objects similar to the first are followed by objects similar to the second.

Dit is de regulariteitsanalyse van causaliteit.

> (Or in other words) where, if the first object had not been, the second never had existed.

Dit noemen we de **causale afhankelijkheid.** Deze wordt gebruikt om het probleem van relevantie aan e pakken.

**Indicatieve voorwaardelijke zin** is in de vorm: Als $\phi$ het geval is, dan is $\psi$ het geval.

**Tegengeitelijke voorwaardelijke zin** is in de vorm: Als $\phi$ het geval geweest was, dan zou $\psi$ het geval geweest zijn.

De regulariteitsvoorwaarde kan uitgedrukt worden als een indicatieve voorwaardelijke zin.

De causale afhankelijkheid wodt geformuleerd met met behulp van een tegenfeitelijke voorwaardelijke zin.

**Causale afhankelijkheid.** Als C en E twee verschillende gebeurtenissen zijn dan is E causaal afhankelijk van C asa

- als C voorgevallen was, dan zou E ook voorgevallen zijn
- als C niet voorgevallen was, dan zou ook E niet voorgevallen zijn

bv.

1. Als Joris de pil nam, dan zou hij niet zwanger geworden zijn. (Waar)
2. Als Joris de pil niet nam, dan zou hij zwanger geworden zijn. (Fout)

Dus causale afhankelijkheid lost het probleem van irrelevantie op.

## 6.2 Beste verklaringen

Theorie over wat goede verklaringen maakt.

Volgens Kuhn

- Empirisch accuraat
  - Komt overeen met reeds uitgevoerde experimenten en observaties.
- eenvoudig
  - Minder premissen
  - Of kleiner aantal axioma's
  - **Scheermes van Ockham** Men moet het aantal gepostuleerde entiteiten niet zonder noodzaak vermenigvuldigen.
- grote reikwijdte
  - Hoeveel feiten die verklaard kunnen worden.
- vruchtbaar
  - Hoeveel nieuwe feiten we kunnen voorspellen.
- intern en extern consistent
  - intern: logische consistentie van de theorie
  - extern: consistent met andere theorieën

## 6.3 Abductie, deductie en waarschijnlijkheid

1e karakterisering

> Gegeven een aantal premissen & alternatieve verklaringen voor de premissen, concludeer dat de verklaring die beste verklaring biedt voor de waarheden zelf waar is.

Waarom denken dat de beste verklaring waar is?

- Socrates is sterfelijk (3)
- Alle mensen zijn sterfelijk (1)
- Dus socrates is een mens. (2)

2 is de beste verklaring maar niet met zekerheid waar. (waarschijnlijk wel)

Nieuwe karakterisering van **Abductie**

> Gegeven een aantal premissen & alternatieve verklaringen voor de premissen, concludeer dat de verklaring die beste verklaring biedt voor de waarheden zelf **waarschijnlijk waar** is.

Wat als alle verklaringen slecht zijn? Geen reden om te denken dat conclusie waarschijnlijk waar is, laat staan waar.

Fundamentele probleem: bij een abductieve inferentei vertrekt men van een relatief gegeven (beste verkalring onder de gegeven verklaringen) en daar trekt men een absolute conclusie uit (de verlaring is waarschijnlijk waar).

Derde karakterisering

> Gegeven een aantal premissen & alternatieve verklaringen voor de premissen, concludeer dat de verklaring die beste verklaring biedt voor de waarheden zelf **meer** waarschijnlijk waar is.

Waarom is dit een goede inferentie? Aantonen met relatie tussen verklaringen en de Bayesiaanse confirmatietheorie.

- verklarende kracht van een hypothese -> graad van overtuiging

Maar waarom is het rationeel om aan eenvoudigere hypotheses een hogere onvoorwaardelijke initiële waarschijnlijkheid toe te wijzen?

Deugd van eenvoud

Maar waarom zou het universum eerder eenvoudig dan complex zijn?

# 7 Wat is wetenschap?

## 7.1 Demarcatie

Een theorie is **pseudowetenschappelijk** is een niet wetenschappelijk theorie die door de voorstanders als wetenschap gepresenteerd wordt.

## 7.2 Demarcatiecriteria

X is wetenschappelijk asa P

### 7.2.1 Het enkelvoudige demarcatiecriterium van Popper

**Falsifieerbaarheidsriterium.** Een theorie is wetenschappelijk asa ze falsifieerbaar is.

- Consistentie met alle mogelijk observaties is geen deugd.
- Consistentie met alle actuele observatie wel.

Twee problemen:

- Zijn er onfalsifieerbare wetenschappelijke theorieën?

  - Quine-Duhem probleem is relevant.
  - Doel van hulphypothese is om hoodfhypothese testbaar te maken, niet te immumiseren tegen falsificatie.
- Zijn er falsifieerbare niet-wetenschappelijke theorieën?
  - Ja

Het is soms nuttig om een wetenschappelijke theorie af te schermen van falsificatie. Zolang er geen alternatieve theorie is die wel consistent is met de empirische gegevens.

Bv. de theorie van Newton over zwaartekracht zou ervoor zorgen dat alle hemellichaamen naar het zwaartepunt gaan. Dit is niet zo.

Niet alleen falsifieerbaarheid is van belang maar ook of men theorie actief tracht te weerleggen of men weerleggingen wilt aanvaarden. Gedrag en houding van aanhangers zijn ook van belang.

#### 7.2.2 Meervoudige demarcatiecriteria

1. Wetenscahp zoekt naar wetten.
2. Verklaren van gegevens op basis van wetten & Voorspellen van empirische fenomenen op basis van wetten.
3. Wetenschappelijke theorieën moeten testbaar zijn
   - Men moet er voorspellingen uit kunnen afleiden en die voorspelling moet confirmmeerbaar of falsifieerbaar zijn.
4. Wetenschap is tentatief: Men moet bereid zijn een theorie te verwerpen op basis van empirische vaststellingen.
5. Wetenschappers moet integer of intellectueel eerlijk zijn.

Het kan zijn dat aan niet alles voldaan wordt, maar als aan niet voldaan is is het zeker geen wetenschap.

# 8 Filosofie en wetenschap

## 8.1 Achtergrond: Kuhn over de ontwikkeling van wetenschap

Evolutie van wetenschap volgens Kuhn:

1. Prepragmatische fase
   - Er ontbreekt een paradigma
   - methodestrijd
   - onenigheid over de onderzoeksobjecten
   - grondslagenonderzoek
   - scholenstrijd
2. Paradigmatische fase
   - Er is een paradigma die de wetenschapspraktijk beheerst. Een paradigma bestaat uit
   - Wetten en theorieën
   - metafysica
   - waarden
   - technieken
   - paradigma's in de enge zin
3. Anomalie en crisis
   - Paradigmatische wetenschap wet haar eigen ondergang in gang
   - Er duiken weerbarstige puzzels of anomalieën op
   - Nieuwe radicale theorieën
   - Grondslagonderzoek
4. Wetenschappelijke revolutie
   - Resulteert in nieuwe paradigmatische fase (2)
   - Een theorie vervangt het oude paradigma
5. Anomalie en crisis
   - Terug naar 3...

Kuhn werkt met blokken, Gallison werkt met een muurmetafoor waarbij verschillende lagen kunnen overlappen.

- Hoog-theoretische laag
- Het instrumentele
- Het experimentele

Er kunnen veel onderzoeksprogramma's (~paradigma's) tegelijk naast elkaar bestaan.

## 8.2 De verschillende rollen van filosofie

### 8.2.1 De incubatorrol van filosofie

Tijdens de prepragmatische en de revolutionaire fase.

Filosofie wordt omschreven als de moeder van alle wetenschappen.

> "Science is what you more or less know, Philosophy is the part of science which at present people choose to have opinions about."

Bv. De bijdragen van de filosfie aan de hedendaagse wiskundige logica.

### 8.2.2 De kritische rol van filosofie

Tijdens de paradigmatische zetten wetenschappers wich af van fundamentele, filosofische vragen en richten wich op het oplossen van puzzels.

Maar het is soms wel belangrijk om kritisch na te denken over de natuur.

# 9 Module: Stelling van Gödel

## 9.1 An introduction to Gödel's Theorems

Samenvatting los gebaseerd op "An introduction to Gödel's Theorems" van Peter Smith en .

### 9.1.1 Basic arithmetic (Basis rekenkunde)

De rekenkunde stelt dat er een een volgorde van getallen beginnende bij nul is waarbij ieder getal 1 opvolger heeft.

Samen met optellen en vermenigvuldigen kunnen we andere noties zoals priemgetallen definiëren.

We kunnen bewering over de rekenkunde doen, waarheden zoals de commutativiteit vd som maar ook nog niet bewezen beweringen zoals Goldbach's conjecture (vermoeden).

Iedere bewering die we doen is wel deterministisch, ze is waar of niet waar.

We gebruiken een aantal axioma's om de de rekenkunde te beschrijven.

Een zin $\phi$ die geformuleerd kan worden in de taal van de eenvoudige rekenkunde. De zin is ofwel waar of niet waar. De zin $\phi$ of zijn tegengestelde dit kan logisch bewezen worden uit de axioma's.

We zullen niet altijd een bewijs vinden maar gaan er vanuit dat zo'n bewijs wel bestaat. Omdat de axioma's genoeg informatie bevatten om een waarde (True of False) uit af te leiden met logische stappen. (Dit is niet zo)

Men zegt dat een theorie (negation) compleet is als voor iedere zin $\phi$ ofwel $\phi$ of $\neg\phi$ afgeleid kan worden uit de theorie. In andere woorden een theorie is compleet als we de (on)waarheid van een iedere zin kunnen bewijzen.

### 9.1.2 Incompleteness (onvolledigheid)

De **eerst stelling van Gödel** zegt dat het idee dat we de rekenkunde volledig kunnen axiometiseren fout is.

We nemen de zin $G_T$ waarbij, als een theorie T consistent is noch $G_T$ noch $\neg G_T$ afgeleid kan worden in T. Maar we kunnen zien dat $G_T$ waar is in T.

Getallen kunnen gebruikt worden om betekenis te coderen. Godel vond een manier om feiten over wat afleidbaar is in T te coderen. Dus we kunnen $G_T$ gewoon als volgt definiëren.

$$G_T : \text{Deze zin is is niet bewijsbaar in T}$$

De zin $G_T$ is waar, maar dit kan je niet bewijzen in T.

Stel dat je de wijsneus wil uithangen en $G_T$ als een axioma aan T toevoegt om de die theorie U te bekomen kunnen we gewoon een andere zin $G_U$ opstellen die hetzelfde zegt.

### 9.1.3 More incompleteness

We kunnen de rekenkunde en dus de onvolledigheidsstelling ook terugvinden in andere theorieën bv. de verzamelingenleer.

Begin met een lege set $\emptyset$, maak een set $\{\emptyset\}$, $\{\emptyset, \{\emptyset\}\}$, ...

Deze structuur is analoog aan de natuurlijke getallen. Analogen voor optellen en vermenigvuldigen kunnen ook gevonden worden.

### 9.1.4 Some implications?

De volledige rekenkunde kan dus niet volledig deductief afgeleid worden uit de eenvoudige regels.

Dan kunnen we ons afvragen waarom wij Godel zinnen kunnen herkennen als waar op een manier die de gewone regel overstijgt. Men kan zelfs beweren dat we hierdoor geen machines kunnen zijn.

### 9.1.5 The unproveability of consistency

Als T een theorie is die de rekenkunde bevat kunne we $1 \neq 0$ afleiden. Als T ook $1 = 0$ bewijst dan is T inconsistent.

De zin $con_T$ stelt dat de theorie T consistent is. Uit de eerste stelling van Godel weten we dat als T consistent is dat $G_T$ niet te bewijzen is, dus $con_T \to G_T$.

Hieruit volgt dat als T consistent is dat dit niet bewezen kan worden in T. Een theorie kan zijn eigen consistentie dus niet bewijzen.

Dit is de tweede stelling van Godel.

### 9.1.6 More implications?

Zelfs zonder de tweede stelling kunnen we een theorie T die $con_T$ bewijst niet geloven, want uit een inconsistente theorie kan iedere zin bewezen worden.

Een theorie T die de rekenkunde omvat kan zijn eigen consistentie dus niet bewijzen. De theorie T kan ook geen uitgebreide theorie $T^+$ bewijzen. Dit omdat als T bewijst dat $T^+$ consistent is het dan ook bewijst dat T consistent is en dat mag niet. Iedere theorie die consistent is kan namelijk opgedeeld worden in andere delen die ook consistent zijn.

Dit alles zorgt ervoor dat het programma van Hilbert (Hilbert's Programme) onmogelijk wordt. Hilbert stelde namelijk voor oom een beperkte set axioma's te nemen waarvan we kunnen bewijzen dat ze consistent zijn, wat dus niet gaat.

### 9.1.7 What's next?

*In dit deel spreekt de schrijver over de verder inhoud van het boek, dit is niet relevant.*

## 9.2 Module: de onvolledigheidsstellingen van Gödel

Samenvatting los gebaseerd op de slides van Prof. Jan Heylen.

### 9.2.1 Optimisme

> "In mathematics there is no ignorabimus" [In wiskunde is er geen 'we zullen het niet weten']

Het axiomatiseringsproject, alle wiskundige theorieën axiometiseren. Men wil een formele wiskundige taal om alles in te bewijzen.

### 9.2.2 Pessimisme

**Eerst onvolledigheidsstellingen.** Geen enkele axiometiseerbare extensie van de minimale rekenkunde is volledig.

Dus er kan geen 1 theorie zijn die alles bewijst.