

# H1: Natuurfilosofie bij de Grieken

## Opkomst van natuurfilosofie

### Mythe en demythologiseren

- Mythe: = verhaal met verklaringen over het ontstaan van de werkelijkheid (mensen, dieren, leven, dood, natuurfenomenen en rampen) en de rol van goddelijke wezens  
→ mensen leren hun wereld en hun plek erin te begrijpen
- Demythologiseren
  - Nood aan rationele verklaringen + verwerpen van religieuze verklaringen  
→ bewijst dat men zelfzeker is: eigen meningen verklaringen > goddelijke mythes
  - **Voorwaarden** voor menselijke verklaring van de natuur:
    - ARCHAÏ: bepaalde principes waar men de chaos en veranderlijke processen van de natuur probeert mee te verklaren
    - LOGOS: (teksten) deze principes moeten begrepen en beschreven worden  
→ studie van de natuur = juiste principes ontdekken + juist kunnen verwoorden
  - **Verschillen** met huidige natuurwetenschappen
    - Enkel OBSERVATIES, geen experimenten en instrumenten  
! Erasthosthenes: door meting van schaduw in punt omtrek aarde geschat  
! Archimedes: mbv exp aangetoond dat gouden kroon vervalst was door toevoeging van zilver
    - Wiskunde enkel van toepassing op BOVENAARDSE FENOMENEN  
→ fenomenen op aarde nooit exact formuleren → gn fysische constante  
! Archimedes: wet vd hefboom en wet v voorwerp in water = uitzondering

### Griekse natuurfilosofen

- Oerstof
  - Iets waaruit alle deeltjes of voorwerpen zijn opgebouwd (~ 1<sup>e</sup> vorm van atomen)  
→ rationele samenhang zoeken in chaos van de natuur(krachten)
  - Thales: water    Heracleitos: vuur    Anaximenes: lucht
  - Empedocles: 4 basiselementen = water vuur lucht en aarde
- Oerprincipe:
  - Heracleitos:        **werkelijkheid = proces van verandering, eeuwig worden**  
vb. rivier: water vloeit → 'nooit 2x in dezelfde rivier gaan'
  - Parmenides:        **werkelijkheid = 1 en ondeelbaar, onveranderlijk, eeuwig**
    - Bestuderen van 'Het Zijn'
    - Metafysica: denken > empirie (menselijke waarneming)
    - Elke beweging is onmogelijk: tijdens een beweging moet 'iets wat is' iets worden 'wat niet is' maar 'het niet zijn' bestaat niet.
    - Achilles en de schildpad: paradox van Zeno van Elea. Wanneer de schildpad tegen Achilles moet racen en met een voorsprong start, zal Achilles de schildpad nooit kunnen inhalen omdat wanneer achilles de achterstand inhaalt de schildpad al een nieuwe, kleinere voorsprong heeft kunnen maken (In werkelijkheid wal Achilles de schildpad wel kunnen inhalen, maar volgens dit denkpatroon niet)

- Oerdeeltjes
  - Empedocles: **corpuluscairtheorie**
    - Alle materie bestaat uit 1 vd 4 oerelementen (kwalitatief verschillend)
    - 2 krachten (aantrekkende/liefde & afstotende/haat) werken in op deeltjes  
→ zorgen voor wijzigende samenstelling en veranderingen in de natuur
  - Leukippos: **atomisme**
    - Uitgedragen door oa Demokritos
    - Alle materie bestaat uit kleine deeltjes, atomen bewegend in lege ruimte
    - Enkel kwantitatieve verschillen: gedaante, grootte, ligging en beweging.

### Pythagoras: wiskunde als sleutel

- De ordende macht van het getal
  - Niet transcendent en niet materieel
  - Fundament voor begrijpen vd kosmische orde: door maatgeven en verhoudingen
  - Ook goden onderworpen aan getal
  - Vb in muziek: een snaar met een bepaalde lengte doen trillen geeft een bepaalde toon. De consonante tonen verkrijgen we door snaren te doen trillen met lengten die zich onderling verhouden als de 1<sup>e</sup> 4 getallen
- Stichtte ook school voor levensfilosofie → 'P. Heeft het begrip filosofie gemunt'

## Het Aristotelische wereldbeeld

### Aristoteles

- Leven: (4<sup>e</sup> eeuw vC)
  - Leerling van Plato → bouwde verder aan leer van Socrates en Plato
  - Doceerde wandelend op Lyceum → peripatetische (= wandelen) school gesticht
- Teksten
  - 100en jaren na zijn dood uitgegeven (!! Authenticiteit en volgorde?)
  - 6<sup>e</sup> – 12<sup>e</sup> eeuw: vnl bestudeerd in Arabische wereld
  - In Europa ook belangrijk (desondanks teksten in Arabië)
    - 'dixit philosophus' slaat altijd op Aristoteles
    - Werken over logica en biologie vormden tot voor kort basis vd discipline
    - Werken over metafysica en ethiek worden nog altijd bediscussieerd

### Wereldbeeld

- Geocentrisme
  - Aarde centraal + zon en planeten errond
  - Postulaat van Plato: hemellichaam = perfecte vorm (bol) die perfect beweegt (cirkelvormig) samengesteld uit ether.
  - Contrast tussen ondermaanse (aardse) en hemel! (*zie verschillen met huidige ..*)
    - Aarde: bestaat uit 4 elementen die van nature weg of naar het centrum bewegen. Element aarde naar het centrum → aarde in natuurlijke plaats. Natuurlijke toestand is rust.
    - Hemellichamen: bestaan uit 1 element ether en hun natuurlijke toestand is het maken van cirkelvormige bewegingen (zware lichamen vallen sneller)
  - Astronomie: sterk wiskundig ontwikkeld
    - Aristoteles: cirkelvormige bewegingen
    - Ptolemaeus 'verbetert': epicykels toevoegen → nog 1400 jaar gebruikt

- Speculatie en observatie vormen de basis:
  - Observatie voorbeelden
    - 'zware lichamen vallen sneller dan lichte'
    - 'natuurlijke bewegingsstoestand van lichaam is in rust'
      - kracht nodig om iets in beweging te brengen = NEWTON
    - 'planeten/ zon draaien rond de aarde'
  - Speculatie voorbeelden
    - 'Aarde opgebouwd uit 4 basiselementen'
    - 'Hemellichamen uit 1 element (ether)'
- Lang standgehouden door
  - Vermenging met de katholieke leer ( via Thomisme) → in Bijbelpassages
  - De empirische ondersteuning v belangrijke Aristotelische leerstellingen
  - De wiskundige modellen voor de astronomische leer

# H2 De wetenschappelijke revolutie 1500-1750

## Ontstaan van moderne wetenschap

### Algemeen

- In 16<sup>e</sup> en 17<sup>e</sup> eeuw
- Door ontstaan van microscoop en telescoop → nieuwe waarnemingen

### Barsten in beeld van de Grieken

- Grieken: geocentrisme (*zie aristotelische wereldbeeld*)
- Copernicus: heliocentrisme
  - Zon staat in het midden + aarde is niet in rust, maar draait om haar as en om de zon → Retrograde bewegingen van de planeten te verklaren (figuur p14)
  - Geen epicykels om retrograde bewegingen te verklaren (~Ptolemaeus) wel om de equant te elimineren
  - Aanvaardde nog de perfecte vorm en perfecte beweging van de hemellichamen  
→ empirisch: heliocentrisme > geocentrisme
- Kepler: 3 wetten over beweging van planeten rond de zon
  - 1<sup>e</sup> = planeten bewegen als een ellips met zon in 1 van de 2 foci
  - 2<sup>e</sup> en 3<sup>e</sup> zijn formules  
→ wiskundig en empirisch: heliocentrisme > geocentrisme
- Galilei: mbv telescoop
  - Astronomie
    - Maan en zon niet perfect bolvormig (valleien, bergen, vlekken)
    - Manen rond Jupiter → Aarde niet uniek
  - Mechanica
    - Wet van vallende lichamen: zware lichamen even snel vallen als lichte
    - lichamen bewegen zich aan dezelfde snelheid en in een rechte lijn voort tenzij er een kracht op inwerkt.
  - Methodologie: mbv wiskundige benadering en opgezette exper → ≠ wetten
    - de afstand die afgelegd wordt door een vallend lichaam is proportioneel aan het kwadraat van de verstreken tijd.
    - Wet van vallende lichamen
  - 'Wetenschap in een mathematische taal, de bijbel in een simpele taal → kunnen naast elkaar bestaan.' Toch veroordeeld door de inquisitie en werken bij 'verboden boeken gezet'
- **Archimedes:** eerste die aangetoond heeft wiskunde wel toepasbaar op aardse
- Newton
  - Mechanica
    - 3 wetten voor kracht en beweging en 1 wet voor de zwaartekracht tss 2 lichamen
    - differentiaal- en integraalrekening
  - Methodologisch: veel experimenten gebruiken

## Mechanisering van de fysica

### Aristoteles:

- Mechanica geen onderdeel van de fysica
  - Fysica = onderzoek van de natuur (= het geheel vd dingen die uit zichzelf een beweging of een verandering op gang kunnen brengen) met als doel de bewegingen en veranderingen te verklaren
  - Mechanica= houdt zich bezig met het tot stand brengen van veranderingen en bewegingen
- Mechanica is een tegennatuurlijke beweging want voortgebracht door hulp van de mens → 'kunstmatige essentie': kan de natuur niet evenaren en zeker niet overtreffen

### Mechanica centraal in fysica door ontstaan moderne wetenschap

- Gevolg: organisch wereldbeeld (natuur ~ levend wezen) → mechanistisch wereldbeeld (natuur ~ machine)
- Verklaringen/oorzaken
  - Sociale veranderingen in Europa: burgerij naar de voorgrond → aandacht aan mechaniek in de werkplaatsen
  - Veranderingen in de ideeën over wetenschap: **BACON (<-> Aristoteles, cf supra)**
    - Geen onderscheid tussen het onderzoeken van veranderingen en het tot stand brengen van bewegingen: kennis over de natuur → beheersen van de natuur en de natuur tot een bep beweging kunnen aanwenden
    - Geen onderscheid tussen natuurlijke (natuur) en tegennatuurlijke bewegingen (kunst en techniek) → kunst of techniek leiden de natuurlijke beweging slechts in een bepaalde richting
      - geen onderscheid tussen mechanica en fysica
      - nieuwe wetenschap: mechanische kunsten bestuderen want de mechanica ontrafelt de natuur terwijl ze die ook beïnvloedt.
    - Belang voor praktijk van onderzoek:
      - Experiment is artificiële waarneming: natuurlijk proces wordt ontbonden in verschillende elementen en geïsoleerd uit zijn natuurlijke omgeving
      - Door verdwijnen van onderscheid mechanica en fysica/ kunstmatig en natuurlijk → experimenten zijn zinvol
    - Bacon's ideaal: mensen besturen een land adhv bruikbare kennis + efficiënte productie van kennis: bepaalde mensen gaan op zoek naar kennis, andere verspreiden het onder andere mensen, andere werken uit in axioma's, andere zoeken bruikbare resultaten uit deze axioma's.
      - Dichterbij dan gedacht: in chemie toen al natuurlijke produceren
  - In de chemie: 2 theorieën: analogie met fysica (natuurlijk) en mechanica (onnatuurlijk)
    - **Aristotelisch**: natuurlijke verbindingen: door natuurlijke generatie ontstaan homogeen product met verbonden bestanddelen
    - **Mechanistisch**: kunstmatige verbinding: ogenschijnlijk homogene massa, die in werkelijkheid een samenstelling is v uiterst fijnverdeelde bestanddelen.
    - Grens tussen de 2: natuurlijk wanneer we iets niet kunstmatig kunnen opbouwen en uiteenhalen → evolueert naar geen natuurlijke meer → onderscheid tussen studie/wetenschap van de natuur en techniek en technologie verval

## Universele wiskunde

### Nieuwe algebra

- Vieta: grootheden door symbolen vervangen
  - Uit verhoudingen tussen de symbolen conclusies trekken over de grootheden
  - Symbolen aan zelfde rekenregels onderworpen als getallen
  - ➔ Algebra = een analyse-instrument (sneller, machtiger en vooral algemener)
- Descartes: analytische meetkunde
  - Verband tussen figuren uit de wiskunde vd oudheid en tekens (vgl) van Vieta
  - Vertrekpunt: vorm van een figuur het resultaat is van het traject gevolgd door een punt dat in beweging is.
  - Figuur te schrijven als een vergelijking: bepaalt coördinaten van een punt ➔ drukt de bewegingswet uit van dat punt ➔ symbolische voorstelling van de figuur die door de beweging voortgebracht wordt
  - Enorme algemeenheid:
    - in 1 formule: eigenschappen van een hele familie van krommes
    - wiskundige methode: **toepasbaar op alles**
    - ➔ onderscheid hemelse - ondermaanse van Aristoteles verdwijnt

## Een nieuwe wetenschap van de natuur

### Verschillen tss wetenschap bij Aristoteles & bij Galilei en Newton

- Voorbeelden
  - Aristoteles: beschrijvingen over bepaalde fenomenen
  - Galilei en Newton: formules (vb. wet van de slinger, wet van de gravitatie p20-21)
- Verschillen
  - Galilei en Newton gebruiken wiskundige symbolen
  - Uitspraken van G en N experimenteel geconfirmeerd:
    - Uit hun wetten kan men mathematisch-deductief andere uitspraken afleiden die voorspellen wat tijdens een experiment zal gebeuren.
    - Experiment = situatie die zo opgezet wordt dat de natuur zich op een voor de wetenschapper instructieve manier gedraagt.
  - Verschil in beeld van de werkelijkheid
    - Aristoteles: plaats en beweging van (een stuk van) de aarde zijn een natuurlijke plaats en beweging
    - Galilei en Newton: de plaats en de beweging van een lichaam zijn afhankelijk van de krachten die op dat lichaam inwerken.
- Vanaf 17<sup>e</sup> eeuw:
  - Aristoteles ideeën verworpen, 'moderne' wetenschappers geaccepteerd
  - Newtons prestatie = model van wetenschappelijkheid, kennis en redelijkheid

# H3: Inleiding Wetenschappelijk redeneren

## Argumenten

- Bewerende zin: zinnen die waar of onwaar zijn
- Argumenten: bestaat uit bewerende zinnen (premissen) en een bewerende zin die als conclusie dient
  - Conclusie indicatoren: daarom, dus, bijgevolg
  - Premisse indicatoren: aangezien, want, omdat

## 3 types van wetenschappelijk redeneren

- Deductie/ deductieve argumenten
  - Bestudeerd in de logica.
  - Kenmerk van deductieve arg: altijd logisch geldig
  - **Logische geldigheid**: als en slechts als het onmogelijk is dat de premissen allemaal waar zijn terwijl de conclusie onwaar is
  - **Correctheid**: als en slechts als het argument geldig is en de premissen waar zijn.
  - Kan geldig zijn maar incorrect. Incorrect is niet alle premissen waar, logisch geldig is wanneer onmogelijk alle premissen waar en conclusie onwaar.
- Inductie
  - Inductieve interferentie (=synoniem): adhv een verzameling iets afleiden dat heel waarschijnlijk is maar niet logisch onontkomelijk
  - **Enumeratieve inductie**: men vertrekt van groot aantal gevallen. Hoe groter het aantal gevallen hoe sterker het argument.
  - **Inductief goede/ betere argumenten**: een argument is inductief goed (beter) als en slechts als (naarmate) de conclusie meer waarschijnlijk is gegeven de premissen dan op zichzelf.
  - Inductieve argumenten niet per se logisch geldig
  - OPM: relatie met abductieve argumenten: 'parasitair' op abductieve argumenten
- Abductie
  - Abductieve interferentie = afleiding naar de beste verklaring
    - 'Gegeven een aantal premissen en alternatieve verklaringen  $V_1, \dots, V_n$  voor de (hypothetische) waarheden uitgedrukt in de premissen, concludeer dat de verklaring  $V_i$  (met  $1 < i < n$ ) die de beste verklaring biedt voor de hypothetische waarheden uitgedrukt in de premissen zelf waar is;
    - Bij een bepaald aantal premissen met een aantal verschillende verklaringen, dan is de verklaring die het best de premissen verklaart waar.
  - Achtergrondkennis wordt vaak als algemene aanname gezien en impliciet verzwegen
  - Abductieve argumenten niet per se logisch geldig
  - Relatie met inductieve argumenten: Abd arg parasitair op ind. Zie vb 5, achtergrondkennis die wordt verzwegen obv inductief redeneren bekomen

## Wetenschapsidealen

### De axiomatische methode van Euclides (DEDUCTIE)

- Euclides: 5 axioma's in boek STOICHEIA
  - Axioma = een niet bewezen, maar als grondslag aanvaarde bewering
  - 1<sup>e</sup> -4<sup>e</sup> axioma: beschouwd als vanzelfsprekend waar
    - ➔ geldige argumenten met deze axioma's als principes zijn waar. (CORRECT)
    - ➔ Wnr deze conclusies dienen als premissen ➔ ook ware conclusies uit trekken
    - ➔ ENZ: obv axioma's steeds complexere stellingen maar waarheid gegarandeerd.
- Bedenkingen bij deze methode van Euclides:
  - Logica nog niets in vgl met hedendaagse logica. Wel al belangrijke stappen
    - 4<sup>e</sup> v.C : Aristoteles: syllogistiek
    - 3<sup>e</sup> v.C: Chrysippus van Soli: 5 zinslogische redeneervormen die geldig zijn
    - Euclides: formele studie van argumenten. Werken van Aristoteles en Chrysippus volstonden niet.
      - ➔ pas in 19<sup>e</sup> eeuw Frege, Russel & Whitehead: krachtige logica voor wiskundige redeneringen
  - Deductieve gaten: niet alle euclidische stellingen volgen logisch uit de axioma's.
    - ➔ studie van Hilbert:
      - Betere axiomatisering
      - Aantonen dat sommige axioma's onafhankelijk zijn (niet logisch afleidbaar uit andere axioma's ➔ Vanzelfsprekendheid van axioma's in vraag stellen.
- Voorbeeld: verzamelingentheorie in wiskunde. = Geaxiomatiseerde eersteorde theorieën
  - Obv Zermelo-Fraenkel axioma's
  - Meest fundamentele theorie in wiskunde
  - Voorbeeld: verzameling vd reële getallen, vd natuurlijke getallen
  - Opmerking: hoe kunnen de axioma's van deze theorie gerechtvaardigd worden?
    - ➔ GODEL: obv wiskundige intuïtie.
- Axiomatisering v Euclides werd ideaal in de wetenschappen
  - Deductief te werk gaan en axiomatische methode volgen
  - Axioma's: vanzelfsprekend waar. Niet deductief te verklaren maar dmv inductie
  - Steeds meer gemathematiseerd sinds revolutie
  - Probleem: 'Kan de natuurkunde geaxiomatiseerd worden?'
    - Vnl bij waarschijnlijkheidstheorie en mechanica
    - Nog steeds open, ook al is de waarschijnlijkheidstheorie wel al geaxiomatiseerd.

### Newton over experimentele filosofie

- Opstellen van wetenschappelijke theorieën + nadenken over zijn wetenschappelijke praktijk ➔ hoogtepunt vd wetenschappelijke revolutie
- 4 regels in de natuurfilosofie: uit 'Mathematical principles of natural philosophy'
  - **(1)** Om natuurlijke dingen te verklaren hebben we niet meer nodig dan ware en 'voldoende verklarende' oorzaken ➔ = afleiden naar beste verklaring



- **(2)** Dezelfde oorzaken voor dezelfde natuurlijke dingen gebruiken  
vb. ademhaling bij de dieren en bij de mens heeft zelfde oorzaak
  - **(3)** Eigenschappen van lichamen kunnen als universele eigenschappen van alle lichamen beschouwd worden, wanneer ze voor lichamen gevonden zijn gedurende gelijk welk experiment + *wanneer ze geen intensie of remissie van graden admitten?*
  - **(4)** In natuurfilosofie bekijken we inductieve generalisaties als accuraat, (niettegenstaande het bestaan van andere hypothesen) totdat andere fenomenen gebeuren waardoor ze meer accuraat zijn of aansprakelijk voor uitzonderingen.
- Abductie en **inductie** centraal in Newtons wetenschappelijke methodologie en redeneren
    - 1 en 2 = abductief (afleiden naar beste verklaring) en 3 en 4= inductief
    - Vb. Kepler wetten: inductieve generalisaties obv hemelbewegingen
    - Vb. zwaartekrachtswet
      - Obv 1 en 2: maan en geworpen steen aan zelfde kracht onderhevig (obv beweging van maan vs steen) (zwaartekracht van de aarde)
      - Obv 3: tegenstelde krachten: maan ook zwaartekracht op aarden
      - Obv 4: deze wet = inductieve generalisatie
    - Opm: rol van deductie: wetten van newton worden beschouwd als axioma's.

# H4 Deductie

## Directe verificatie en falsificatie

### Observatie zinnen

- WAT: Zin waarmee een mogelijke observatie beschreven kan worden. (!karakterisering, geen definitie want notie van een mogelijke observatie is onduidelijk)  
! Mag onwaar zijn, maar moet mogelijk waar zijn.
- Verschil logisch geldig en logische waarheid:
  - Logische waarheid
    - als en slechts als  $\phi A = 1$  voor elke LZL-structuur A. (als elke structuur waar is is de zin waar) We noteren dit als:  $\models \phi$
    - een LZL structuur A is een functie voor elke zinsletter  
 $\rightarrow$  is element van  $\{1, 0\}$  met 1 en 0 als waarheidswaarden (1= waar)
    - Een hypothese is geen logische waarheid
  - Logische geldigheid
    - als en slechts als het onmogelijk is dat de premissen/ een verzameling zinnen/ observaties (alle LZL structuren A) waar (1) zijn en de conclusie  $\phi$  onwaar (0) is. We noteren dit als  $\Gamma \models \phi$
    - Kan tegelijkertijd geldig zijn maar geen waarheid
    - Een verzameling van (obs )zinnen heeft als kenmerk geldigheid.
  - Obv observaties bepalen of een hypothese waar of onwaar is:  
VOORWAARDE = logisch verband tussen hypothese en en observatiezinnen.

### Directe verificatie en falsificatie

- Directe verificatie  $\rightarrow$  waarheid aantonen
  - Basisidee:
    - Adhv existentiële  $\exists$  generalisatie + ware observatiezin als premisse  $\rightarrow$  existentiële generalisatie verifiëren/bewijzen
    - obv existentiële generalisatie, ware observatiezin en *modus ponens* (p49)
    - voorbeeld
  - Definitie: een **niet lege, eindige, consistente verzameling** van observatiezinnen verifieert een zin direct als en slechts als de zin logisch geldig is gegeven de verz.
  - Directe verifieerbare hypothesen: een zin is direct verifieerbaar als en slecht als er een niet lege, eindige, consistente verzameling van observatiezinnen is die logisch geldig is. !!!Betekent niet per se dat de zin waar is
- Directe falsificatie  $\rightarrow$  onwaarheid aantonen
  - Basisidee:
    - Adhv universele  $\forall$  generalisatie + ware observatiezin als premisse  $\rightarrow$  universele generalisatie falsificeren/ onwaar bewijzen (negatie teken)
    - obv universele instantiatie, ware observatie zin en *modus tollens*(p49)
    - voorbeeld
  - Definitie: een **niet lege, eindige, consistente verzameling** van observatiezinnen falsifieert een zin direct als de zin niet logisch geldig is gegeven de verzameling

- Direct falsifieerbare hypothesen: een zin is direct verifieerbaar als en slechts als er een niet lege, eindige, consistente verzameling van observatiezinnen is die niet logisch geldig is. !!! betekent niet per se dat de zin onwaar is.
- Opmerking definitie
  - Waarom niet leeg? als we lege verzamelingen zouden gebruiken, is een logische waarheid ook zagezegd geverifieerd
  - Waarom eindig: we kunne geen oneindig aantal observaties doen
  - Waarom consistent: **consistent** als en slechts als er tenminste 1 LZL structuur A bestaat zodanig dat  $\phi A = 1$  voor alle zinnen in de verzameling. Uit een inconsistente verzameling zinnen volgt alles logisch.
  - Waarom een verzameling: meerdere observaties nodig om een complexe hypothese te toetsen.

### Grenzen aan directe verifieer en falsifieerbaarheid

- Universele generalisaties (en negaties van existentiële generalisaties)
  - Niet in het algemeen direct verifieerbaar
    - Er is geen niet lege eindige consistente verzameling van observatiezinnen die een universele generalisatie/ negatie van existentielle generalisatie logisch impliceert
    - Voorbeeld. Je ziet 3 mannen met een baard. We kunnen niet concluderen dat alle mannen een baard hebben (universele generalisatie) of we dat er geen man zonder baard bestaat (negatie van existentielle generalisatie)
  - Niet allemaal direct falsifieerbaar  
voorbeeld. Voor iedereen is er iemand van wie hij houdt. Met falsificatie niet vast te stellen want daar kunnen we enkel de onwaarheid mee aantonen.
- Existentiële generalisaties (en negaties van universele generalisaties)
  - Niet in het algemeen direct falsifieerbaar  
Voorbeeld je ziet 3 mannen met een baard. Je kunt niet concluderen dat er een man bestaat zonder baard (existentielle generalisatie) of dat niet alle mannen een baard hebben (negatie van de universele generalisatie)
  - Niet allemaal direct verifieerbaar  
voorbeeld. Er bestaat iemand van wie iedereen houdt. Met verificatie niet vast te stellen want dit kan niet logisch volgen uit een eindig aantal observaties ( je kan zien dat 3 mensen van die iemand houden, maar je kan niet iedereen zien.)

## Indirecte falsificatie en het Quine Duhem probleem

### Hulphypothesen en indirecte falsificatie

- Hulphypothesen
  - Noodzaak: Niet altijd logisch verband tussen hypothese en observatie  
→ nodig voor kloof tussen theorie (hypothese) en empirie (obs) te overbruggen
  - = een zin gebruikt om de hoofdhypothese logisch af te leiden uit een niet lege, eindige, consistente verzameling observatiezinnen  
**verzameling obs zinnen → hulp hypothese → hoofdhypothese**
  - voorbeeld valversnelling uit zwaartekrachtswet en 2<sup>e</sup> wet v Newton (p66)

- **Indirecte verificatie** van een hypothese: een eindige, consistente verzameling van observatiezinnen verifieert een zin relatief tov een consistente verzameling van hulphypothesen als en slechts de zin logisch geldig is gegeven de 2 verzamelingen
- **Indirecte falsificatie** van een hypothese: een eindige, consistente verzameling van observatiezinnen falsifieert een zin relatief tov een consistente verzameling van hulphypothesen als en slechts zin niet logisch geldig is gegeven de 2 verzamelingen

### Het Quine-Duhem probleem

- Probleem
  - Indirecte falsificatie = Hoofdhypothese niet logisch geldig gegeven een verzameling observatiezinnen en verzameling hulphypothesen
  - Denk aan definitie van logische geldigheid (wanneer onmogelijk alle premissen waar maar conclusie onwaar) → 3 mogelijke gevolgen
    - Minstens 1 van de Hulphypothesen ( $\sim$ premissie) is onwaar
    - Minstens 1 van de observatie zinnen ( $\sim$ premissie) is onwaar
    - De hoofdhypothese is onwaar.
  - de hoofdhypothese zelf is niet aantoonbaar als 'onwaar'
  - het probleem verdwijnt niet als je weet dat de observaties waar zijn. (niet enkel theoretisch)
- Voorbeelden.
  - Foute hulphypothese
    - Hypothese: wetten van newton om traject van planeet te voorspellen
    - Obs: traject Uranus komt niet overeen met voorspelling volgens wet
    - Hulphypothese was fout ('er is geen planeet die de baan van Uranus kan beïnvloeden met zijn zwaarteveld)
  - Foute hoofdhypothese ook mogelijk: baan van mercurius niet met wetten van Newton maar met relativiteitstheorie van Einstein.

### Ad Hoc hypotheses

- Wat: ad hoc (op de moment zelf) naar voor geschoven om te concluderen dat een hulphypothese fout is bij de indirecte falsificatie van een hoofdhypothese  
→ soort bescherming van de hoofdhypothese
- Voorbeeld: flogiston theorie.
  - Hoofdhypothese: Er komt een stof vrij (flogiston) bij verbranden van materiaal (want papier en hout verdwijnen als het ware)
  - Indirecte falsificatie: Bij verbranding van metaal wint metaal aan massa
  - Adhoc hypothese: er bestaan 2 soorten flogiston ( 1 met positieve massa en 1 met negatieve massa) in plaats van hoofd hypothese te verwerpen.
- Opmerking: is dit rationele praktijk?

### Voorbij deductie

- Existentiële generalisaties: niet direct falsifieerbaar, toch vaak overtuigd dat ze onwaar zijn vb. er is flogiston
- Universele generalisaties: niet direct verifieerbaar, toch redenen dat ze waar zijn vb. de wet van boyle,  $E = m \times c^2$
- niet deductief geredeneerd, obv andere soort redenering (inductie en abductie)

# H5 Inductie en waarschijnlijkheid

## 2 problemen in verband met inductie

### Humes probleem

- 2 types redenering: de vork van Hume ( $\leftrightarrow$  itt 3 in H3)
  - Deductieve bewijzen: deductieve argumenten obv premissen die zelf deductief bewijsbaar of a priori kenbaar zijn (= wanneer ze gekend kunnen w zonder beroep te doen op de empirie, ~ axioma's)
  - Waarschijnlijke redeneringen
    - = redeneringen op basis van observaties = inductieve redeneringen
    - **Aanname: natuur is uniform**: ongeobserveerde lijkt op het geobserveerde
- Probleem: redenen om aanname te geloven?
  - Niet obv deductief bewijs (negatie van de aanname is logisch consistent)  
vb. logisch consistent: bomen verliezen hun bladeren in de lente en krijgen nieuwe in de herfst
  - Niet obv inductief argument want is circulair  
vb. tot nu toe is natuur uniform  $\rightarrow$  zal altijd blijven. Dit is ook obv uniformiteitsaanname: het geobserveerde zal lijken op het tot dan toe geobserveerde.  
 $\rightarrow$  geen rechtvaardiging van de aanname  $\rightarrow$  geen reden om geloof te hechten in inductieve argumenten

### Het nieuwe raadsel van Goodman

- 2 stellingen geformuleerd:
  - Alle tot nu toe waargenomen smaragden zijn groen  
 $\rightarrow$  obv inductie: alle smaragden zijn groen.
  - Een object is GRUE wanneer het voor het jaar 2100 is waargenomen en groen is, of wanneer het na het jaar 2100 is waargenomen en blauw is. (**= een niet uniforme hypothese** want men gaat ervan uit dat het geobserveerde niet meer lijkt op het tot dan toe geobserveerde)  $\rightarrow$  obv inductie: alle smaragden zijn GRUE (want alle smaragden tot voor het jaar 2100 zijn groen)
- De 1<sup>e</sup> stelling wilt men aannemen maar de 2<sup>e</sup> stelling niet. Wat rechtvaardigt dit verschil?  
CONCLUSIE: probleem met uniformiteit en inductie.

## Inductie en confirmatie

### Verschillende soorten redeneringen

- Inductief:
  - observationele vaststellingen  $\rightarrow$  theoretische conclusies
  - vb. slang die in staart bijt  $\rightarrow$  benzeen zou wel eens zo'n structuur kunnen hebben
- Wetenschappelijk / deductief
  - theorie  $\rightarrow$  observationele gevolgen
  - vb. theorie van atoombom (via uranium of plutonium isotopen een exponentiele nucleaire kettingreactie & ontploffing  $\rightarrow$  dan getest)
- Confirmatie: Inductieve redenering waarbij theorie eerst komt.

## De hypothetische deductieve theorie van confirmatie:

- Confirmatie:
  - een zin (hoofdhypothese) wordt geconfirmeerd door een verzameling niet lege, eindige, consistente verzameling observatie zinnen, t.o.v. een verzameling hulphypothesen, wanneer elke observatiezin logisch geldig is gegeven de zin en de hulphypothesen als premissen. **(in symbolen p 78)**
  - Opmerking: andere richting van deductie dan verificatie.
    - verificatie: observatiezinnen premisse → hypothese conclusie
    - confirmatie: hypothese premisse → observatiezinnen conclusie
    - ➔ universele generalisaties ('er bestaat') niet verifieerbaar maar wel confirmeerbaar.
- Disconfirmatie:
  - een zin (hoofdhypothese) wordt gedisonfirmeerd door een verzameling niet lege, eindige, consistente verzameling observatiezinnen, t.o.v. een verzameling hulphypothesen, wanneer de zin niet logisch geldig is gegeven de 2 verzamelingen als premissen. **(in symbolen p 78)**
  - Opmerking: falsificatie (H4) = disconformatie
- Relatie confirmatie en inductie
  - Volgens theorie: confirmatie = deductief, maar in de andere richting is dit dan inductief!!! ➔ Confirmatie is spiegeling van inductie.
  - Voorbeeld: wet van boyle  $p \times V = k$ 
    - Deductief: wet gegeven (=hoofdhypothese). ➔ conclusies uittrekken ➔ adhv experimentele procedures: wet confirmeren.  
➔ theorie ➔ Observationele gevolgen
    - Inductief: experimentele procedures: we meten p, V in constant systeem. voor 2 situaties van p ➔ hieruit wet afleiden.  
➔ observationele vaststellingen ➔ theoretische conclusies
- Problemen met deze theorie:
  - Ook Quine Duhem probleem want disconfirmatie = falsificatie
  - Problemen ivm. inductie want confirmatie is spiegeling van inductie
    - Uniformiteitsaannname. (Hume)
    - Gruesome hypothese (Goodman)
  - Probleem van de statistische hypothesen: theorie geformuleerd als kans ➔ moeilijk empirische gevolgen deduceren  
vb. rokers en niet rokers + hun kans op longkanker opvolgen. Hypothese: 'rokers meer kans op longkanker'. In totale populatie wss meer rokers dan niet rokers met longkanker, maar in steekproef kan dit desondanks anders voorkomen.
  - Enkel kwalitatieve theorie, niet kwantitatief. (zegt wel geconfirmeerd, maar niet in welke mate) ➔ waarschijnlijkheid nodig .
- OPMERKING. Theorie van Karl Popper:
  - Geloofde niet in confirmatie **owv de problemen met inductie** ➔ Corroboratie: zelfde definitie als confirmatie maar in se geen reden om hypothese te geloven. (neutraal)
  - Geloofde wel in falsificatie en dus disconfirmatie

## Interpretatie van waarschijnlijkheid

### Problemen met interpretatie van waarschijnlijkheid

- Frequentie notie (frequentisme)
  - Aantal gevallen (binnen de referentieklassse) / totale referentieklassse.  
vb. 100 rokers (referentieklassse). 40 krijgen longkanker →  $Pr=40/100=40\%$
  - Niet bruikbaar voor het begripen van inductie en waarschijnlijkheid.
- Problemen bij frequentisme: verplicht 1 of 0 (extreme waarden) gebruiken
  - vb. beweging vd aarde in de toekomst. tov bewegingen van de aarde tot nu toe (referentieklassse) →  $Pr=0$  want beweging valt niet in referentieklassse
  - vb beweging van de aarde in de toekomst. Tov bewegingen tot nu toe en toekomstige bewegingen →  $Pr=1$  want unieke beweging tov die referentieklassse

### Klassieke interpretatie:

- Laplace (=basis)
  - De waarschijnlijkheid van een bepaalde gebeurtenis is gelijk aan de breuk van het aantal van die bepaalde gebeurtenissen op het aantal van alle gebeurtenissen.
  - 'Alle gebeurtenissen' zijn alle gebeurtenissen van dezelfde soort gereduceerd naar een aantal gebeurtenissen in dezelfde mate mogelijk
  - Probleem: 'in dezelfde mate mogelijk'
    - Mogelijk is niet gradueel, niet in een bep mate (enkel mogelijk of niet)
    - In dezelfde mate mogelijk = even waarschijnlijk → circulair
- Principe van onverschilligheid
  - **Principe:** Bij n mogelijkheden die **exclusief** (niet tegelijkertijd) en **exhaustief** (altijd 1) zijn, is de waarschijnlijkheid voor elk van de mogelijkheden  $1/n$ .  
vb. dobbelsteen gooien, kans op 2 ogen naar boven? Altijd 1 vlak boven (exhaustief) en nooit meerdere tegelijkertijd (exclusief), en 6 vlakken →  $1/6$
  - **Veralgemeend principe:** bij n mogelijkheden die exclusief zijn, is de waarschijnlijkheid van elk van de zinnen gelijk aan de waarschijnlijkheid van de andere zinnen en dus aan  $x/n$  (met x de totale waarschijnlijkheid)  
vb. vervalste dobbelsteen, kans op 3 ogen is  $1/5$ . Dus nog  $4/5$  over voor 5 mogelikh., volgens veralgemeende principe is Pr voor die 5 mogelijkheden gelijk.
  - Kenmerken:
    - Waarschijnlijkheid koppelen aan informatie en kennis
    - Neutraliteit opleggend
    - ➔ Partiele interpretatie: we weten welke waarschijnlijkheden toe te kennen bij gebrek aan informatie (gelijke waarschijnlijkheden), maar niet wanneer we wel informatie hebben
  - WEL mogelijk om niet- extreme waarschijnlijkheden aan unieke situaties toe te kennen.
    - Vb dobbelsteen gooien, kans op een 2 =  $1/6$ .
    - Bij frequentisme: kans op 2? → referentieklassse!! Het betreft hier die ene worp. Als het een 2 is dan is  $Pr=1/1$ , als het geen 2 is dan is  $Pr=0/0$

- Problemen bij principe van onverschilligheid.
  - Verschillende waarschijnlijkheden toekennen wanneer men eenzelfde probleem op een andere, maar equivalente manier beschrijft  
vb. kubussen met zijde tussen 0 en 1 m produceren  
→  $P(\text{kubus met zijde } < 0,5\text{m}) = \frac{1}{2}$  (want 2 mogelijkheden  $< 0,5$  of  $> 0,5$ )  
→  $P(\text{kubussen met oppervlakte zijvlak tussen 0 en } 0,25\text{m}^2) = \frac{1}{4}$  (want 4 mogelijkheden:  $< 0,25\text{m}^2$ ,  $0,25\text{m}^2 < x < 0,5\text{m}^2$ ,  $0,5\text{m}^2 < x < 0,75\text{m}^2$  enz)  
→ maar het gaat over zelfde probleem want zijde  $\frac{1}{2} \rightarrow$  op  $\frac{1}{4}\text{m}^2$
  - Oneindig veel individueel exclusieve en gezamenlijk exhaustieve mogelijkheden  
→ niet toepasbaar.  
vb. **p91: bosmarmotten**: 2 verzamelingen zinnen waarbij de zinnen binnen 1 verzameling elkaar uitsluiten en waarvan slechts 1 zin in de verzameling kan kloppen, maar een zin uit de 2<sup>e</sup> verzameling sluit niet per se een zin uit de 1<sup>e</sup> verzameling uit.

### De subjectieve interpretatie

- Waarschijnlijkheid in functie van de overtuiging van een persoon of subject
  - Graad van overtuiging: in welke mate iemand overtuigd vd waarheid van een zin
    - Helemaal zeker vd waarheid → ... → helemaal onzeker: zeker onwaar)
    - $\sim$  de kans op
  - Verschillende waarschijnlijkheidsfuncties: verschillende personen, of voor 1 persoon op verschillende momenten
- Moeilijkheden van subjectieve interpretatie
  - Personen hebben niet voor alle zinnen een in getallen uit te drukken, precieze graad van overtuiging (vb. geen overtuiging, of enkel in een interval uitdrukbaar)
  - Personen niet altijd volledig overtuigd van de waarheid van ELKE logisch ware zin  
vb. te complex
  - Personen wijken af van kolmogorov theorie: geven hogere waarschijnlijkheden toe aan een conjunctie ('en') dan aan de conjuncten apart.
  - Nooit de problemen van de klassieke interpretatie:
    - Subj: niet voorgeschreven wat de graden van overtuiging zijn (enkel voldoen aan axioma van kolmogorov)
    - Klassiek: principe van onverschilligheid (gelijke kansen aan alle mogelijkheden)  
→ bij (oneindig) logisch incompatibele zinnen een verschillende waarschijnlijkheid toekennen.

## Bayesiaanse confirmatietheorie BCT

### 2 principes

- Synchronische coherentie: graden van overtuiging moeten altijd voldoen aan **axioma's van kolmogorov** (in niet te kennen paragraaf, p 84)
  - De kans op een zin moet een reeel getal zijn groter of gelijk aan 0
  - Zin = logische waarheid (definitie boven) → waarschijnlijkheid = 1
  - Bij 2 gegeven zinnen o/ v: kans op o óf v = de kans op o + de kans op v
  - Bij oneindig gegeven zinnen  $o_1$  tot  $o_n$ : kans op  $o_1$  én  $o_2$  én ...  $o_n$  = oneindige som van de kans op  $o_1$  + kans op  $o_2$  + ... + kans op  $o_n$
  - Vb. het regent  $P = 0,673$ , het regent niet  $P = 0,327$ , het regent of regent niet  $P = 1$



- Diachronische coherentie
  - Principe: **overtuigingsgraad in hypothese kan veranderen door een observatie.**
    - Op  $t_1$ : overtuigingsgraad voor bepaalde hypothese uitgedrukt als  $Pr_1(H)$
    - Op  $t_2$ : graad v overtuiging in  $E = 1 \rightarrow$  overtuigingsgraad voor bepaalde hypothese verandert  $\rightarrow$  uitgedrukt als  $Pr_2(H)$  en dit =  $Pr_1(H|E)$
  - UITLEG ADHV VOORBEELD.
    - 5 hypotheses ( $H_1$  ten  $H_5$ ) ivm de proportie zwarte raven  $E$  (observatie)
    - Op  $t_1$ : obv principe van onverschilligheid: onverschillig tov alle hypotheses  $\rightarrow$  zelfde graad van overtuiging voor elke hypothese. ( $1/5$ )
    - **Obv coördinatie principe:  $Pr(E|H)$  berekenen** = LIKELIHOOD  
volgens een hypothese is de proportie van  $E = x \rightarrow$  graad van overtuiging in  $E$  gegeven hypothese  $H = x$  ( $Pr(E|H) = x$ )
      - **H2**: proportie zwarte raven =  $2/3 \rightarrow$  kans op zwarte raaf is dan  $2/3$   
 $Pr(E|H_2) = 2/3$
      - **H3**: proportie zwarte raven =  $1/2 \rightarrow$  kans op zwarte raaf is dan  $1/2$   
 $Pr(E|H_3) = 1/2$
      - **H4**: proportie zwarte raven =  $1/3 \rightarrow$  kans op zwarte raaf is dan  $1/3$   
 $Pr(E|H_4) = 1/3$
      - **H1**: proportie zwarte raven =  $1 \rightarrow$  kans op een zwarte raaf is dan  $1$   
 $Pr(E|H_1) = 1$
      - **H5**: proportie zwarte raven =  $0 \rightarrow$  kans op een zwarte raaf is dan  $0$   
 $(Pr(E|H_5) = 0)$
      - ➔  $Pr_1(H_1) = Pr_1(H_2) = Pr_1(H_3) = Pr_1(H_4) = Pr_1(H_5) = 1/5$
    - **Obv subjectieve totale waarschijnlijkheid:  $Pr_1(E)$  berekenen.**
      - gegeven een paarsgewijs (per 2 beschouwd) logisch inconsistent verzameling van zinnen  $v_1$  tem  $v_n$   
in VB:  $H_1$  tem  $H_5$
      - Waarbij de persoon op dat moment van tenminste 1 van de zinnen volledig zeker is (de kans op  $v_1$  óf  $v_2$  of .. óf  $v_n = 1$ )  
in VB: *tenminste 1 van de hypotheses moet kloppen*
      - dan is de kans op een zin  $o$  ( $Pr(o)$ ) = de som van (de kans op  $o$  gegeven  $v_1 \times Pr(v_1)$ ) + ... + de kans op  $o$  gegeven  $v_n \times Pr(v_n)$ )  
in VB:  $Pr(o) = Pr_1(E) =$  *proportie raven*  
 $= Pr(E|H_1) \times Pr_1(H_1) + \dots + Pr(E|H_5) \times Pr_1(H_5)$   
 $= 1 \times 1/5 + \dots + 0 \times 1/5 \rightarrow Pr_1(E) = 1/5$
    - Op  $t_2$ : we zien 1 zwarte raaf  $E \rightarrow$  niet meer onverschillig ten opzichte van alle hypotheses  $\rightarrow$  verschillende graad v overtuiging voor de hypothese  
 $\rightarrow Pr_2(H) = Pr_1(H|E)$   
 $\rightarrow Pr_2(H_1) = Pr_1(H_1|E) = Pr(E|H_1) \times Pr_1(H_1) / Pr(E) = 1 \times 1/5 / 1/5 = 1$   
 $\rightarrow Pr_2(H_5) = Pr_1(H_5|E) = (Pr(E|H_5) \times Pr_1(H_5)) / Pr(E) = 0 \times 1/5 / 1/5 = 0$
    - **Obv subjectieve totale waarschijnlijkheid:  $Pr_2(E)$  berekenen met nieuwe graden van overtuiging.**
      - $Pr_2(E) = Pr(E|H_1) \times Pr_2(H_1) + \dots + Pr(E|H_5) \times Pr_2(H_5)$
      - $Pr_2(E) = 1 \times 1 + \dots + 0 \times 0 \rightarrow Pr_2(E) = 1$
    - Meerdere waarnemingen  $\rightarrow$  idem.  
Op  $t_3$ : we zien een zwarte raaf  $\rightarrow$  nieuwe graad van overtuiging  
vb.  $Pr_3(H_1) = Pr_2(H_1|E) = Pr_2(H_1) \times Pr(E|H_1) \times Pr_2(E) = 1 \times 1 \times 1 = 1$

## Confirmatie theorie

- Kwalitatieve confirmatie van een hypothese
  - (1) Probabilistische confirmatie
    - E (observatie van een raaf) confirmeert H wanneer  $\Pr_2(H) > \Pr_1(H)$
    - E disconfirmeert H wanneer  $\Pr_2(H) < \Pr_1(H)$
  - (2) H-DT is een bijzonder geval van BCT indien 2 voorwaarden vervuld zijn.
    - HD t: confirmatie van een hypothese tov een hoofdhypothese door observatiezin die logisch geldig is
    - Voorwaarden voor HDT te behandelen als BCT: 'ALS'
      - De kans op een hypothese H gegeven hulphypothese A tss 1 en 0 (niet 100% zeker waar en niet 100% zeker onwaar)  
 $1 > \Pr(H|A) > 0$
    - EN
      - De kans op logisch geldige observatiezin E gegeven een hulphypothese A tussen 1 en 0 (niet 100% zeker waar en niet 100% zeker onwaar)  
 $1 > \Pr(E|A) > 0$
    - Dan kan men stellen volgens BCT:
      - De kans op de hypothese H gegeven de observatie E en de hulphypothese A is dan groter dan de kans op de hypothese H gegeven enkel de hulphypothese A  
 $\Pr(H|E \wedge A) > \Pr(H|A)$
      - En het omgekeerde: de kans op de hypothese H gegeven niet de observatie en wel de hulphypothese is kleiner dan de kans op hypothese H gegeven enkel de hulphypothese A  
 $\Pr(H|\text{niet } E \wedge A) > \Pr(H|A)$
- Opmerkingen hierbij.
  - Falsificatie = disconfirmatie maar niet omgekeerd.  
vb. H4: gedisconfirmieerd want  $\Pr(H_2) > \Pr_1(H)$  maar niet gefalsifieerd want 1 zwarte raaf zien is niet in tegenspraak met de hypothese dat 1/3 raven zwart is.
  - BCT heeft dus ook zelfde problemen als HDT
    - Quine duhem
    - Inductieproblemen van Hume en Goodman.
  - BCT is vollediger dan de HDT
    - Ook kwantitatieve confirmatie: 2 maatgetallen. hoe groter dit getal, hoe meer geconfirmieerd.
      - $\Pr_2(H) - \Pr_1(H)$
      - $\Pr_2(H) / \Pr_1(H)$
    - Geen probleem meer met hypothesen die de observationele vaststellingen niet logisch impliceren (zie  $H_2-H_4$ ).
- Conclusie: BCT leent zich voor inductief redeneren.
  - Volgens (1) kunnen we een hypothese (vb een universele generalisatie) confirmeren.
  - Volgens (2) stijgt de graad van overtuiging in de universele conclusie van een inductief argument steeds bij diachronische coherentie (bij meerdere waarnemingen stijgt het ook)

# H6 Abductie en verklaringen

## Verklaringen

### De deductief nomologische theorie van verklaringen

- Theorie:
  - Een verklaring is een deductief argument waarbij de premissen explanans (= verklarende) en de conclusie het explanandum (=wat verklaard moet worden) vormen
  - VWD voor argument van een deductief nomologische verklaring
    - Correct (definitie zie H3/4)
    - Tenminste 1 premisse = een **algemene wet** + essentieel
  - We kunnen verklaringen geven van:
    - Particuliere feiten (enkel in een bepaald voorbeeld)
    - Algemene feiten (beschreven in wetten)
- Deze theorie is idealistisch
  - We gaan ervan uit dat de wetten en de feiten waar zijn
  - Bepaalde verklaringen zijn volgens deze definitie niet te beschouwen als 'deductief nomologisch'
    - Elliptische verklaring: verklaring wanneer geen of niet alle relevante wetten aangehaald worden of particuliere feiten worden weggelaten
    - Partiele verklaringen: hetgeen wat je moet verklaren is een groter fenomeen.
- Identiteitsthesis: VERSCHIL MET EEN VOORSPELLING  
een voorspelling is net zoals een verklaring een deductief argument, maar een voorspelling is voorafgaand aan de feiten, een verklaring is erna. (vb 60 p 104)

### Wat zijn wetten

- Een wet is een universele generalisatie die empirisch waargenomen regelmatigheden zonder uitzonderingen uitdrukken
- Problemen met de definitie:
  - Probleem van accidentele generalisaties.
    - = iets generaliseren omdat iets zonder uitzonderingen empirisch wordt waargenomen, maar dit wil niet zeggen dat er geen uitzondering bestaat
    - Oplossing: beste systeemanalyse van wetten (theorie van lewis)
      - Een wet is een universele generalisatie die een stelling is in een theorie met 2 kenmerken
      - Kenmerk 1: alle stellingen van de theorie zijn waar
      - Kenmerk 2: de theorie is een optimale combinatie van eenvoud (=enkel logisch ware stellingen) en kracht (= veel ware empirische uitspraken deductief uit af te leiden)
      - Heel eenvoudig → weinig kracht en vice versa
  - Probleem van ceteris paribus wetten:
    - = Wetten waar een uitzondering op bestaat
    - Veel wetten zijn zo (vaak niet onmiddellijk duidelijk)

## De regulariteitsanalyse van causaliteit (HUME)

- WAT?: een gebeurtenis x is de oorzaak van gebeurtenis y ALS
  - Gebeurtenis x eerder is dan y in de tijd
  - Alle gebeurtenissen van hetzelfde type als x gevolgd worden door hetzelfde type gebeurtenissen zoals y
  - ➔ oorzakelijke relatie impliceert regulariteit (er is regelmatigheid) + verwachtingen obv observatie bepaalde gebeurtenissen.
- Relatie met deductief nomologische theorie
  - Alle causale verklaringen= nomologische verklaringen  
want de regulariteit tussen gebeurtenissen (oorzakelijk verband) kan uitgedrukt w in een algemene wet
  - Niet alle nomologische verklaringen zijn causale verklaringen: DOOR VWD
    - In sommige algemene wetten speelt tijd geen rol. (tijdsvwd in theorie)
    - Deductief nomologische verklaring van algemene feit: GEEN GEBEURTENIS
- CONCLUSIE: De 3 theorieën in bovenstaande paragrafen vormen een coherent geheel.

## Problemen met de deductief nomologische theorie.

- Theorie is te permissief: volgens de criteria vd theorie zijn sommige argumenten verklaringen terwijl ze dat niet zijn → 2 problemen
- **Probleem 1:** symmetrie in sommige verklaringen mogelijk
  - Symmetrie = explanandum en (deel van) explanans verwisselen van plaats
  - Oorzaak: verklaringen zijn eigenlijk vergelijkingen (=identiteitsuitspraak, identiteit is symmetrisch → als  $x=y$  dan  $y=x$ )
  - Verklaringen niet symmetrisch
    - intuïtief voel we dit al aan
    - we kunnen iets verklaren, maar wanneer we het omkeren is het dan eerder een voorspelling (verschil in de tijd, zie boven)
- **Probleem 2:** irrelevantie
  - Irrelevante empirische generalisatie kunnen volgens criteria ook verklaring genoemd hebben
  - Zie vb 65. Argument over man die niet zwanger wordt omdat hij regelmatig zijn anticonceptiepillen neemt, maar mannen worden niet zwanger!!

## Verklaringen en verschillmakers (oplossingen voor de problemen)

- Probabilistische relevantie: → verschillmaker om probleem 2 op te lossen
  - Verschilmaker voor relevantie probleem 1
    - Een zin A is probabilistisch relevant voor een andere zin Z ten opzichte van zin M 'Als de kans op zin Z gegeven zin A en M niet gelijk is aan de kans op zin Z gegeven enkel zin M'
    - Maw: wanneer de kans op een gebeurtenis, gelijk is aan de kans op die gebeurtenis EN de bepaalde zin, dan is de zin probabilistisch irrelevant.
    - Vb. (p109) kans op zwangerschap (Z) wanneer J een man is (A) = kans op zwangerschap (Z) wanneer J een man is (A) EN anticonceptie neemt (M) → irrelevant

- Geen oplossing voor symmetrie probleem 2
  - symmetrie vd probabilistische relevantie:  
 $\Pr(Z|M \wedge A) \neq \Pr(Z|M)$ , dan is  $\Pr(A|M \wedge Z) \neq \Pr(A|Z)$
  - Verwisselen van plaats nog mogelijk  $\rightarrow$  relevantie in 2 richtingen.
  - vb. als de anticonceptie van een man relevant is om niet zwanger te worden, dan is niet zwanger worden als man relevant voor anticonceptie
- Causaliteit
  - Causaliteit lijkt verschilmaker om probleem 1 en 2 op te lossen
    - Causaliteit is niet **symmetrisch** (als a de oorzaak is van b is b niet per se de oorzaak van a)
    - Sommige universele generalisaties **irrelevant** omdat ze geen causale impact hebben (het nemen van anticonceptie is niet de oorzaak van het niet zwanger worden)
  - Regulariteitsanalyse van causaliteit = 1<sup>e</sup> theorie (HUME)
    - In de vorm van Indicatieve voorwaardelijke zinnen:
      - Als ..... het geval is , dan .... Is het geval
      - Duidelijk waar
      - Als x plaatsvind  $\rightarrow$  vindt y plaats
    - Enkel oplossing voor probleem 2:
      - Causaliteit is niet **symmetrisch** door tijdsorde (x moet voor y)
      - **Irrelevante** zaken kunnen een regulariteit zijn (dus irrelevante gebeurtenis type y altijd voorkomen na gebeurtenis van type x)
  - Tegenfeitelijke analyse van causaliteit = 2<sup>e</sup> theorie (LEWIS obv HUME)
    - In de vorm van tegenfeitelijke voorwaardelijke zinnen:
      - 'if the first object had not been, the second never existed' = latere aanvulling v Hume
      - Als ... het geval geweest is, dan zou ... het geval geweest zijn.
      - Kan onderwerp v discussie zijn.
      - Als x plaatsvond  $\rightarrow$  dan zou y ook plaatsgevonden hebben.
    - Bijdrage v Lewis: theorie ontwikkeld waar **causale afhankelijkh** centraal. B is causaal afhankelijk van A als en slechts als:
      - als C voorgevallen was zou E ook voorgevallen zijn
      - als C niet voorgevallen was dan zou E ook niet voorgevallen geweest zijn.
    - Door causale afhankelijkheid: probleem 1 en 2 oplossen
      - Vwden zijn non back tracking: Als C voorvalt, valt ook E voor. Maar als E niet voor valt wilt dit niet per se zeggen dat C niet voorvalt want C komt ervoor in de tijd. (=het verleden blijft ongewijzigd)  $\rightarrow$  **asymmetrie** in in tegenfeitelijk voorwaardelijke zinnen
      - **Irrelevant** wanneer niet causaal afhankelijk (zie definitie!!!)

## Beste verklaringen

### Theoretische deugden van KUHN

- Interne en externe consistentie
  - Intern: Logische consistentie van de theorie
  - Extern: logisch consistent met andere theorieën

- Reikwijdte
  - = hoeveelh. algemene/particuliere feiten die door de theorie verklaard kunnen w
  - Groter dan enkel de feiten waarvoor theorie initieel als verklaring was gegeven
  - Vb. newtonse mechanica: ondermaanse EN bovenmaanse
- Vruchtbaarheid:
  - = hoeveelheid nieuwe feiten een theorie voorspelt
  - vb. relativiteitstheorie: veel nieuwe voorspellingen (oa. afbuiging van licht door de zon,... )
- Eenvoud:
  - Hoe kleiner de axiomatische basis hoe meer superieur:
    - ➔ deductieve afleiding van een conclusie die vertrekt van minder premissen > deductieve afleiding van een conclusie die vertrekt van meer premissen
  - Scheermes van Ockham: # gepostuleerde entiteiten zo klein mogelijk houden "alle onnodige ingewikkeldheden wegscheren"
- Empirische accuraatheid: Een theorie is ~ als de logische implicaties van die theorie in overeenstemming zijn met de reeds uitgevoerde experimenten en gedane observaties.

## Problemen

- Criteria zijn vaag ➔ moeilijk score bepalen
  - De ene theorie op verschillende punten beter scoren, de andere op andere punten ➔ welke kiezen? CASUS: copernicus vs ptolemaeus
    - Consistentie:
      - Intern: even consistent
      - Extern: heliocentrisme was minder consistent dan geocentrisme want heliocentrisme zou betekenen dat de aarde draait en dat klopte niet met de observaties die men deed (we leken niet te draaien,...)
    - Eenvoud:
      - Even eenvoudig wanneer men kijkt naar het werk om een positie van een planeet te beschrijven/voorspellen
      - Copernicus kon met 1 cirkel de baan beschrijven, ptolemaeus had 2 cirkels nodig ➔ copernicus simpeler
    - Accuraatheid.
      - Copernicus minder accuraat
      - Kepler: Copernicus verbeterd ➔ reden om in heliocentrisme te geloven.
- ➔ gewogen gemiddelde (MAAR: wat weegt meeste door? Initieel: externe consistent, revolutionairen: eenvoudKuhn: accuraatheid)

## Abductie deductie en waarschijnlijkheid

### Definitie abductie: problemen en oplossingen

- Definitie abductieve inferentie = afleiding naar de beste verklaring (uit H3)
  - 'Gegeven een aantal premissen en alternatieve verklaringen  $V_1, \dots, V_n$  voor de (hypothetische) waarheden uitgedrukt in de premissen, concludeer dat de verklaring  $V_i$  (met  $1 < i < n$ ) die de beste verklaring biedt voor de hypothetische waarheden uitgedrukt in de premissen zelf waar is
  - Probleem: een abductieve inferentie leidt volgens deductieve logica niet per se naar de waarheid van de beste verklaring. ➔ nieuwe definitie nodig

- Nieuwe definitie van abductie: WAARSCHIJNLIJKHEID
  - Gegeven een aantal premissen en alternatieve verklaringen  $V_1, \dots, V_n$  voor de (hypothetische) waarheden uitgedrukt in de premissen, concludeer dat de verklaring  $V_i$  (met  $1 < i < n$ ) die de beste verklaring biedt voor de hypothetische waarheden uitgedrukt in de premissen WAARSCHIJNLIJK zelf waar is
  - Probleem: mand met de rotte appels:
    - = als alle beschikbare verklaringen slechte verklaringen zijn → geen reden om te denken dat conclusie waarschijnlijk of compleet waar is.
    - 'beste verklaringen' is relatief (beste onder de beschikbare verklaringen) maar de conclusie getrokken uit deze is absoluut.
  - Oplossing voor probleem
    - 'Verklaringen' absoluut maken: men vertrekt enkel van de beste verklaring (nl de beste verklaring onder ALLE verklaringen) → onrealistisch
    - Conclusie relatief maken: beste verklaring onder beschikbare verklaringen is meer waarschijnlijk dan de alternatieve beschikbare verklaringen → nieuwe definitie
  
- Nieuwe definitie: CONCLUSIE RELATIEF MAKEN 'MEER WAARSCHIJNLIJK'
  - Gegeven een aantal premissen en alternatieve verklaringen  $V_1, \dots, V_n$  voor de (hypothetische) waarheden uitgedrukt in de premissen, concludeer dat de verklaring  $V_i$  (met  $1 < i < n$ ) die de beste verklaring biedt voor de hypothetische waarheden uitgedrukt in de premissen zelf MEER WAARSCHIJNLIJK waar is
  - Waarom is dit een goede interferentie: **relatie met bayesiaanse theorie**
    - Bayesiaanse theorie: waarschijnlijkheid op een hypothese gegeven een bepaalde observatie berekenen obv coordinatieprincipe, subjectieve totale waarschijnlijkheid, ...
    - Niet verplicht om die principes toe te passen, ruimte voor vrijheid
      - Initiële graden v overtuiging voor hypothese: groter wanneer eenvoudiger
      - Grotere likelihood wanneer de verklaring een betere verklaring voor het empirisch gegeven is
      - **opmerking:** is grotere graden / likelihood toekennen rationeel?
        - Eenvoudige verklaringen op pragmatisch vlak beter: gemakkelijk om mee te werken
        - Eenvoudige verklaringen op epistemisch vlak beter? Niet per se, want waarom aannemen dat het universum eerder eenvoudig dan complex is?
        - Analogie: inductief redeneren (en dus BCT hierop toegepast) vertrekt van aanname dat natuur uniform is

# H7 Wat is wetenschap?

## Demarcatie

- Pseudowetenschap:
    - Een theorie is pseudowetenschappelijk als en slechts als
      - Het is een niet wetenschappelijke theorie
      - Voorstanders schuiven het naar voor als een wetenschappelijke theorie
    - Voorbeeld: homeopathie
- ➔ probleem: voor deze definitie moeten we het verschil tussen wetenschappelijk en niet-wetenschappelijk kennen!!! = DEMARCATIEPROBLEEM

## Demarcatiecriteria

### Het enkelvoudige demarcatiecriterium van Popper

- Demarcatiecriteria= criteria dat bepaalt wanneer iets wetenschappelijk is
  - Enkelvoudig: slechts 1 voorwaarde
  - Meervoudig: meerdere voorwaarden
- Falsifieerbaarheidscriterium van Popper
  - Een theorie is wetenschappelijk als en als ze falsifieerbaar is (verzameling van observatiezinnen falsifieert een theorie als de zin niet logisch geldig is gegeven de verzameling)
  - Popper: 'geïnspireerd' door
    - Freud: **Popper er negatief ertegenover**
      - 2 zaken die de selfcentered, selfloving mensheid moest overkomen: heliocentrisme en evolutietheorie
      - Door Freuds psychoanalyse moeten we beseffen dat we ook niets weet over zijn onderbewustzijn en wat er in ons hoofd gebeurt
      - ➔ Popper merkte op: Freuds theorie wordt steeds geconfirmeerd door alle observaties. (niet falsifieerbaar)
      - ➔ niet de consistentie met alle observaties, maar de consistentie met alle actuele observatie is belangrijk.
      - ➔ Freuds theorie te algemene en vage fundamentele principes
    - Karl Marx **Popper er negatief tegenover**
      - Maatschappij ontwikkelt zich in fasen: feodaal → kapitalistisch → socialistisch
      - Falsifieerbaar: (niet logisch consistent bij bepaalde waarnemingen) geen transitie naar socialistische maatschappij in kapitalistische geavanceerde landen, wel in onderontwikkelde (feodale) landen
      - Marxisten: gebruiken ad hoc hypothesen geen falsificatie mogelijk
    - Einstein relativiteitstheorie: **Popper er positief tegenover**  
voorspellingen adhv theorie die later ook geconfirmeerd werden
  - Conclusie van Popper:
    - Door **Freud & Marx**: als een theorie niet falsifieerbaar is is ze niet wetensch. → als een theorie wetenschappelijk is, is ze falsifieerbaar.
    - Door **Einstein** het omgekeerde: als een theorie falsifieerbaar is, is ze wetensch.



- Problemen
  - Zijn er onfalsifieerbare wetenschappelijke theorieën?
    - Theorieën kunnen onfalsifieerbaar zijn door:
      - Quine Duhem probleem: Door invoeren v hulphypotheses, kunnen we bij falsificatie niet zeker zijn dat de hoofdhypothese onwaar is (ook de observaties of de hulphypotheses kunnen onwaar zijn)
      - Ad hoc hypotheses: gebruikt bij falsificatie om aan te tonen dat hulphypothese fout is en niet hoofdhypothese (~bescherming)
    - Oplossing Popper: strenge houding:
      - Hulphypotheses enkel om hoofdhypothese te testen
      - Geen ad hoc hypotheses, vooraf bepalen welke hypothese de schuld moet krijgen bij negatieve uitkomst
    - Lakatos: kritiek op strenge houding van Popper
      - Soms wel nodig om af te schermen tegen falsificatie!!
      - Vb. Newton theorie: oneindig aantal sterren, uniform verdeeld → geen zwaartepunt → ineenstorting vh universum, maar empirisch nemen we een eindig aantal sterren waar.  
→ gefalsificeerd want observatie in tegenspraak met theorie.
      - Oplossing: ad hoc hypothese formuleren mag wanneer er geen alternatieve theorie is die geen ad hoc hypothese nodig heeft.
  - Zijn er falsifieerbare niet-wetenschappelijke theorieën? JA
    - Pseudowetenschappelijke theorieën
      - Vb. astrologie: centrale hypothese (karaktertrekken en sterrenteken waaronder men geboren is) vs de observaties
      - Vb. psychoanalyse van Freud: falsificatie mogelijk volgens Grunbaum (eerder disconfirmatie)
    - Niet-wetenschappelijke theorieën Vb. bijgeloof: hypothese 7 jaar ongeluk wanneer spiegel breekt vs observatie van een persoon die veel geluk kent na het breken van een spiegel.
    - Oplossing Popper en aanhangers: wetenschap wanneer
      - Theorie falsifieerbaar is
  - Conclusie: meerdere elementen nodig dan falsifieerbaarheid → meervoudige crit

### Meervoudige demarcatie criteria van Ruse

- Kenmerken van de wetenschap
  - Op zoek naar wetten (regelmatigheden zonder uitzonderingen)
  - Praktijk bestaat uit: (zie deel over deductief nomologische theorie)
    - Verklaar van empirische gegevens obv wetten
    - Voorspellen van empirische fenomenen obv wetten.
  - Toetsbare theorieën: voorspellingen eruit afleiden die confirmeerbaar of falsifieerbaar zijn. (zie deel over popper)
  - Tentatief: bereid zijn om theorie verwerpen obv empirische vaststellingen
  - Wetenschappers moeten integer of intellectueel eerlijk zijn.

- Toegepast op 'creation science' (scheppingsverhaal als wetenschap)
  - Wetten: schepping van leven (goddelijk mirakel) niet onderhevig aan natuurwetten
  - Praktijk: geen wetten → geen verklaringen of voorspellingen
  - Toetsbaar: geen voorspellingen eruit afleiden, enkel ad hoc verklaringen van feiten
  - Tentatief: voorstanders gaan nooit toegeven dat ze fout zitten
  - Integer en intellectueel eerlijk: neen, veel drogredenen en uit de context gerukt
  
- Opmerking: kenmerken zijn niet individueel noodzakelijk en gezamenlijk voldoende
  - Wanneer een theorie aan alle kenmerken voldoet → niet perse een wetenschap
  - Wanneer een theorie aan geen enkele vwd voldoet → ZEKER geen wetenschap
  - ➔ we kunnen naar gemeenschappelijke kenmerken op zoek gaan, maar niet alle wetenschappelijke theorieën delen dezelfde kenmerken.