

5. IDEEËNVORMING EN ACHTERGRONDEN VOOR DE DOCENT

5.1 De natuurwetenschappelijke methode

In de elfde klas is het mogelijk om de natuurwetenschappelijke methode als zodanig te bespreken. Rondom de bespreking van het elektrische deeltjesmodel is het bijvoorbeeld van wezenlijk belang om ook de weg tot kennis te beschrijven die aan het opstellen van zo'n model ten grondslag heeft gelegen. Zonder dat deze thematiek tot hoofdmotief van de periode wordt verheven is het van belang de leerlingen tot bewustzijn te brengen, dat mensen niet alleen over religieuze of maatschappelijke vraagstukken heel verschillend kunnen denken, maar dat dit ook het geval is ten aanzien van natuurkundige fenomenen. In de elfde klas maken de leerlingen in de natuurkundeperiode voor het eerst kennis met resultaten van de reductionistische wetenschapsmethode, zoals het deeltjesmodel, terwijl zij in eerdere jaren geleerd hebben vanuit een fenomenologische invalshoek naar verschijnselen te kijken. Dit verschil in methodiek moet nu expliciet worden gemaakt, zodat zij om kunnen gaan met het hieruit voortvloeiende verschil in werkwijze en resultaat.

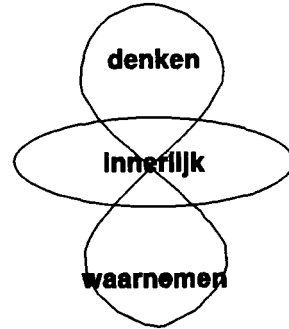
Eén mogelijkheid om de weg tot kennis te beschrijven is de volgende. De mens ziet zichzelf geplaatst tegenover de wereld. Sommige verschijnselen maken véél, andere weinig indruk op hem. Innerlijk is de mens immers zelf aanwezig met zijn voorstellingen, gevoelens en ervaringen. Wanneer de mens zich vanuit interesse met zijn zintuigen op de wereld richt, roept dit vragen op, waarop de antwoorden zich denkend laten vinden. Men kan nu met de leerlingen eigenschappen en typering vinden van het innerlijk, de waargenomen wereld en het denken. Er volgen nu een aantal omschrijvingen die langs deze weg kunnen ontstaan:

Denken

- is alleen door mijn eigen activiteit gegeven;
- is in mij, van mij en door mij;
- ik ben het zelf die denkt;
- we kunnen maar één ding tegelijk denken;
- de denkactiviteit is van mijzelf, maar de denkinhoud is objectief;
- denken geeft antwoorden;
- binnen het denken hangt alles samen;
- denken is verbanden leggen;
- er zijn verschillende denkactiviteiten: verstand, intuïtie, voorstelling, inspiratie en imaginatie.

Waargenomen wereld

- is zonder mijn activiteit gegeven;
- is buiten mij;
- het maakt (schijnbaar) voor het object niet uit of ik het waarneem;
- ik kan steeds onderscheiden of een waarneming hoort bij een object buiten mij of afkomstig is van een droombeeld of hallucinatie.



Innerlijk

- mijn interesse bepaalt heel veel;
- in mijn innerlijk verbind ik waarnemen en denken met elkaar;
- mijn ervaringen, voorstellingen en inzichten spelen een belangrijke rol bij nieuwe ervaringen;
- in mijn innerlijk komen de waarnemingen van de afzonderlijke zintuigen samen als één beeld in mijn voorstelling en herinnering;
- gedachten blijven als inzichten aanwezig.

Meestal hebben leerlingen nog een vanzelfsprekende, gezonde onderzoekshouding, die gevonden wordt in de geschetste verhouding tussen waarnemen en denken. In het denken, dat in het eigen innerlijk plaatsvindt, vindt men het wezen van het fenomeen. De waarnemingen op zichzelf zijn onsamenvattend. De illusie "meten is weten" zou niet gepropageerd moeten worden, zoals in schoolprojecten waar kinderen constant windsnelheid, temperatuur, hoeveelheid neerslag e.d. meten, waar deze gegevens op internet geplaatst worden, zonder deze metingen te bewerken. Er moet zeker gemeten worden, maar meten alléén is nog geen weten. Het is een vorm van waarnemen, die pas door een denkende verwerking tot weten wordt. In plaats van de leus "meten is weten" zou men kunnen stellen "het gebaar is waar!" Wat de mens na zorgvuldig waarnemen en denken vindt als karakteristiek, als wezenlijk aspect van het fenomeen, moet als waarheid worden gekenmerkt. Daarbij wordt denken niet gezien als "erover" denken, d.w.z. bestaande inzichten denkend over het verschijnsel heen leggen; maar denken is actief voorbereiden en wachten, ruimte geven aan de intuïtie, de vonk die moet inslaan.

Zoals het een illusie is om waarnemingen als kennis aan te duiden, zo is het ook een dwaling om een inzicht als *de* waarheid te betitelen. Alsof er een boven ons zwevende of zetelende objectieve waarheid zou bestaan. De polen waarnemen en denken leiden alleen in integratie tot beleefbare waarheid, maar kunnen elkaar ook te weinig bevruchten, zodat de tegenstelling tussen feitenkennis en geloofswaarheid ontstaat. Weten-

schap en geloof worden dan de onverenigbare oevers waar het ik in zijn bootje tussen dobert. Sommige kerken vergeten de natuur, zoals veel wetenschappers de moraliteit uit het oog verliezen bij het zoeken naar inzicht in het wereldgebeuren. De tegenstelling waarnemen-denken wordt teruggevonden in de tegenstelling tussen natuurkundig en wiskundig denken. Het natuurkundig- of natuurdenken vindt zijn aangrijpingspunt in het waarnemen en het inlevingsvermogen van de mens, het wiskundig denken speelt zich volledig af in het menselijk bewustzijn. Alleen zijn deze twee niet tegenover elkaar blijven staan, zoals bij geloof en wetenschap, maar heeft het wiskundige denken het natuurdenken verdrongen. Daarmee heeft de natuurkundige kennisweg zich sterk in een eenzijdige richting ontwikkeld. Waarnemen is verworden tot meten, en denken is geïdealiseerd tot wiskundige analyse en bewerking. Deze ontwikkeling is al bij Copernicus en Descartes begonnen en zet zich tot nu toe voort. Op deze bodem kon het modellen-denken en het materialisme zich ontwikkelen. Vandaar dat Steiner de fenomenologie als een "Erweiterung" zag ten opzichte van de gangbare methoden.

Een andere mogelijkheid om de weg tot inzicht te bespreken is het naast elkaar plaatsen van de natuurkundige en de wiskundige benadering, elk met zijn specifieke kenmerken. Het uitgangspunt is voor beide hetzelfde: verwondering en interesse voor het verschijnsel dat men bestudeert. Vervolgens richt men zich op de specifieke aspecten.

De wiskundige weg

De waarnemingsinhouden, zoals punt, lijn, driehoek, e.d. moet ik zelf creëren.

Met de waarnemingen zijn ook de voorstellingen gegeven, omdat wiskundige elementen voorstellingen zijn.

De natuurkundige weg

De wereld is als waarnemingsinhoud buiten mij om gegeven.

Waarneming en inleving zijn duidelijk te onderscheiden van de voorstelling, die met het geheugen samenhangt. Heeft men de waarneming sterk in zich opgenomen, dan is men tevens in staat er een eigen voorstellingsbeeld van te maken. (Oefening: Kijk naar wat voor je op tafel ligt. Sluit je ogen en tracht je voor te stellen wat er ligt en hoe het er ligt. Door steeds te kijken en voor te stellen ontstaat een exacte voorstelling.)

Nu volgt er een duidelijk beleefbare drempel. Men kan zeggen: ik heb het verschijnsel gezien, herinner mij het ook, maar ik begrijp het niet. In deze fase vullen de twee methoden elkaar op evenwichtige wijze aan:

Door middel van het denken wordt de samenhang gezocht tussen de voorgestelde elementen.

Door middel van het denken worden waarnemingsfragmenten van de natuur in een inzichtelijke samenhang gebracht.

Wanneer het begrip van die ene bijzondere situatie is ontstaan, duiken weer nieuwe vragen op: de totale samenhang, de hele kosmos, wil men in zijn samenhang doorgronden. Men wil door middel van het denken de idee vinden waardoor alles bepaald is. Deze nieuwe stap, het zoeken naar grote samenhang, werpt een gigantische drempel op, waarbij de twee methoden verschillende wegen gaan: de wiskundige methode tracht de samenhang te realiseren door middel van een wiskundig geformuleerd *model*, de natuurkundige methode zoekt integratie van de verschijnselen in een "*oeridee*" dat aan alles ten grondslag ligt.

In de laatste eeuwen is de wiskundige methode gaan overheersen en de natuurkundige methode achtergebleven. Bovendien is het denken in wiskundige modellen gepaard gegaan met het vermaterialiseren van de ideeën tot waarnemingsinhouden. Zo werd bijvoorbeeld de polaire structuur van de ruimte, punt tegenover oneindigheid, vermaterialiseerd tot de zware atoomkern en de ijle elektronenconfiguratie. Tweede voorbeeld: een veld als interactieruimte wordt gekwantificeerd voorgesteld door ontelbare interactiedeeltjes, die zorgen voor het contact. Een gedachteninhoud kan binnen het materialistische denken geen interactie beschrijven: stoten en gestoten worden, het wiskundige punt-contact-denken, voert de boventoon. Een model vraagt om bevestiging. Vandaar de tendens tot selectief waarnemen in plaats van de integratie van waarnemen en denken tot inzicht in de natuur als totaliteit.

De wiskunde is volledig los komen te staan van de natuur en lijkt alleen voor zichzelf betekenis te hebben. De grieken zagen het getal nog als de goddelijke openbaring van de schepping. De huidige rekenkunde, waarin we bijvoorbeeld pythagoreïsche drietallen zoals 3, 4 en 5 hanteren, zegt niets meer over de wereld.

De fenomenologische natuurkundige methode is grotendeels verdrongen door de eenzijdige wiskundige methode van na 1500 n.C. Het vinden van overkoepelende ideeën heeft altijd al een hoge drempel, maar wordt in sterke mate bemoeilijkt door de wiskundige methode en het daarmee samenhangende modellen-denken.

Het is van het grootste belang om leerlingen die van nature neigen tot de wiskundige kennismethode te laten kennismaken met de fenomenologische methode, omdat deze methode streeft naar een diepgaander, meer verinnerlijkte en spirituelere verbinding met de natuur dan vanuit het modellen-denken mogelijk is. Vanzelfsprekend zal ook het modellen-denken met zorg en diepgang besproken moeten worden, temeer daar dit in voorgaande jaren niet is gebeurd. Maar het modellen-denken mag niet het uitgangspunt en verklaringsprincipe vormen binnen deze periode. Een mogelijkheid is om eerst één à twee weken fenomenologische natuurkunde te behandelen en daarna het modellen-denken als thematisch onderwerp te brengen.

5.2 Het atoommodel

Een mogelijke vorm waarin het atoommodel besproken kan worden is de volgende. In het begin van de periode stelt men de vraag "wat is elektriciteit?" en laat die vraag voorlopig staan. Vervolgens gaat men aan het werk, tast het gebied door onderzoek van vele elektrische en magnetische fenomenen grondig af en laat zodoende de leerlingen tot het inzicht komen, dat "wat iets is" niet in één woord, zin of voorstelling uitgedrukt kan worden, maar een verbonden zijn inhoudt met iets wezenlijks, dat zich in alle fenomenen uit. Het is het onzichtbare in het zichtbare.

Als bewustzijnshulp zou men de vraag "wat is?" kunnen stellen aan de hand van iets bekends, bijvoorbeeld warmte. De leerlingen kunnen die vraag op verschillende manieren proberen te beantwoorden:

1. Men noemt een *fenomeen* (door wrijving ontstaat warmte, door expansie ontstaat afkoeling, door warmte voel je je lekker).
2. Men noemt een *begrip* (warmte en koude zijn meetbaar aan temperatuur).
3. Men noemt een *innerlijke beleving* (warmte in de natuur is liefde in het innerlijk, ze zijn verwant).
4. Men noemt een *vergelijking* (warmte is net als een geur, hij opent ons voor de ruimte).

De vraag "wat is warmte?" kan echter niet beantwoord worden en toch is iedereen verbonden met warmte en kent iedereen de warmte. Een verinnerlijkt kennen komt wel tegemoet aan de vraag "wat is?", dit vervolgens uitspreken brengt echter altijd maar één facet naar voren: een waarneming, een begrip, een innerlijke beleving of een vergelijking. Wanneer men vanuit deze vier invalshoeken aan de slag gaat, dan zijn onbegrepen fenomenen interessanter, omdat leerlingen en leraar dan doordrongen zijn van het besef dat de grote vraag naar "wat is?" slechts zoekend benaderd kan worden. Wanneer de periode in dit licht gestaan

heeft en men behandelt op het eind ervan het atoommodel door alle behandelde fenomenen begripsmatig onder te brengen in deze microscopische kosmos, dan zal niemand het gevoel hebben dat de vraag "wat is elektriciteit?" beantwoord moet worden met het begrip "elektronen". Dit gevaar is anders toch aanwezig. Vele wetenschappers, docenten en schrijvers spreken namelijk uit dat de oergrond van elektriciteit het elektron is. Het wezen, de oergrond van iets is echter nooit als een waarneming te vatten. Ook als we het elektron als realiteit nemen en we hieraan een voorstelling verbinden, behoort het tot de waarnemingswereld. Eerst het waarnemen en het denken sámen laat een wezensontmoeting in de menselijke ziel tot stand komen. Alleen een integratie van beide geeft een reële verbinding tussen de mens en de natuur, terwijl door het modeldenken de mens zich eerder isoleert in zijn voorstellingen.

De verschillende fenomenen kunnen als volgt ondergebracht worden in het modelbeeld:

fenomeen

model

- | | |
|---|---|
| 1. Elektriciteit ontstaat als +/- tegenstelling. Min-elektricititeit is vrij, plus-elektricititeit traag en stofgebonden. | Dit wordt gevat in het beeld van kern en elektronenwolk. |
| 2. Isolatoren en geleiders. | Voorgesteld door gebonden en vrije elektronen. |
| 3. Rond een gloeidraad is een negatief veld. | Voorgesteld als het uitstoten van losgevibreerde elektronen. |
| 4. De volgorde van stoffen gerangschikt naar eigenschappen volgens het periodiek systeem. | In samenhang gebracht met de hoeveelheid elektronen in verschillende schillen. |
| 5. De massaspectrometerproeven. | De kernmassa, isotopen. |
| 6. Röntgenstralingfenomenen. | In samenhang gebracht met de binnenste elektronen. |
| 7. Het verschijnsel radioactiviteit. | In samenhang gebracht met de kern (massadefect en kernmutaties) en de schillen. |

5.3 Begripsverruiming

In deze paragraaf zullen een aantal begrippen belicht worden met de bedoeling tot een exacte, maar ruimere inhoud ervan te komen. Aan de orde komen de begrippen ruimte, tijd, duur en dood.

De ruimte

De ruimte wordt sinds de 15e eeuw steeds meer opgevat als een lege, structuurloze, euclidische ruimte, waar voorwerpen in zijn en processen in plaatsvinden. De ruimte zelf doet in deze opvatting niet mee met aardse en kosmische veranderingen. Dit is een statische opvatting van ruimte. Hier wordt gepleit voor een dynamische ruimteopvatting, aansluitend bij de projectieve meetkunde, waarin de ruimte gestructureerd wordt door punten, lijnen en vlakken in een polaire dynamiek (zie deel I, paragraaf 4.9.5). De extremen daarin zijn het oneindig geconcentreerde punt en het alzijdig gesloten oneindig verre vlak.

In de natuur vertonen extreme fenomenen ook altijd *beide* ruimtelijke extremen. Zo vertegenwoordigt de sterrenwereld het oneindig verre vlak, maar is het tegelijkertijd een puntenveld, en is het enkele kristal beeld voor een punt, maar heeft het tegelijkertijd een vlakkenomhulling. De grootste tegenstelling tot de sterrenwereld wordt gevormd door de geheel vaste maan, die veel gruis bevat, maar waar de kristallijne steenstructuren bolvormige insluitsels bevatten. De bol kan daarbij gezien worden als een uit oneindig veel vlakken bestaande vorm.

Fenomenen tonen de polaire structuur van de ruimte en de structurerende krachten die er in werken. Laat men bijvoorbeeld een blokje tin smelten, dan hebben de kristalliserende, structurerende krachten geen vat meer op de stof. Daarbij zou men vanuit de geschetste visie de kristaltendenzen niet *in* de stof moeten voorstellen, maar als *werkend op* de stof. Het zijn deze intensief en intrinsiek aanwezige tendensen, die men als de ruimte kan beschouwen. Een andere polariteit die behoort tot de ruimtelijke processen is levitatie tegenover gravitatie. (Zie deel I, paragraaf 4.1.1.)

In het dynamische ruimtebegrip dat we hier willen formuleren ontstaat ruimte of ontstaan ruimtelijke aspecten met het in verschijning treden van toestanden of processen. Zo geeft het ontstaan van een elektrisch veld een andere kwaliteit aan de ruimte, net zoals de sfeer in een ruimte bepaald wordt door de erin aanwezige mensen. De ruimte kan men beschouwen als de totaliteit van processen die in het verleden gebeurd zijn, in het heden gebeuren en in de toekomst gaan gebeuren.

De tijd

De tijd wordt meestal eenzijdig beschouwd als een lineair proces dat van verleden naar toekomst verloopt. Dit causale stuwende tijdsbegrip is eigenlijk alleen geldig voor mechanisch verlopende processen. Naast de *stuwende* tijd, waar het ene het andere in beweging zet, is er ook de *finale* tijd. Een plant groeit naar zijn volledigheid toe. De vormen die ontstaan zijn in de biochemische structuur niet te vinden, maar de vormen ontvouwen zich volgens een finaal gericht ontwikkelingsproces, waar de omgeving van licht, lucht, vocht en aarde modifierend op inwerkt. Naast de genoemde stuwende en finale tijd kan men nog de *cyclische* tijd onderscheiden. Op aarde zijn veel dingen of processen niet eenmalig, maar treedt een cyclische herhaling op. De steeds weer in bloei komende lindeboom laat dit op zijn specifieke manier zien.

Duur

Het blijvende, dus wat duur- of eeuwigheidskarakter heeft, verschijnt naast die fenomenen die zich in veranderingen uitdrukken. Een mens bijvoorbeeld doet van alles, bevindt zich op vele plaatsen, de stof in zijn lichaam wisselt voortdurend, zijn denkbeelden wijzigen zich, hij heeft tal van gevoelens, maar toch is er iets dat duur heeft en niet in deze verandering opgaat. Natuurprocessen die zich herhalen, maar toch hetzelfde blijven, vertonen ook duurkarakter. In de *verschijningswereld* als zodanig is niets blijvend. Het blijvende moet als *innerlijke hechtheid* getypeerd worden.

De dood

De dood ontstaat uit het leven en niet andersom, zoals veelal wordt beweerd. Het leven kan dat wat dood is weer in zich opnemen. Dit geldt vooral voor de plantenwereld die in hoofdzaak groeien door de opname van licht, lucht en mineralenhuishouding. De hogere dieren en de mens kunnen slechts in geringe mate het minerale, met zijn sterk afgezonderde karakter, in zich opnemen, maar wel licht, lucht en water.

Dood is afzondering uit de totaliteit, uit de samenhang. Wanneer eiwitten onderzocht worden moet men hen eerst uit het leven halen, waar ze in oplossing werkzaam zijn. Men kan ze slechts onderzoeken nadat ze eerst zijn samengeklonterd en verstard. In de natuurkundige natuur kan men fenomenen ook het beste onderzoeken door ze eerst te isoleren. Men hanteert dan de gedachte, dat alles wat men aan het geïsoleerde fenomeen waarneemt ook in het oorspronkelijke verschijnsel heeft gezeten, volgens de logica: wat ergens uitkomt moet er vooraf ingezeten hebben. Maar men vergeet dat sommige waargenomen aspecten tijdens het isoleren ontstaan kunnen zijn. Hier laat zich de vraag naar ontstaan en vergaan bij

aansluiten. In de wetenschap heerst op dit punt een eenzijdige opvatting: men veronderstelt dat alle waar te nemen aspecten al in de ruimte aanwezig zijn, bijvoorbeeld als basisbouwstenen van alle stoffelijkheid. Iets nieuws kan volgens deze visie nooit ontstaan, alleen nieuwe combinaties.

Net zoals bij een levend organisme de vorm ervan niet uit de biochemie valt af te leiden, zo zijn in de natuur- en scheikunde de stofeigenschappen niet af te leiden uit röntgenstructuurfoto's en zeker niet uit atoommodellen. Wel kan men natuurlijk de eigenschappen het model "inrekenen". Wanneer men zonder vooropgezette ideeën en kennisdwang naar de wereld kijkt, dan zijn ontstaan en vergaan, leven en dood, duur en verandering, klaarblijkelijk aanwezige toestanden of processen. Ook in het gebied van de elektriciteit is het ontstaan en vergaan toch heel pregnant aanwezig. Steeds weer moeten de juiste voorwaarden gecreëerd worden om het te laten ontstaan. Tevoren is het in een potentiële, latente, niet-ruimtelijke staat. Treedt het eenmaal in verschijning, dan tendert elektriciteit steeds weer naar deze potentiële staat. Het streeft ernaar in proces te zijn en daarbij uit de ruimte te ontglippen.

Op de geschetste wijze zouden tal van begrippen verruimd kunnen worden, opdat de idee de mens niet teveel bindt. Steeds weer moet een kennisproces doorlopen worden om vrij te kunnen zijn ten opzichte van de inzichten die zich in het denken manifesteren.

5.4 Natuur en geest

Op existentiële vragen als "wie ben ik?" en "wat is de aarde en de kosmos?" zijn velerlei antwoorden mogelijk, antwoorden die echter van doorslaggevend belang zijn voor de manier waarop de mens zijn eigen leven inricht, naar andere mensen kijkt en hoe hij omgaat met de natuur. Of men de mens als een biochemisch apparaat of als een levend organisme of als bezielde of als ziele-geestwezen ziet, heeft invloed op ieder facet van het mensenbestaan. Voor de gedachte dat de mens meer is dan stof alleen ontstaat in onze tijd weer meer ruimte. Maar hoe is dat gesteld met de natuur? Moet de natuur ook gezien worden als een uitdrukking of openbaring van scheppende geest, of is de natuur alleen maar chemisch-natuurkundig? Door zelfkennis leert de mens de eigen geestelijke kern beleven, maar hoe leert men het geestelijke aspect van de natuur kennen? Wij willen hier de opvatting naar voren brengen dat men via inlevende kennis toegang tot het geestelijke in de natuur kan krijgen. Vanaf het moment waarop men het eigen innerlijk als een reële zelfstandige activiteit beleeft, is de mogelijkheid gegeven te onderkennen dat

zelfkennis en natuurkennis van dezelfde oorsprong en kwaliteit zijn. De mensheidsontwikkeling in de 20e eeuw heeft tot steeds toenemende zelfkennis geleid. Het onderscheiden van geledingen en activiteiten binnen de ziel is gemeengoed geworden. Steeds meer mensen zijn ook in staat hun schaduwzijde of dubbelganger te onderscheiden, zodat deze steeds minder in het duister van de ziel verborgen blijft, maar bewust aangepakt kan worden.

Is er bij de natuur ook zo'n schaduwzijde werkzaam? Een "schaduwnatuur" die zich liever verstoopt in het onzichtbare, maar die zich synchroon aan de mensheidsontwikkeling steeds meer gaat manifesteren? Wij menen dat dit zo is en dat deze schaduwnatuur gevonden wordt in de elektromagnetische verschijnselen, alsmede de röntgen- en radioactieve straling. Zoals men innerlijk om zou moeten gaan met de eigen dubbelganger, zo vormt de omgang met deze schaduwnatuur een morele uitdaging voor de mensheid. De polariserende werking van elektriciteit en magnetisme zijn verwant aan de dubbelgangeraspecten, die ook tenderen naar extremen. Zowel in de schaduwnatuur als in de dubbelganger van de mens is het ene extreem het steeds in proces willen zijn, eindigend in het niets, het andere extreem het streven naar absolute, en dus versterde en geketende vorm.

Het vinden van overeenkomsten tussen de mens en natuurverschijnselen is een belangrijke activiteit voor de leerkracht zelf. Hij leert dan langzaam aan zo te spreken dat de relaties tussen mens en wereld, tussen micro- en macrokosmos vanuit de natuurbeschrijving oplichten.

5.5 De dynamiek van de gesloten kring in relatie tot de ruimte en de mens

Zoals in paragraaf 5.3 is aangeduid kan aan de ruimte een polaire structuur worden toegekend, waarvoor de projectieve meetkunde de basis geeft. Alle ruimtelijke voorwerpen zijn ingebed in deze structuur. Ze zijn in de eerste plaats aanhechtingsmogelijkheid en in de tweede plaats middelpunt van deze polaire structuur.

Samenhangend hiermee geven ruimtelijke processen twee tendensen te zien: een streven naar omvattende eenheid, alzijdigheid en oneindigheid, respectievelijk een streven naar verdichting, differentiatie, contour en isolement. Zo is bijvoorbeeld bij het proces van kristalliseren de verdichtende tendens actiever dan de oplossende, verijlende.

De kosmische ruimte zou onder invloed van deze polaire tendensen in extremen uiteengaan, als er geen krachten waren die zich hiertegen verzetten. Zulke krachten komen tot uiting in warmte/koudeprocessen, die

geen extremen toelaten of deze tenminste tegenwerken. Warmte/koudeprocessen vereffenen alle differentiaties en voeren alles naar een samenhangende eenheid.

Nu is het bijzondere van de fenomenen van de gesloten kring (zie paragraaf 3.3), dat de extremen tevoorschijn komen. De tendensen werken niet meer volledig in elkaar, maar komen naast elkaar te staan. De eenheid van alle ruimtelijke verschijnselen wordt als het ware in zijn polaire uitersten tot fenomeen in het gevormde magneetveld en het dynamisch proces van de elektriciteit. De warmte probeert dit uit elkaar scheuren tegen te gaan en krijgt des te meer greep op dit proces naarmate de kring warmer is. Wordt de kring te koud en kan het proces zichzelf niet meer opwarmen, dan ontstaat de absolute en ook blijvende tegenstelling tussen de verdwijnende elektrische tendens en de versterkte magnetische vorm (supergeleiding). Wordt omgekeerd een magneet tot boven zijn Curietemperatuur verhit, dan kan het magnetisme niet meer werkzaam zijn en moet het de stof verlaten. Dit laatste is met de volgende proef te demonstreren:

Hang een dun nikkelen plaatje aan een koperdraad en verwarm het tot roodheet. Bij circa 800°C zal het plaatje niet meer aangetrokken worden door de magneet.

Magnetisme en warmte kunnen dus naar twee kanten elkaar uitsluiten:

1. Bij hoge temperatuur kan het magnetisme geen greep meer krijgen op de stof, de autonomie is te klein om tot ontplooiing te kunnen komen.
2. Is de stof te koud, dan is het isolement zo groot dat de warmte geen tegenproces meer kan leveren en treedt het verschijnsel van supergeleiding op.

Tussen deze boven- en ondergrens zorgt warmte voor het evenwicht tussen de polariserende tendensen van het naar vorm strevende magnetisme en de in proces verdwijnende elektriciteit.

De elektrische en magnetische processen in natuur en techniek zijn een beeld voor bepaalde innerlijke processen, namelijk voor al die processen die samenhangen met vervluchtigen en/of verstarren in één bepaalde richting. Elektromagnetische processen brengen in de natuur tweespalt teweeg: de vormtendens van het magnetisme en de procestendens van de elektriciteit vullen elkaar niet aan, maar sluiten elkaar uit. De ruimtestructuur, die intrinsiek polair is, wordt door elektromagnetische processen uiterlijk polair. De samenhangende, elkaar doordringende polariteit van punt en oneindigheid wordt als het ware uiteengescheurd, zoals de mens een hartverscheurende tweestrijd in zijn ziel kan beleven.

Bij de ontwikkeling van de mens zien we vanuit een oorspronkelijke samenhang een geleidelijke verzelfstandiging van de drie zielekrachten denken, voelen en willen. De persoonlijkheid, zich als ik aansprekend, houdt orde en samenhang in deze differentiatie. Echter, vele extreme, veelal partiële psychische eenzijdigheden kunnen zich voordoen, zoals neuroses, psychoses, schizofrenie, workaholic, dwepen, gevoelsarm denken, gedachteloos doen, ontoerekeningsvatbaar zijn, enzovoorts. De moderne mens loopt het gevaar dat partiële zielestructuren op zichzelf gaan functioneren en dat de daaruit voortkomende eenzijdigheden in het maatschappelijke leven of in het intermenselijke verkeer ontoelaatbare vormen aan kunnen nemen. Zoals de warmte de polariserende tendensen in de gesloten kring in evenwicht houdt, maar dat wel binnen bepaalde grenzen, zo houdt het menselijke ik de uiteenstrevende zieleneigingen bijeen; ook daar echter zijn grenzen in acht te nemen, wil de samenhang bewaard kunnen blijven.

Een wetenschap zonder verbinding met de mens dreigt te ontaarden in een illusie. Daarom wordt hier nagestreefd die verbinding bewust te leggen door de oneindig gedifferentieerde zielerorselen, die ons zo van nabij gegeven zijn, bij het kenproces te betrekken. De ziel wordt daardoor de openbaarder van de natuur en de natuur wordt uiterlijk zichtbaar gemaakte zieleprocessen. Op grond hiervan wordt de uitspraak begrijpelijk: "Wilt u de wereld leren kennen, kijk in uzelf. Wilt u uzelf leren kennen, kijk in de wereld."

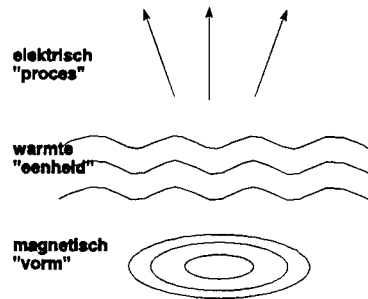
5.6 Toestand contra stroming

In het voortgezet onderwijs is het algemeen gebruikelijk om de gesloten elektrische kring met een stromingssituatie te vergelijken. Het stromende, gesloten watercircuit, met pomp en regelventielen, lijkt een geschikte analogon.

Hier willen we zoeken naar een rationele natuurbeschrijving die recht doet aan de fenomenen zelf. Het valt dan op dat er in een gesloten elektrische kring niets stroomt. Wanneer de kring gesloten wordt, treedt er in de gehele kring, inclusief de accu, een magnetische en warmteactiviteit op. Tevens vindt een spanningsval plaats, afhankelijk van de draadlengte, dikte en materiaal. De warmte verdwijnt door convectie en straling, het magnetische veld ligt cilindervormig rond de draad en in de accu vindt stofverandering plaats en concentratieveranderingen aan de plus- en minpolen. De gesloten kring verkeert in een dynamische toestand, die zich heel snel instelt en even snel weer oplost als de kring verbroken wordt.

De dynamiek van het magnetisme is, zoals we in paragraaf 3.1 hebben gezien, vormvast, traag, compact, gesloten en wordt getypeerd door de tendens zich te verdichten tot een punt. De warmteprocessen verlopen altijd zo dat er vereffening optreedt. De warmte heeft de tendens de totale ruimte tot een eenheid te maken, dat wil zeggen hij streeft naar ongedifferentieerdheid, naar een totaliteit waarin alle verschillen zijn vereffend. Het elektrische aspect is bij de gesloten kring het meest verborgen. De spanning bij de open kring drukt uit dat er potentieel iets kan gaan gebeuren, maar verder is er niets van warmte, magnetisme of elektriciteit waar te nemen. Het is als bij het klaarzetten van de ingrediënten voor het bakken van een taart. Pas als de kring gesloten wordt ontstaat er iets nieuws.

De drie tendensen, warmte, magnetisme en elektriciteit, blijven in samenhang met elkaar en roepen elkaar ook wederzijds op. De *uit de ruimte* strevende, zuigende elektrische tendens en de *tot een punt* verdichtende magnetische tendens staan in groot contrast tot elkaar, de tegenstelling die zij vormen scheurt de ruimte als het ware open. De warmte streeft juist naar eenheid en werkt als tegenproces op de



tegenstelling van de elektrische en magnetische tendensen in, die ieder in een verschillende richting de ruimte uit streven. De beschreven dynamiek ontstaat niet door ruimtelijke stroming van enige entiteit, maar doet zich voor als een dynamische toestand van velden, die in samenhang staan met de ruimtelijke polariteit van het oneindige en het puntachtige.

De dynamiek die hier beschreven wordt blijkt achteraf meer verwantschap met het atoommodel te hebben dan van tevoren misschien was te verwachten. Wanneer de starre kern en de beweeglijke, van de stof onafhankelijke elektronen als tendensen in plaats van ruimtelijke deeltjes gezien worden, dan blijkt een grote overeenkomst met de bovenstaande beschrijving. Op de geschetste wijze gezien gaan de fenomenen echter een actieve en samenhangende taal spreken. De tegenstelling elektriciteit en magnetisme kan ook in samenhang worden gezien met de zenuwen resp. hersenen en het bewustzijn van de mens. De elektrische en magnetische fenomenen scheuren enerzijds de natuurlijke ruimtelijke samenhang uit elkaar, maar openen deze ook. De hersen- en zenuwcellen verkeren in een bijna doodstoestand, dat wil zeggen dat de stof op het punt staat uit de levende samenhang te vallen. En juist deze cellen met hun elektrische/magnetische activiteit vormen het lichamelijke instrument voor het

waarnemen en het denken, dus voor bewustzijnsprocessen. Hier opent de mens zich voor het onruimtelijke. Men kan de vergelijking nog verder doortrekken. Zoals de stofwisselingsprocessen in de accu voorwaarden zijn voor de veldynamiek van warmte, elektriciteit en magnetisme, zo is de stofwisseling in de hersenen voorwaarde voor het menselijke bewustzijn. Het in stand houden van een toestand vraagt energie. Zowel bij de gesloten kring als bij de mens zal de energiebalans kloppen, niet omdat uit het ene het andere voortkomt, maar omdat het ene voorwaardenschepend is voor het andere.

Als de docent zich dergelijke gedachten eigen maakt, dan is hij in staat de leerlingen iets van de grote samenhangen te laten zien die bestaan tussen mens en kosmos. Elektrische en magnetische processen staan niet op zichzelf maar staan in samenhang met de gehele ruimtelijke en onruimtelijke wereld. Meestal wordt onderschat wat de gevolgen zijn van het huidige gesloten systeem en modellen denken voor de ontwikkeling van leerlingen. Het zou een interessante en belangwekkende studie opleveren om na te gaan hoe natuurwetenschappelijke ideeën een stempel hebben gedrukt op de politieke, economische en religieuze ontwikkeling van de mens.

5.7 Bijzonderheden over het magnetisme

In samenhang met paragraaf 3.2 volgt hier een uitbreiding van de magnetische fenomenen.

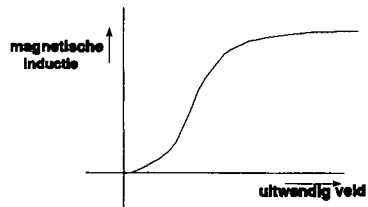
Ferromagnetische eigenschappen ontstaan tijdens een afkoelingsproces. Op de kristalvlakken ontstaan labyrint-achtige patronen, in de vorm van paden en hagen, die in en om elkaar heen slingeren. De paden hebben de NZ- en de hagen de ZN-oriëntatie. Dit patroon wordt in gepolariseerd licht als spiegeleffect microscopisch zichtbaar. De patronen worden de gebieden van Weiss genoemd en zijn slechts enkele μm groot. De franse natuurkundige Pierre Weiss opperde in 1930, vóórdat deze patronen voor het eerst gezien werden, dat er in een ferromagnetische stof kleine magneetjes zitten die door een uitwendig magneetveld gericht worden. Het blijken geen geïsoleerde magneetgebiedjes te zijn, maar de labyrint-achtige slingerpatronen.

Onder invloed van een uitwendig magneetveld verschuift het patroon: de hagen worden dunner en de paden breder. Is de stof maximaal gemagnetiseerd, dan is er geen patroon meer zichtbaar. Neemt het uitwendig veld vervolgens weer af, dan treedt het patroon bij harde ferromagnetische stoffen weer gedeeltelijk in verschijning, maar dit blijkt heel sterk afhankelijk te zijn van de spanningen in de kristalstructuur. Om

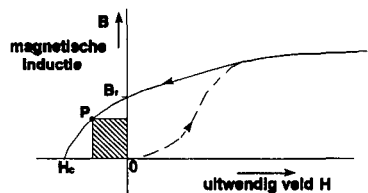
deze reden worden bijvoorbeeld alnico-magneten, bestaande uit een legering van aluminium, nikkel en kobalt, 1 à 2 uur uitgegloeid bij 600 °C. Het hele afkoeling- en uitgloeiproces vindt plaats in een uitwendig magneetveld om de kristalstructuur en de magnetische oriëntatie zo gunstig mogelijk te maken. De structuur van de alnico-magneten is dan vezelachtig.

Naast deze gegoten en gegloeide magneten worden de meeste magneten vervaardigd door metaalpoeders te sinteren (persen bij hoge temperatuur). Daartoe worden de poeders in een metaalmolen heel fijn en rond gewreven, omdat uit onderzoek is gebleken dat poederdeeltjes van enkele μm geen labyrintpatroon vertonen, maar verzadigd magnetisch zijn. Vervolgens richt men de poeders in een uitwendig magnetisch veld en sintert men dit tot een blijvende vorm. Deze magneten hebben een veel grotere mechanische sterkte dan de gegoten magneten en men kan er een remanentie (d.w.z. de magnetische kracht na het wegvallen van het uitwendig veld) mee bereiken van 80% van dat van de gegoten magneten. Hiermee wordt duidelijk dat de kristalstructuur een wezenlijke bijdrage levert aan de magnetiseerbaarheid. Om nader te bepalen welke rol de kristalstructuur speelt bij het ontstaan van het magnetisme bespreken we een aantal B - H curven (B is de magnetische inductie tengevolge van het uitwendige veld H).

Een materiaal dat uitwendig niet magnetisch is wordt in een veld gebracht waardoor een veldverdichting plaatsvindt en het materiaal zelf magnetisch wordt. Met een magneto-meter, waarin de zelfinductie van een spoel bepalend is voor de meetwaarde, wordt het magneetveld ter plaatse gemeten. Het normale verloop hiervan kan als volgt in grafiek gebracht worden: eerst verzet de stof zich tegen magnetisatie, gaat er daarna maximaal in mee en vervolgens treedt een grenswaarde op. Deze wordt bepaald door de verzadigingswaarde van de magnetisatie van de stof, dat wil zeggen dat het patroon van Weiss geheel verdwenen is.



Wordt nu het uitwendig veld verminderd en vervolgens omgepoold, dan neemt de magnetisatie niet volgens dezelfde kromme af, maar wil zich handhaven. Wanneer de uitwendige magnetische veldsterkte nul is blijft er nog een remanente magnetisatie B_r over. Om deze te laten verdwijnen is een tegenveld nodig, de zogenaamde

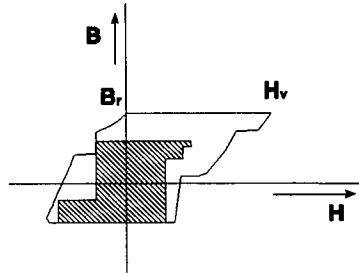


coërcitieve veldsterkte H_c . Het werkpunt P van de magneet ligt daar waar de energiedichtheid die de magneet kan leveren maximaal is. Dit is het geval bij maximale oppervlakte van de rechthoek $B \times H$ in dit gedeelte van de kromme.

Bij een wisselend uitwendig veld H krijgt de B - H curve een punt-symmetrische vorm, de zogenoemde hystereselus. Het demagnetiseren van een magneet gebeurt door deze in een wisselend uitwendig veld te brengen met afnemende amplitude.

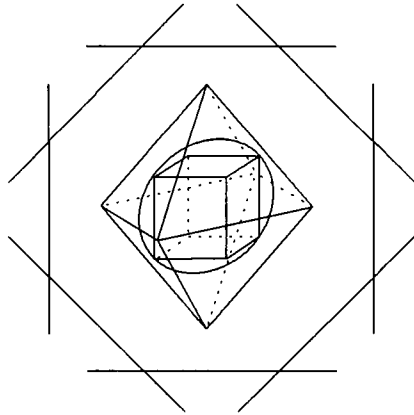
De magnetische inductie B wordt gemeten door een geleidende draad, die deel uitmaakt van een elektrische kring, in het magnetische veld te brengen en de kracht te meten die deze draad ondervindt. De eenheid Tesla (T) is gelijk aan N/Am. Het tegenveld H_c wordt gemeten door de inductie te meten van een spoel in het veld. De eenheid is A/m. Het werkpunt BH_{\max} heeft als eenheid $T \cdot A/m = (N/Am) \cdot (A/m) = Nm/m^3 = J/m^3$. Zie voor B - en H -waarden van diverse magnetische materialen de betreffende tabel.

Bepaalt men voor materialen bestaande uit poederdeeltjes de hystereselus door meting aan één deeltje, dan is de grafiek afhankelijk van de hoekigheid en de regelmaat van de kristalstructuur van het poederdeeltje: de buitenste lus wordt bij hoekig, dat wil zeggen niet uitgegloeid, de binnenste bij uitgegloeid, dus minder hoekig poeder materiaal gemeten. In het verzadigingspunt H_v is er geen labyrintpatroon. Bij het hoekige poeder ontstaan stapsgewijs patroonveranderingen. Een sterk tegenveld is nodig om het patroon verder te vervormen en tenslotte omgekeerd verzadigd te krijgen. De neiging tot patroonvorming en tot het vastzetten van dit patroon is groter dan bij het ronde uitgegloeide poeder materiaal. Het veld klappt haast abrupt om bij een bepaald tegenveld. Het kristalpatroon van hoekige, niet uitgegloeide poederdeeltjes is willekeurig en tevens is het magnetisme gevoeliger voor stoten en temperatuurverandering. Het hoge remanente magnetisme B_r van de hoekige poederdeeltjes is niet stabiel en zal in de tijd snel afnemen, terwijl dat van de uitgegloeide poederdeeltjes minder hoog, maar vrij constant is. Dit sprongsgewijs veranderen van het veld wordt aan hele magneten ook in lichte mate waargenomen (barkhauseneffect). De verandering van het patroon van Weiss van de afzonderlijke kristalletjes verloopt wel sprongsgewijs, maar ieder sprongetje levert procentueel slechts een kleine bijdrage.



	stoffen	$B_{\text{verzadiging}}$ (T)	H_c (A/m)	T_{Curie} (°C)
zacht	kobalt	1,8	950	1400
	nikkel	0,6	400	630
	ijzer	2,2	80	1040
	permalloy Fe:Ni:Mn = 19:78:3	1,1	4	
	ferroxcube MnO:Fe ₂ O ₃ = 48: 52	0,36		500
	ijzer + 3%Si	1,95	24	
		B_{remanent} (T)	H_c (kA/m)	BH_{max} (kJ/m ³)
hard	koolstof- staal	0,9	4	
	remalloy Fe:Mo:Co = 71:17:12	1,0	20	
	alnico.	1,1	48	35
	barium- ferriet: keramisch	0,4	160	29
	zeldzame aarden:			
	samarium- kobalt	0,9	900	170
	neodymium -ijzer -boron	1,1	1000	240

Dit verschil tussen hoekige en ronde poederdeeltjes wijst er wellicht op dat het magneetveld een sterker aangrijpingspunt heeft in de hoeken van een kristal, zoals dit ook het geval is bij de warmte. In deel I (paragraaf 4.9.5) werd uiteengezet dat de warmte in de hoeken van een kristal het meeste aangrijpt, waardoor de kristalpunten het eerste zullen smelten. Vanuit de projectieve meetkunde kon dit in verband worden gebracht met het gegeven dat de warmte als omhullende (in de vorm van een octaëder) als eerste het uitzettende kristal als kern (in de vorm van een kubus) aan de hoekpunten doordringt.



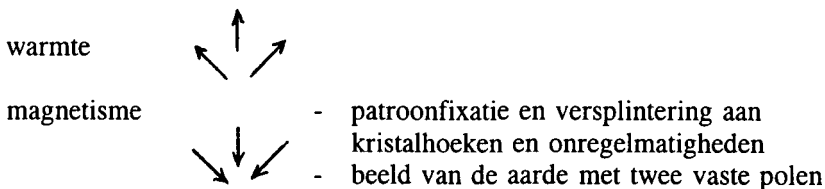
Magnetisme ontstaat, zoals we hebben gezien, spontaan tijdens het afkoelingsproces. Nu blijkt de kristalstructuur van haast alle legeringen en verbindingen de kubische vorm te moeten hebben wil magnetisatie mogelijk zijn. Zo zijn er legeringen die pas bij lage temperatuur (ca 200°C) en door gloeien kubische kristallen vormen, terwijl ook dan pas het magnetische weisspatroon ontstaat. In een kubisch kristal worden drie assen onderscheiden: de ribbe, de vlakdiagonaal en de lichaamsdiagonaal. In de richting van een ribbe blijkt een kristal gemakkelijker te magnetiseren. Vergelijken met het magnetiseren in de richting van de vlak- of lichaamsdiagonaal is ongeveer een honderdste van het veld nodig. De verzadigingswaarde is voor de drie assen natuurlijk wel gelijk. Zo'n stof wordt anisotroop genoemd.

Door de voorgaande waarnemingen en feiten met andere verschijnselen in relatie te brengen lichten er ideële relaties op. Het para- of diamagnetisme is een stofeigenschap die onafhankelijk is van de aggregatietoestand, terwijl het ferromagnetisme alleen in de vaste stof fase voorkomt. Het ferromagnetisme is een fenomeen dat net als bijvoorbeeld het kristalliseren ontstaat bij afkoeling van een stof. Kristaleigenschappen zijn in de vloeibare fase niet te vinden, zij ontstaan als iets volledig nieuws beneden het smeltpunt. Zo ontstaat het magnetische weisspatroon op de kristalvlakken beneden de curietemperatuur. Naast afkoeling zijn heel specifieke kristal-vormprincipes voorwaarden waaronder ferromagnetisme spontaan kan ontstaan.

Bij de vorming van een kristal verdicht en isoleert zich de stof en emancipeert zich daarbij van de warmtesfeer. Op dezelfde manier horen

verdichting, isolatie en emancipatie ook bij het ferromagnetisme. Het veld tendeert steeds naar een versplintering in een weisspatroon, maar laat tevens een behoudende tendens zien: de hystereselus laat steeds een achterlopen op het uitwendige veld zien, een tendens tot fixatie, tot niet meegaan met de verandering. Het evenwicht tussen beide aspecten, versplintering en behoudende tendens, is het remanent magnetisme.

De vloeistoffase laat in zijn druppelvorm de verwantschap met de gehele aarde zien. Het kristal kan daarbij als een aarde op zichzelf worden gezien, met een eigen oriëntatiepunt. Een magnetisch kristal is in het verzadigingspunt nog meer verwant aan de aarde, omdat het nu ook een eigen magneetveld heeft. De warmte is de grote tegenspeler van het magnetisme: boven de curietemperatuur laat de warmte de magnetische verdichtingssfeer niet werkzaam worden.



IJzer, nikkel en kobalt uit groep 8 van het periodiek systeem hebben niet alleen ten aanzien van het magnetisme een bijzondere positie, maar ook ten aanzien van de kunstmatige radioactieve processen, alsmede de hoge soortelijke warmte per volume-eenheid, welke die van water evenaart. Legt men de reeks van zeldzame aarde (57 t/m 71) op de tussenreeks (21 t/m 35) dan vallen samarium en ijzer precies samen, evenals nikkel en gadolinium. Beide paren zijn ferromagnetisch. (Kobalt heeft geen ferromagnetische tegenhanger, evenals de ferromagnetische zeldzame aarde elementen cerium en terbium):

21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35
Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br
57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71
La	Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu

Misschien is de reeks van de zeldzame aarden op te vatten als een herhaling van de voorgaande reeks. Zij zijn echter allemaal giftig, terwijl dat bij de metalen niet altijd het geval is.

Het para- en diamagnetisme bevestigt de chemische activiteit van de elementen. De chemisch actieve tot agressieve elementen, alsmede de

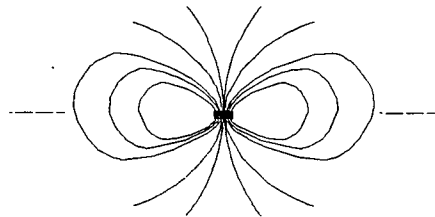
onafhankelijke edelgassen zijn allen diamagnetisch. Zij laten zich niet in een veld zuigen, maar neigen naar veldverdunding en beweeglijkheid. Daartegenover staan de passieve en onedele stoffen (waar ook een stof als natrium onder gerekend wordt, die zich immers laat aanvreten), die alle paramagnetisch zijn. Zij laten zich in de veldverdichting en fixatie trekken. Dat wil zeggen dat zij op passieve wijze de magnetische verdichting ondergaan, net zoals zij chemische oxidatie ondergaan.

- diamagnetisme* - streven naar veldverdunding en beweeglijk blijven
 †
paramagnetisme - passief ondergaan van verdichting en verstarring

Het *ferromagnetisme* is heel ver geëmancipeerd van de kosmische eenheid. Het is een beeld van een versplinterende punttendens, die zich al verdichtend in een patroon vastzet.

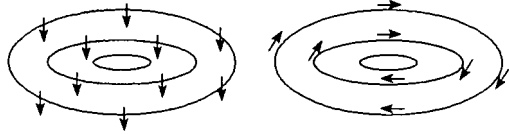
Bij magnetisme gaat het niet zozeer om de polen, die niet zoals bij elektriciteit een eigen kwaliteit vertegenwoordigen, maar om het veld. Het aantrekken of afstoten van de polen is wel direct waarneembaar, maar niet het oerfenomeen. De verdichtende, verstarrende tendens van het veld is het primair waarnemend-denkende gegeven waar het hier om gaat. Het veld wil zich verstoppen in de stof. Ook bij meerdere magneten, of bij een combinatie van één magneet en bijvoorbeeld een aantal spijkers, treedt altijd veldverdichting in een steeds kleinere ruimte op. Het typische van het veld blijft de polaire structuur. Wanneer men een spijker in een magneetveld brengt zal deze altijd in de richting van het veld gaan staan en zelf gemagnetiseerd worden. Het veld dwingt hier de stoffelijke drager in een bepaalde richting. Vervolgens wordt de spijker gemagnetiseerd in de lengterichting.

Het in zich gesloten magnetische veld heeft zijn eigen tendens en vorm. Het tendeert naar de torusvorm, waarbij de drager naar het centrum gedwongen wordt. Een kleine staafmagneet toont dit torusvormige veld. De kleinste magneet zou de ruimtelijke torus met een minimale inwendige lengte benaderen.



Doorsnijdt men het veld loodrecht, dan ontstaat een concentrische ringenstructuur. Zo'n magneetveld, dat spontaan ontstaat onder invloed van afkoeling, zullen we een statisch veld noemen, omdat het blijvend is. Het magneetveld rond een elektrische kring kunnen we een dynamisch

veld noemen, omdat het onderhevig is aan het momentane kringproces. Het statische veld lijkt op het dynamische, met dien verstande dat in het statische



veld de veldlijnen loodrecht op de ringen staan, terwijl zij in het dynamische veld langs de ringen liggen. De verschillen en de verwantschap tussen het statische en het dynamische magnetisme zal verder fenomenologisch onderzocht moeten worden.

5.8 Fenomeen, veld en sfeer

De mens houdt zich zó tot de wereld dat hij aan de waarneming van de verschijnselen niet direct het begrip kan aflezen. Dit begrip, of anders gezegd de samenhang met de overige natuur, blijft in de waarneming verborgen. Door het denken kan deze samenhang als een onzichtbare dimensie in het zichtbare oplichten: een onzichtbaar weefsel van relaties tussen de verschillende fenomenen kunnen wij ontdekken door deze te "beschouwen", innerlijk te bezien. Er is geen dwingende reden om de waarnemingswereld wél als reëel en existentieel te beschouwen en de denkwereld of de wereld van relaties alleen als een product van de mens. Zoals wij betrekkingen aangaan met de uiterlijke wereld, zo verbinden wij ons met de relatie-wereld door er met ons denken in te "lezen". Wanneer een fenomeen tot verschijning wordt gebracht, zoals bij het wrijven van twee platen, dan vindt er dus niet alleen iets plaats met uiterlijke dingen, maar wordt ook de wereld van relaties en samenhangen actief.

Plato noemde deze wereld van relaties de ideeënwereld. Hij zag deze als scheppend, creatief en actief en de uiterlijke fenomenen als het gevolg van deze scheppende activiteit. Aristoteles sprak over de wereld van de "potenties". Wrijvingselektriciteit is potentieel aanwezig en als twee platen gewreven worden dan wordt deze potentie actueel. In dit boek worden de woorden fenomeen en sfeer gebruikt om het tastbare, zichtbare verschijnsel respectievelijk de onruimtelijke, ongeworden, potentiële toestand aan te duiden.

Bij wrijven ontstaat elektriciteit als ruimtetoestand. De ruimte rond het voorwerp krijgt een bijzondere structuur en hoedanigheid. Deze gestructureerde ruimte behoort weliswaar tot de wereld van de fenomenen, maar is toch niet direct waarneembaar. Het typeren van deze toestand is alleen mogelijk door waarnemen én denken, beide activiteiten zijn

volledig verweven. Met Michaël Faraday spreken we in de natuurkunde in zo'n geval van "veld". Een veld is het ruimtelijk worden van relaties tussen dingen. Sfeer en fenomeen gaan hier op een heel subtiële wijze samen, terwijl zij vaak gescheiden worden gezien, bijvoorbeeld de geweven plaat als fenomeen en elektrische modelstructuur als oorzaak.

Fenomeen, veld en sfeer kunnen voor de naar kennis strevende mens een drie-eenheid gaan vormen. Een vergelijking, waarbij gebaar, tendens en proces verwant zijn, kan dit nog verduidelijken. Wanneer de mens slaapt is zijn bewustzijn niet werkzaam door het lichaam. Er is dan een relatieve scheiding tussen het lichaam en het zielewezen van de mens. Wanneer de mens ontwaakt werken lichaam en zielewezen samen. Dan hebben we een situatie die vergelijkbaar is met een veld, waar fenomeen en sfeer samenwerken.

5.9 Eenheid en verval

Wanneer men de ruimtelijke, geworden wereld als een samenspel van polariteiten, krachten en tendensen ziet, dan is het de vraag welke plaats de elektriciteit hierin heeft. Om hierop in te kunnen gaan zullen we eerst de verschillende aggregatietoestanden typeren.

De gastoestand laat in de uitzettingswaarden een ongedifferentieerde samenhang zien tussen alle gassen. Gassen vormen met elkaar ook een volledig vermengde stoffelijke eenheid, in tegenstelling tot de vaste stof, waar alles naast elkaar staat en waar een veelheid van kristallen is, die allemaal iets van het grondpatroon afwijken.

De polariteit eenheid-veelheid, die in gas en vaste stof tot uitdrukking komt, vertegenwoordigt een tegenstelling die algemeen in de wereld werkzaam is. Een andere wetmatigheid is die van proces en tegenproces. Laat men een onderkoelde vloeistof kristalliseren, wat een overgang naar verdichting en veelheid inhoudt, dat ontstaat warmte als tegenproces. Kijkt men vanuit deze blikrichting naar het wrijvingsproces, dan kan men wrijven zien als het in elkaar wrijven van twee materialen, een tendens tot eenheid is werkzaam. Als tegenproces ontstaat nu elektriciteit, die remmend op de wrijvingsbeweging werkt en tevens, als de stoffen ruimtelijk gescheiden worden, de tegenstelling van + en - pool laat ontstaan. Tegenover het eenwordingsproces van de wrijving ontstaat het dualistische proces van de elektriciteit.


In elke ontwikkeling of evolutie gaat de ongedifferentieerde eenheid aan de veelheid vooraf. Het terugvoeren tot de eenheid blijkt tot gevolg te hebben dat een dualiteit ontstaat. Dit zou men als een tegenproces in de tijd kunnen beschouwen, zoals het voorbeeld van de kristallisa-

tiewarmte een ruimtelijk tegenproces vertegenwoordigt. Wil men als het ware "terug in de tijd", terug naar eenheid en samenhang, dan ontstaat als tegenproces een dualistisch verschijnsel dat remmend en tegenwerkend ingrijpt.

Bij de geestelijke ontwikkeling van de mens ziet men een dergelijk soort proces. Neigt men ernaar teveel in zich zelf te verijdelen, dan treedt in de ziel van de mens de dubbelganger versterkt naar voren. Dit is een extreem dualistisch aspect van de ziel dat tot uitdrukking komt in morali-teitsloze gedachten respectievelijk slimme egocentrische handelingen. Wanneer de geestelijke ontwikkeling van de mens niet evenwichtig verloopt, dan valt de verborgen dubbelganger uit de samenhang van de ziel en verzelfstandigt. Het wrijvingsproces waardoor warmte en elektrici-teit ontstaan heeft hetzelfde proceskarakter als de geschetste eenzijdige ontwikkeling van de mens. De uiterlijke warmte bij het wrijven en de innerlijke warmte van de zielestrijd typeert de samenhang, die de tegen-stellingen niet verder uit elkaar wil laten drijven. De zelfstandig geworden dubbelganger bemoeilijkt de voortgaande geestelijke ontwikkeling en isoleert de mens. Parallel daaraan kan men de vraag stellen: typeert het ontstaan van elektriciteit in de natuur het verval en de neiging tot isolatie in de natuur?

5.10 Elektromagnetisme en de mens

De tegenstelling tussen het elektrische en magnetische veld kan, zoals we in paragraaf 3.1 hebben gezien, worden aangeduid met de begrippen proces en vorm.

	<i>uiterlijk</i>	<i>innerlijk</i>	<i>gesloten kring</i>
	magnetische gestiek	elektrische gestiek	spanning V $Q = V \cdot C$ (condensator)
	elektrische gestiek	magnetische gestiek	stroom(magn) I $Q = I \cdot t$ (spoel, kring)

Kijkt men naar het menselijke lichaam, dan vindt men deze tegenstelling terug in de polariteit van de steeds in beweging en proces zijnde stofwisseling en het in rust verkerende zenuwstelsel. Beschouwen we het innerlijk van de mens, dan ligt de zaak minder eenduidig. De innerlijke activiteit die met het hoofd samenhangt, het denken, en het handelingsleven, dat met stofwisseling en ledematen samenhangt vertonen beide zowel een proces als een vormtendens. Toch is in het denken het procesmatige overheersend, terwijl het gestructureerde handelen meer de vormkant vertegenwoordigt.

De gesloten kring, die bepaald wordt door spanning, stroom en het product van beide, toont nog duidelijker de dynamische activiteit die ook bij de mens plaats vindt. Gedachten, herinneringen die komen en gaan, tenzij men ze weet te fixeren, staan tegenover de door ervaring gestructureerde handelingen, zoals lopen en schrijven. In het "midden" van het innerlijk vindt een integratie van deze twee extremen plaats, daar beleeft de mens zijn eigen wezen, daar spreekt hij zich zelf aan als "ik".

Ook de tegenstelling condensator \leftrightarrow spoel gaat meer tot de verbeelding spreken en krijgt daardoor meer diepgang wanneer deze in relatie tot de menselijke zielegestalte wordt gebracht. De directheid waarmee de condensator meedoet met de elektrische processen, die snelle afwisselingen volgt en in proces en verandering blijft, is bijvoorbeeld ook typisch voor het hoofdproces.

De stroom/het magnetisme is bij de gesloten kring een dynamisch begrip. Berekend men echter de hoeveelheid elektriciteit door met de tijd te vermenigvuldigen, dan wordt dit dynamische tijdsproces een abstracte grootheid. Gebruikelijk is deze grootheid ruimtelijk voor te stellen, men spreekt dan van lading. Omdat het een abstracte grootheid betreft, overziet men moeilijker dat de fenomenen deze veronderstelling niet dwingend voorschrijven. Daarmee is de dynamische stroom geworden tot een abstract begrip, omdat hij wordt ingekleurd met het begrip lading. Stroom heeft als begrip een belangrijke betekenis gekregen, maar het proceskarakter is er uit verdwenen.

Dit geldt in nog sterkere mate voor het begrip arbeid. Ook daar is door de vermenigvuldiging met de tijd de dynamiek uit het begrip verdwenen. Arbeid en lading zijn belangrijke kengetallen voor het elektrische proces, maar het gevaar is aanwezig dat ze tot de essentie van het proces verheven worden, waardoor de eigenlijke dynamiek niet meer gevat wordt.

5.11 Aarde, kosmos en mens

In deze paragraaf worden een aantal elektrische en magnetische verschijnselen rond aarde, kosmos en mens met elkaar in samenhang gebracht. Overweegt men iets hiervan in de les te behandelen, dan is het van belang dat dat aansluit bij de inzichten die de docent eerder met de leerlingen ontwikkeld heeft. Anders zou het loze kennis opleveren. Belangrijk voor een pedagogisch proces is dat niet alleen een veelheid van feiten gebracht worden, maar dat hier ook een integratieproces op volgt die deze veelheid weer in een synthese brengt, waardoor de leerling een antwoord krijgt op de vaak onbewust gestelde vraag naar samenhang tussen mens en wereld.

We onderscheiden vier soorten elektriciteit en magnetisme:

1. hoogfrequente wisselspanning in een gesloten of open kring (zender);
2. statisch elektrisch veld en vrij elektrisch veld(Edison);
3. een elektrische kring met gelijkspanning (geeft vooral magnetisme);
4. statisch magnetisch veld.

De zon heeft een gigantisch groot maar zeer zwak magneetveld. De elektrische activiteit springt veel meer naar voren: de door het hele planeetstelsel uitstromende "zonnwind" is elektrisch van aard, vrije elektriciteit; elektrische waterstof en helium vormen de hoofdbestanddelen. Deze zonnwind trekt grote spiraalarmen door het planetenstelsel. De zon is ook een zender, net als sterren en de totale kosmos (zogenaamde achtergrondstraling).

Van de sterren is deze zenderactiviteit het meest in het oog springend. Typerend voor een zenderveld is zijn gerichtheid op het oneindige en onruimtelijke. Het is een oplossend veld. In de aarde zijn aardstromen aanwezig die als potentialen in de grond te meten zijn. Tevens heeft de aarde, net als enige andere planeten, een groot en langgerekt druppelvormig magneetveld. Dit veld verandert voortdurend van vorm, als een soort ademhaling; de as ervan valt niet samen met de aardas. Aan het aardoppervlak is het heel onregelmatig van vorm en gesteenteonderzoek heeft uitgewezen dat de polariteit al vele malen is omgeklapt gedurende de aarde-evolutie. De aarde heeft een relatief klein atmosferisch elektrisch veld, dat samenhangt met de honderden bliksems die per seconde op aarde plaatsvinden. Verder zijn er op grote hoogte nog enige elektrische lagen (ozonlaag en ionosfeer). Ten slotte is de aarde ook een zwakke zender, men spreekt van aardstraling. Uit deze fenomenen spreekt de volgende indeling:

- sterren:* - vooral zenderactiviteit
- zon:* - vooral elektrische activiteit
- aarde* - vooral magnetische activiteit

De drie fenomenen zijn bij alle drie hemellichamen te vinden, maar steeds overheerst er één. Vanuit dit gezichtspunt kan de vraag ontstaan: is de aarde ook nog een beetje ster en zon?

Het magneetveld van de aarde existeert in samenhang met de aarde maar is op te vatten als een entiteit voor zich. Zoals een gevoel of een gedachte *aan* het menselijk lichaam ontstaat, zo zou ook het aard-magneetveld *aan* de aarde ontstaan. Het aard-magneetveld is mogelijk op te vatten als een organisme, waarvan wij de betekenis nog nauwelijks doorgronden. Bij de beschrijving van de veranderlijkheid van het aard-magneetveld en van het omklappen van de polariteit drong zich al de vergelijking met de ademhaling op.

De aardpotentialen en -stromen kunnen als inductieverschijnselen van de roterende aarde in zijn druppelvormige magneetveld worden opgevat, daar de aardas niet samenvalt met de ook enigszins geknikte magnetische as. Deze beschouwing leidt tot de gedachte dat het aard-magneetveld remmend op de rotatie inwerkt. Het aard-magneetveld heeft ook een beschermende werking ten opzichte van het leven, daar het de aarde afschermt voor de elektrische zonnwind en de kosmische straling.

De magneetvelden van de planeten Mercurius, Jupiter, Saturnus, Neptunus, Uranus en Pluto hebben zeer uiteenlopende vormen. Zo heeft het magneetveld van Jupiter dubbele polen en een lemniscaatachtige vorm. Bij Uranus en Neptunus maken de magneet- en de planeet-as een hoek van 50°.

In het volgende overzicht worden alle beschreven fenomenen samengebracht:

<i>sterren:</i>	zendereffect	oplossend veld, naar oneindige en onruimtelijkheid strevende tendens
<i>zon:</i>	vrije negatieve en stofgebonden positieve elektriciteit	ruimtefenomeen in ijle kosmos, verwant aan de gasbuisfenomenen
<i>aarde:</i>	magneetveld en aardstromen	omhult de ruimtelijke aarde, beschermt het aardse leven, sluit de aarde af van de kosmos

Zoekt men de genoemde elektromagnetische fenomenen op bij de mens, dan ontstaat in het kort de volgende indeling:

- De organen hebben een zenderuitstraling, vooral de nieren, thymus en epifyse. Het betreft radarstraling met een golflengte van 5-15 cm. Deze uitstraling verandert sterk door bijvoorbeeld aardstraling.
- De huid heeft oppervlaktespanningen van enkele tienden Volt en is verdeeld in een patroon van positieve en negatieve velden. Bij ziekte verandert dit patroon. De huidweerstand neemt af in situaties van verrassing (toepassing leugendetector). Men spreekt van de psychogalvanische reflex. De spieren reageren op spanningsveranderingen, evenals de zenuwen. Een enkele cel is inwendig negatief ten opzichte van een positieve omgeving. De cel geeft dus hetzelfde elektrische beeld zal de aarde, die negatief is ten opzichte van de positieve atmosfeer.
- De hersenen hebben een goed meetbare magnetische activiteit (EEG, wordt gemeten in potentialen). Ook het hart geeft een magnetische puls.

Uitgaande van deze elektromagnetische fenomenen kijken we naar de relatie tussen kosmos en mens:

<i>organen en sterren:</i>	zender
<i>de huid en de zon:</i>	elektriciteit, potentialen
<i>hersenen, zenuwen en de aarde:</i>	magnetisme en stromen

Plaatst men de toepassing van elektromagnetische fenomenen hiernaast, dan geeft dat weer een aanvullende karakteristiek:

<i>elektriciteit:</i>	rekenapparaat, computer, digitale informatieverwerking bij cd
(weinig magnetisme)	
<i>magnetisme:</i>	kracht (elektromotor, dynamo) en fixeren van informatie (magneetband, schijf)

Dat de hersenactiviteit in samenhang staat met het behoudende, naar vorm strevende magnetisme hangt mogelijk daarmee samen, dat door de hersenactiviteit de voorstellings- of denkinhoud gefixeerd wordt en tot bewustzijn komt. Het magnetisme dat samengaat met de hersenactiviteit is dan geen uitdrukking van het denken, maar brengt de *innerlijke* denkactiviteit tot bewustzijn, zodat het gefixeerd wordt en men niet meer in proces is. Veel hersenactiviteit zou dan dus betekenen dat er veel denkprocessen vertraagd, geremd en in zichzelf gesloten raken.