

## 1. INLEIDING

### 1.1 Natuurkunde in de 11e klas

Ook ten aanzien van de 11e klas willen we de aansluiting zoeken van de lesstof met de ontwikkelingsfase van de leerlingen (16-17 jarigen). Als uitgangspunt hiervoor nemen we de vraag hoe een gezonde ontwikkeling van het intellect kan worden bereikt. Rudolf Steiner zegt hierover in een lerarencursus\* dat het intellect in de zich reeds ontwikkelende zielestructuur zelf zijn voedingsbodem zou moeten vinden. De mens in ontwikkeling zou datgene moeten denken wat hij voordien reeds gevoeld en gewild heeft. Is er in de voorafgaande jaren van de elfde klas al sprake geweest van intellectueel leren of is er te weinig doorleefd opgenomen door de leerlingen, dan ontstaat interesseloosheid of een gevoelloze kennisdrang. Het intellect komt dan te weinig of te eenzijdig tot ontwikkeling. De beleving van een innerlijke vrijheid, van waaruit men tot inzicht in zichzelf en de wereld kan komen, wordt dan gedooft. De beleving een geestwezen te zijn met persoonlijke mogelijkheden tot inzicht en ontwikkeling kan op de leeftijd van de 11e klasser ontstaan, wanneer het intellect van buitenaf wordt aangesproken, maar in de eigen ziel de aanleiding vindt om denkend de natuur, de mens en de kosmos te doorgronden.

In de huidige tijd zien we duidelijke tendensen in de richting van interesseloos, op het gemak gericht gebruik van techniek. Aan de ene kant ontstaat er geen verhouding met de apparatuur waarmee omgegaan wordt, terwijl anderzijds de mens steeds meer gegrepen wordt door een liefdeloze begeerte naar kennis. Beide eenzijdigheden beperken de ontwikkeling van datgene waar het eigenlijk om gaat, namelijk dat de mens in zichzelf ontwaakt, zich vindt in zijn eigen zieleontwikkeling en deze tevens stuurt.

In deze tijd loopt de mens het gevaar dat zijn ziel zich ongeïntegreerd ontwikkelt in drie extreme richtingen van:

- de stuurloze wil die zich uit in zinloos geweld of brute seks;
- het leven in en handelen naar gevoelsillusies;
- het liefdeloze wijsheidszoeken.

De achter deze eenzijdigheden schuil gaande krachten van het willen, voelen en denken moeten zich ontplooiën en kunnen niet worden ontlopen, maar de ontwikkeling ervan zal in rechte banen moeten worden geleid. Dit thema kan zich vanaf de puberteit als een nieuw levensprincipe in de ziel gaan manifesteren, wat iets anders is dan een op het ego

\* Rudolf Steiner: *Menskunde en opvoeding*.

gerichte overlevings- en geldingsdrang, die er ook moet zijn. Het biedt de mogelijkheid het geestelijke te beleven, de eigen levensweg samen met anderen te vinden en de geldingsdrang om te vormen tot liefde.

In klas 9 t/m 12 wordt de lesstof in toenemende mate op de beschreven ontwikkeling gericht. Zo wordt in de 11e klas in de Parcival-periode de blik gericht op de zoekende, op weg zijnde mens, die door aangeleerde gedragsregels en geldingsdrang heen zijn bestemming vindt. Hij maakt daarbij een reis door alle regionen van de ziel.

Voor de 11e klasser gaat de wereld in zijn wijdheid open, maar ook ongekende diepten en eenzaamheid doen zich gelden. Dit wordt in het leerplan tegemoetgetreden door periodes cartografie, astronomie en Parcival. In de natuurkundeperiode wordt een op Parcivals zoektocht gelijkende reis gemaakt door regionen van de natuur, die nieuw zijn en waar de mens nog geen vaste grond onder de voeten heeft om deze fenomenen te doorgronden en te hanteren. De onderwerpen die aan bod komen zijn elektriciteit, magnetisme en radioactiviteit. Het gaat er niet alleen om de laatste technische ontwikkelingen globaal te bespreken, maar vooral om de leerlingen een begrip en gevoel mee te geven van het wezen van deze natuurkrachten. Wat dit laatste aangaat staan we als leerkrachten ook nog in de kinderschoenen, maar een poging hiertoe zou in alle eerlijkheid toch ondernomen moeten worden. Wanneer de leerkracht zelf zoekende is naar de samenhang tussen natuur en mens, dan werkt dat des te sterker op de leerlingen naarmate de leraar hier intensiever mee bezig is. Een heel mooie, oud-chassidische spreuk geeft dit als volgt weer: "De leraar geeft zijn verleden aan de leerling over de grenzen van diens geboorte, de leerling geeft zijn toekomst aan de leraar over de grenzen van diens dood."

## **1.2 Periode-opbouw en methodiek**

De opzet en indeling van deze periode is meestal sterk afhankelijk van de leerkracht. Vaak wordt de lesstof van de 8e en 9e klas nogmaals behandeld, maar dan systematisch qua opbouw van begrippen. Deze aanpak is dan ook heel wezenlijk voor de 11e klas. Concentreerde de lesstof zich in de 8e en vooral 9e klas rond de technische toepassing, in de 11e klas zou men met de natuurlijke elektrische, magnetische en radioactieve processen kunnen beginnen en hierbij de bespreking van meetmethoden en begripsontwikkeling laten aansluiten. Men kan hierover veel feitenkennis opsommen, maar dan ontstaat het gevaar van interessante maar losstaande kennis. Deze natuurlijke processen zouden dan ook

steeds zo gepresenteerd moeten worden, dat er een samenhangende compositie ontstaat.

Soms wordt door leerkrachten wat de methodiek aangaat een onderscheid gemaakt tussen de analytische en de synthetische werkwijze. Wanneer men natuurfenomenen of techniek gaat bekijken past men als vanzelf de analytische methode toe: men probeert de afzonderlijke delen en basisfenomenen te onderscheiden. Een groot deel van de periode zal synthetisch van aard zijn, wanneer de leerkracht systematisch opbouwend de ene proef na de andere toont, om zodoende de samengestelde fenomenen te onderscheiden. De wetenschapper en de ontwerper/uitvinder volgen meestal tegengestelde wegen. Om nieuwe techniek te ontwikkelen moet de uitvinder/ontwerper de synthetische methode toepassen; zijn vraag is: "Hoe laat ik basisfenomenen op een nieuwe manier samenwerken?" De wetenschapper volgt de analytische methode: hij moet met uitsluiting van alle bijzaken de basis- of oerfenomenen ontdekken. Bij deze methode wordt het fenomeen steeds verder geïsoleerd door het denkend ontwikkelde inzicht; toch blijft het steeds verder geïsoleerde fenomeen in samenhang staan met de totaliteit van verwante verschijnselen. Lukt het echter niet deze samenhang te pakken, dan blijven de geanalyseerde fenomenen als losse onsamenhangende delen naast elkaar staan en kan men de betreffende stof beter eerst voor zichzelf laten rijpen alvorens hem in de klas te behandelen.

	<i>pedagogie/presentatie</i>	<i>onderzoeker/uitvinder</i>
synthetische methode	van basisfenomenen tot samengestelde fenomenen	ontwikkelen van nieuwe techniek, wiskundige axiomatische methode
analytische methode	natuurfenomenen en bestaande technieken	vinden van de basis- of de oerfenomenen, wiskundig bewijs

Zoals Goethe zijn kleurenleer opbouwde, zo zou ook deze periode opgebouwd kunnen worden. Hij ging uit van de mens (bijvoorbeeld met de zogenaamde nabeelden) en via de kleurverschijnselen in de mens (bijvoorbeeld de kleuren in troebele media) kwam hij weer terug bij de mens (de morele werking van de kleuren op de mens). Hij begint dus bij de uiterlijke mens en eindigt bij de innerlijke mens. Wanneer deze periode aangevangen wordt met de elektrische, magnetische en radioactieve verschijnselen in mens en natuur, en aansluitend de kunstmatige (technische) elektromagnetische en radioactieve fenomenen beschreven worden, dan komen we via het beschrijven van de gestiek van deze fenomenen

weer terug bij de mens, omdat dit laatste immers een vergelijking met het menselijke inhoudt. Men begint dus bij de uiterlijke mens en gaat via het natuurfenomeen naar het oerfenomeen en vervolgens naar het technisch samengestelde fenomeen, dus steeds verder in de abstractie en gedifferentieerdheid, om vervolgens in de inleefbare en herkenbare gestiek in de eigen ziel houvast te vinden en de fenomenen in enige mate wezenlijk te doorgronden. Deze boog hoeft niet het geheel van de periode te omvatten, maar kan per thema nagestreefd worden.

Bij het elektromagnetisme, maar ook bij de radioactiviteit, is men gedwongen om het denken zo aanschouwelijk mogelijk aan te spreken. Deze fenomenen dwingen de mens om te verinnerlijken. Het modeldenken, dat zo sterk een stempel drukt op dit gebied van de natuurkunde, is hiervan een voorbeeld, omdat dit een zeer sterk beroep doet op het voorstellingsvermogen. Het roept tevens de noodzakelijke verinnerlijking een halt toe, omdat aan de tastwereld ontleende zintuigervaringen in de abstractie worden gevoerd. Een voorbeeld hiervan is het deeltjesbegrip. Veel wordt gesproken over de basiskrachten van de natuur, maar tegelijkertijd wordt de ervaring van deze krachten en het denkend aanschouwen ervan door de gehanteerde methode verhinderd. Een fenomenologische methode die deze weg openhoudt zou ontwikkeld kunnen worden. Zo'n methode krijgt men echter niet cadeau, maar kan alleen ontwikkeld worden wanneer de leerkracht niet alleen verbonden is met zijn werk, maar ook bereid is tot zelfscholing.

Sinds de mens vanaf de ontdekking van de Volta-zuyl rond 1800 de elektriciteit praktisch/technisch exploreert, is de bewustwording en ontwikkeling tot wereldburger vrijwel hand in hand gegaan met de elektrotechnische ontwikkelingen. Het wetenschappelijke denken is sterk geënt gebleven op het wiskundig-modelmatig denken. De mens blijft hierdoor in zijn voorstellingen gevangen en kan zich niet verbinden met de werkelijke krachten in deze fenomenen. Voor de verdere ontwikkeling van de mens is van belang, dat twee elkaar complementerende aspecten tot hun recht komen: de "levenskunde" en de "wezenskunde". In het reguliere onderwijs heeft het werken met de levenskunde van de alledaagse toepassing een hoge vlucht genomen, met het accent op de mens als sociaal en economisch wezen. De Vrije Scholen onderschrijven de waarde van dit uitgangspunt, maar zien het als de ene zijde. Ook de in de wezenskunde vervatte morele ontwikkeling van de mens behoeft serieuze aandacht, gezien het appèl dat de technische ontwikkelingen doen op ethische overwegingen (kernbommen, chemische oorlogvoering, genetische manipulatie, enz.).

De elektromagnetische fenomenen spreken zich uit in polariteiten. Plus/min en noord/zuid zijn absolute tegenstellingen. Deze tendensen

blijken zich maatschappelijk gezien ook sterker te ontwikkelen, terwijl er tegelijkertijd verlangd wordt naar vrede en eenheid. Tegenstellingen die het maatschappelijke leven uithollen zijn bijvoorbeeld ideologie en macht, of begeerte en genot. In de begeerte wordt alles op alles gesteld om deze te bevredigen en de eventueel blijvende bevrediging veilig te stellen. In het genot wordt de omgeving vergeten. Dit kan zover gaan dat men opgaat in een roes van onafhankelijkheid of onverantwoord gedrag. Het zal blijken dat de elektromagnetische techniek en genoemde maatschappelijke ontwikkelingen een overeenkomstige signatuur hebben. Wanneer men deze thematiek ook een plaats in de periode kan geven, is men weer bij de mens aangeland en heeft men een methodische weg gegaan, die integratie in plaats van polarisatie teweeg brengt. Hygiënisch voor de tegenwoordige zieleontwikkeling lijkt ons om de grootste polariteiten te integreren en er zelf als leidsman midden in te staan. Omdat deze periode de leerlingen in extreme polariteiten kan voeren, kan een geëigende behandeling hiervan bijdragen aan de psychische ontwikkeling van de leerlingen.

De tekst is als volgt opgebouwd. In hoofdstuk 2 wordt aan de hand van een exemplarische waarnemings- en begripsopbouw duidelijk gemaakt hoe men in een 11e klas het onderwerp elektriciteit zou kunnen behandelen in de concrete lessituatie. In hoofdstuk 3 worden verschillende deelthema's systematisch uitgewerkt. De deelthema's zijn daarbij zo in paragrafen gerangschikt, dat een rode draad wordt gevolgd die leidt van de elektrische en magnetische oerfenomenen naar de principes van zender en ontvanger. In hoofdstuk 4 volgen dan enkele toepassingen, waarna in het afsluitende hoofdstuk 5 ideeën en gezichtspunten gegeven worden die voor de docent als achtergrond kunnen dienen en tot eigen onderzoek kunnen aanzetten.

Opgemerkt moet nog worden dat de omvang van dit boek dwong tot selectie. Een aantal thema's die in deze periode thuishoren, zoals de radioactieve verschijnselen, de halfgeleiders, het foto-electrische effect en de elektrische en magnetische verschijnselen in de natuur, komen daardoor niet aan bod. Ook de elektrische verschijnselen in vloeistoffen worden slechts kort aangestipt.

De elementen van de periode kunnen in de volgende opsomming worden samengevat:

1. elektrische en magnetische fenomenen in mens, natuur en kosmos;
2. basis- of oerfenomeen (elektrisch en magnetisch veld, gesloten kring);
3. samengestelde proeven (spoel en condensator, vonkenzender, telecommunicatie);
4. technische toepassingen (zender, elektronenmicroscop, t.v., lamp, massaspectrometer, fotocel);

5. gestiek van elektriciteit/magnetisme;
6. maatschappelijke effecten;
7. wetenschapsmethoden (aanzet, een uitbreiding hiervan kan volgen in klas 12);
8. practicum (bijvoorbeeld spoel, condensator, a.m.ontvanger);
9. excursie (kerncentrale, geautomatiseerde productie, montage- of distributiebedrijf).