

## 1. INLEIDING

### 1.1 Natuurkunde in de 10e klas

In de natuurkundeperiodes die van jaar tot jaar gedurende drie tot vier weken gegeven worden, springt de 10e klas periode eruit door het feit dat de lesstof sterk geënt is op de wiskundig abstracte beschrijving. De keuze van de lesstof berust in het Vrije Schoolonderwijs op de antroposofische ontwikkelingspsychologie van de opgroeiende mens. Zie deel I, hoofdstuk 1 en 2. Voor de 10e klas (de leerlingen zijn dan ongeveer 16 jaar) betekent dit dat het spanningsveld tussen gevoel en verstand het strijdtoneel is waarop het leerproces plaatsvindt. In de gevoelsbeleving verbindt de mens zich met zijn ervaringen, terwijl daar met het abstracte denken afstand van genomen wordt. Deze twee zieleactiviteiten in een ritmische afwisseling te oefenen vormt het ontwikkelingsthema van de 10e klas. De natuurkunde biedt daarbij met name gelegenheid om het abstracte denken te ontwikkelen, en wel aan de hand van het onderwerp mechanica: een gebied waar de mens zich van nature niet gevoelsmatig toe verhoudt. Andere onderwerpen, zoals warmte en licht, lenen zich hier minder voor, omdat de warmte- en lichtfenomenen sterker aan het gevoel appelleren c.q. tot beschouwing aanleiding geven.

Het aanspreken van denken, voelen en willen is op alle leeftijden van belang. In de 9e klas (14 à 15 jarigen) vindt dit plaats door de thema's warmte en elektriciteit te behandelen. De warmteverschijnselen zijn voor de mens direct beleefbaar, terwijl de elektromagnetische verschijnselen in eerste instantie ver van hem afstaan; beide bevatten een vorm van polariteit. Met het intreden van de puberteit vindt er een duidelijke differentiatie in de zielestructuur van de opgroeiende mens plaats in twee polaire richtingen. Het intellectuele denken ontwaakt, maar tevens wordt de puber gevoelig voor zijn eigen wilsintenties en ontwaakt het geslachts- en driftleven. De oordeelsvorming laveert tussen die twee uitersten.

In de loop van de 10e klas komt deze differentiatie tot een zekere afronding. Nadat in de 9e klas de nadruk lag op de polariteit van denken en doen, ontwikkelt het voelen zich nu zodanig dat het zich met deze beide kan gaan verbinden. Een nieuw gevoel voor schoonheid ontstaat als het gevoel zich met het handelen verbindt. Als bijvoorbeeld bij het maken van een werkstuk het handelen wordt doorvoeld, dan ontstaat in de ziel de behoefte het esthetische element te verzorgen. Het oordeelsvermogen ontwikkelt zich doordat voelen en denken op elkaar betrokken worden. Er ontstaat een differentiatie tussen verstand en gemoed. Men kan ook zeggen dat het willend-denkende aspect en het voelend-inlevende aspect in de ziel naast elkaar komen te staan. Beide vragen om ontwikkeling. Binnen het pro-

gramma van de 10e klas vindt een doelbewuste afwisseling plaats tussen vakken als nederlands (poëzie) en geschiedenis (oude culturen), waar vooral aan het voelende/belevende vermogen van de leerlingen wordt geappelleerd, en vakken als natuurkunde (mechanica), aardrijkskunde (weerkunde) en scheikunde (kristallografie) die meer het willen en denken aanspreken.

## 1.2 Periodeopbouw

De mechanicaperiode zou, in aansluiting op de ontwikkelingspsychologische overwegingen die hiervoor uiteengezet zijn, drie thema's kunnen omvatten:

*kinematica (+ geluid) - statica - dynamica*

De kinematica of bewegingsleer is verwant aan het voorstellingsleven van de mens, terwijl de statica of evenwichtsleer van krachten meer verwant is aan het spier- en ledematenstelsel. Krachten zijn niet voorstelbaar, maar alleen ervaarbaar, zoals wij ons er ook niet van bewust zijn hoe onze wil tot stand komt, maar deze wel ervaren. Het verloop van een gedachtengang echter kunnen wij bewust volgen. Zo kan ook een zuiver bewegingsvraagstuk geheel denkend, vanuit de voorstelling, worden opgebouwd. Steiner bespreekt in zijn eerste natuurwetenschappelijke cursus\* het voorbeeld van het foronomische bewegingsparallellogram versus het krachtenparallellogram. Ook hier komt deze tegenstelling overeen met de polariteit tussen de voorstellende activiteit van het denken en de activiteit van de wil in de stof. De dynamica is een combinatie van beweging en kracht. Menskundig laat dit thema zich vergelijken met het voelen van de mens dat tussen denken en willen in staat. Antipathie en sympathie, als hoofdgebaren van het gevoelsleven, zijn ook verwant aan denken en willen. Zoals het voelen een brugfunctie heeft tussen denken en doen, zo slaat de dynamica de brug tussen kinematica en statica.

natuurkundig:

*kinematica*  
 ↑  
*dynamica*  
 ↓  
*statica*

menskundig:

*voorstellen, denken*  
 ↑  
*voelen*  
 ↓  
*handelen, willen*

\* Rudolf Steiner: *Geisteswissenschaftliche Impulse zur Entwicklung der Physik* (1. naturwissenschaftlicher Kurs).

De periode kan men het beste beginnen met wat voor de leerlingen het meest toegankelijk is: de kinematica (en eventueel geluidsleer), maar beperking is hier aan te bevelen. De praktijk is vaak dat er op de kinematica teveel nadruk wordt gelegd, ten koste van met name de dynamica. Vanuit de hiervoor genoemde overwegingen is het echter juist van essentieel belang dat de polariteit beweging-kracht aan de orde komt, alsmede het samengaan van beide in de dynamica. De tegenstelling van bewustzijn en materie die hiermee samenhangt is te wezenlijk om in de periode niet tot zijn recht te laten komen. Steiner wijdt nog geen jaar na de eerste natuurwetenschappelijke cursus een tweede voordrachtenserie aan dit thema\*, niet omdat dit zo'n interessant wetenschappelijk onderwerp is, maar omdat de tijd vraagt om begrippen en voorstellingen die de relatie tussen mens en natuur herstellen.

Het voorstellende denken van de mens hangt nauw samen met het zien. Zoals de ogen een lichtwereld buiten ons waarnemen, zo neemt ons denken een geestelijke lichtwereld waar. Voor zover ons denkende bewustzijn zich naar buiten richt en zich verbindt met wat de zintuigen ons aanbieden, vindt dit vooral via de ogen plaats. Daartegenover staat dat de mens zich lichamelijk nauwelijks gewaar wordt. Van het spiersysteem en de orgaanprocessen zijn we ons volledig onbewust, terwijl ons hele lichaam drager van ons bewustzijn is.

Als kijkend wezen leven wij in de ruimte, waar alles zich naast elkaar afspeelt, maar de processen in ons lichaam en in de aarde blijven ons grotendeels verborgen. Natuurlijk kunnen we de aarde en ons lichaam waarnemen, maar we blijven toch buiten de dingen, zoals ook het licht ons alleen de buitenkant van de dingen laat zien. Wil men toch in de stoffelijke wereld doordringen, dan gaat dit gepaard met bewustzijnsverlies: wanneer er teveel druk of een te harde stoot op ons lichaam plaatsvindt kan volledige bewusteloosheid optreden. Via het tasten kunnen we de stoffelijke hoedanigheid van een voorwerp, plant, dier of mens in zijn lichamelijke waarnemen, maar het bewustzijn van deze gewaarwording is dof. Materie zuigt het bewustzijn weg, licht roept het bewustzijn op. Leven in het licht, in kleurgeschakeerde beelden en in beweging, is voor ons vanzelfsprekend. Afdalen in het gebied van de materie en krachten is moeizaam voor de mens. Steiner geeft in beide bovengenoemde voordrachtenreeksen aan, dat door een versterkt en verdiept bewustzijn te ontwikkelen de mens zichzelf kan doorgronden en daarmee de mogelijkheid verwerft om werkelijk in de natuur door te dringen en in een wereld van krachten en processen staande te

\* Rudolf Steiner: *Geisteswissenschaftliche Impulse zur Entwicklung der Physik* (2. naturwissenschaftlicher Kurs).

blijven. Dan is de brug geslagen tussen het voorstellende bewustzijn en de ondoorgroendelijke natuur.

Door beide thema's, bewegingsleer en krachtenleer, naar hun wezen te karakteriseren en te behandelen wordt een bijdrage geleverd aan de verdere ontwikkeling van de mens in deze tijd. In zekere zin is de 10e klasser qua ontwikkeling aangekomen op het ontwikkelingsniveau van de huidige mensheid. Het opgroeiende kind doorloopt in bepaald opzicht de ontwikkelingsfasen van de vroegere mensheid en komt op zestienjarige leeftijd op het huidige mensheidsniveau aan. De 10e klasser lijkt dan ook geschikt om de maatschappij in te trekken, maar de capaciteiten om aan de toekomst van mens en maatschappij te werken sluimeren nog. In de 11e en 12e klas ontwaakt het ideaalbeeld "mens", waardoor de leerlingen vaardigheden en een innerlijke houding kunnen ontwikkelen om mee te werken aan maatschappelijke omvormingen. Hier komt de maatschappelijke taak naar voren die in de pedagogie verscholen ligt: het actualiseren van de intenties die leerlingen meebrengen. Door juist op de leeftijd van de 10e klasser de polariteit van beweging en kracht, van bewustzijn en materie, te behandelen worden toekomstkrachten gewekt, omdat in vele leerlingen in deze tijd de intentie leeft tot zelfkennis te komen en de processen in de wereld van binnenuit te benaderen. Nogmaals schematisch deze polariteit in zijn diverse aspecten:

<i>beweging</i>	<i>bewustzijn</i>	<i>zintuigen</i>	<i>oog</i>	<i>zien</i>	<i>licht</i>	<i>ruimte</i>
⇕	⇕	⇕	⇕	⇕	⇕	⇕
<i>kracht</i>	<i>materie</i>	<i>ledematen</i>	<i>spier</i>	<i>tasten</i>	<i>gravitatie</i>	<i>aarde</i>

Tussen deze twee polen staat de dynamica. Die verbindt beide. In de periode is de dynamica het beeld voor het midden, waar de ontwikkeling van de mens uiteindelijk in kan culmineren. In de dynamica wordt het hoogste begrip uit de bewegingsleer, de versnelling, verbonden met het diepste begrip uit de stofwereld, de massa. De dynamica vormt de kroon op het periodethema.

Bij een periodeduur van vier weken is onderstaande indeling een werkbaar uitgangspunt:

- 1e week: Bewegingsleer: rechte, rondgaande en ritmische beweging.
- 2e week: Voortzetting bewegingsleer: vrije val en versnelde beweging.
- 3e week: Krachtenleer, momenten.
- 4e week: Dynamica, kracht, versnelling en massa.