

KU Leuven - Rob Stevens

# INDUSTRIËLE WETENSCHAPPEN

derde graad tso

BRUSSEL

D/2016/13.758/013

September 2016

(vervangt leerplan D/2012/7841/046)



## Inhoudsopgave

<b>1</b>	<b>Inleiding en situering van het leerplan .....</b>	<b>3</b>
1.1	Inleiding .....	3
1.2	Plaats in de lessentabel .....	4
<b>2</b>	<b>Beginsituatie en instroom .....</b>	<b>5</b>
<b>3</b>	<b>Logisch studietraject .....</b>	<b>6</b>
<b>4</b>	<b>Christelijk mensbeeld .....</b>	<b>7</b>
<b>5</b>	<b>Samenhang en opbouw .....</b>	<b>9</b>
5.1	Structuur van het leerplan.....	9
5.2	Leerlijnen .....	10
<b>6</b>	<b>Algemene pedagogisch-didactische wenken.....</b>	<b>12</b>
6.1	Taalbeleid.....	12
6.2	Mogelijke organisatievormen .....	13
6.3	Onderzoekend en probleemoplossend leren .....	13
6.4	Evaluatie .....	17
<b>7</b>	<b>Algemene doelstellingen .....</b>	<b>19</b>
7.1	Strategieën.....	19
7.2	Kennis, vaardigheden en inzichten .....	19
7.3	Attitudes .....	20
<b>8</b>	<b>Leerplandoelstellingen.....</b>	<b>21</b>
8.1	Toegepaste wetenschappen .....	21
8.2	Engineering .....	30
<b>9</b>	<b>Geïntegreerde proef (GIP).....</b>	<b>38</b>
<b>10</b>	<b>Minimale materiële vereisten .....</b>	<b>39</b>
10.1	Algemeen.....	39
10.2	Infrastructuur.....	39
10.3	Materiële en didactische uitrusting .....	39
<b>11</b>	<b>Bijlage: Begrippenkader .....</b>	<b>41</b>
11.1	Leerplanbegrippen .....	41
11.2	Begrippen gebruikt in doelstellingen.....	42

# 1 Inleiding en situering van het leerplan

*Het leerplan voor de 3de graad Industriële wetenschappen bouwt verder op het leerplan van de 2de graad Industriële wetenschappen. Om de continuïteit van de leerlijn te garanderen, is het zinvol ook het leerplan van de 2de graad door te nemen. Overleg met de vakwerkgroep Industriële wetenschappen van de 2de graad waarborgt eveneens een vlotte overgang van de 2de naar de 3de graad.*

## 1.1 Inleiding

De studierichting Industriële wetenschappen wil zich profileren als een richting met een sterk abstraherende benadering van kennis, gekoppeld aan een uitgebreide inkleuring vanuit diverse technisch-technologische en wetenschappelijke invalshoeken. Ze wil leerlingen breed vormen in functie van een weloverwogen keuze bij het doorstromen naar het academisch hoger onderwijs.

Centraal in deze studierichting staat de technisch-theoretische vorming. Op een onderzoekende manier verwerft de leerling de noodzakelijke transfereerbare kennis, vaardigheden, inzichten en attitudes. De leerlingen maakten binnen de 2de graad al kennis met het technisch-technologisch proces. De leerling leerde onder begeleiding fysische verschijnselen te onderzoeken aan de hand van de wetenschappelijke methode en een wiskundig onderbouwde benadering. Die geformuleerd wetenschappelijke wetmatigheden paste hij toe in technische processen en technologische opstellingen.

Specifiek voor de 3de graad beklemtoont dit leerplan het groeien naar meer zelfstandigheid in het onderzoekend en probleemoplossend leren en het ontwikkelen van specifieke competenties. De doelstellingen in de derde graad zijn dan ook georiënteerd op het maken van keuzes en het nemen van beslissingen bij productie, verwerking, en beheer.

Dat onderzoekende en probleemoplossende aspect, wordt gedacht vanuit een wetenschappelijk en wiskundig onderbouwde benadering en afgetoetst binnen diverse technisch-technologische domeinen van engineering. De verworven transfereerbare kennis, inzichten en attitudes worden dan in concrete productrealisaties toegepast en uitgediept.



De studierichting heeft in de 3de graad volgende focus: *Kennis, inzichten, vaardigheden en attitudes* verwerven om:

- *door te stromen naar het academisch hoger onderwijs;*
- *te handelen vanuit een onderzoekende, probleemoplossende en teamgerichte aanpak;*
- *de verworven kennis en vaardigheden op een gestructureerde technisch-technologische en wetenschappelijk wijze te toetsen aan het werkingsprincipe of de vormgeving;*
- *technisch-technologische en wetenschappelijke fenomenen te bestuderen en deze wiskundig te onderbouwen;*
- *kenmerken van technisch-technologische en wetenschappelijke fenomenen te analyseren en te synthetiseren;*
- *de impact van technisch-technologische en wetenschappelijke fenomenen op engineering te bestuderen en te duiden.*

In navolging van de werkwijze uit het leerplan Industriële wetenschappen van de 2de graad en in functie van de doorstroming naar het academisch hoger onderwijs wordt een verwevenheid van “wetenschap”, “technologie”, “engineering” en “wiskunde” nagestreefd → STEM (science, technology, engineering, mathematics).

## 1.2 Plaats in de lessentabel

Dit leerplan bestrijkt het specifieke deel van de gehele vorming. Overleg met andere vakwerkgroepen vergroot de transfer van het geleerde naar meerdere en bredere contexten.

Om een goed overzicht te krijgen van de plaats van dit leerplan binnen het geheel van de vorming, verwijzen we naar de lessentabel op de website van het [Katholiek Onderwijs Vlaanderen](#). Deze lessentabel is slecht richtinggevend en kan verschillen van de lessentabel die op school gehanteerd wordt.

## 2 Beginsituatie en instroom

Leerlingen die starten in de 3de graad Industriële wetenschappen hebben een wiskundig-wetenschappelijke en technologische interesse en zijn gemotiveerd om onderzoekend en probleemoplossend te werk te gaan.

- Leerlingen stromen hoofdzakelijk in vanuit de **2de graad Industriële wetenschappen**. Deze leerlingen hebben volgende specifieke kennis en vaardigheden verworven:
  - basiskennis op wiskundig en wetenschappelijk vlak;
  - basiskennis op technisch-technologisch vlak;
  - begeleid (zelfstandig) uitvoeren van experimenten/observatieopdrachten;
  - hanteren van meetapparatuur;
  - basis van inzichtelijk en innovatief denken;
  - basiskennis conceptueel ontwerpen;
  - basiskennis van automatiseringsprocessen.

Hierop wordt in de 3de graad Industriële wetenschappen verder gebouwd. Het is belangrijk dat deze leerlingen voldoende uitgedaagd worden en een aanbod krijgen dat inspeelt op hun intrinsieke interesse en motivatie.

- Leerlingen die instromen uit **andere studierichtingen**, meestal uit richtingen met een wiskundig-wetenschappelijke insteek, zullen - afhankelijk van hun voorkennis - op technisch-technologisch vlak wellicht een inhaalbeweging moeten maken.

Om de gedifferentieerde beginsituatie van de leerlingen goed te kennen, vormen de leerplannen van de 2de graad een goed referentiekader.

Het is belangrijk om deze leerlingen voldoende tijd en ruimte te geven zodat zij zich op alle vlakken bij kunnen werken. Het optimaliseren van dit leerproces behoort tot de verantwoordelijkheid van het gehele lerarenteam.

### 3 Logisch studietraject



*Dit schema geeft een beperkt aantal studierichtingen weer binnen de 2de en de 3de graad.*

Het is de bedoeling dat de leerling na de 3de graad zijn studies verder zet. De meest voor de hand liggende vervolgopleiding in het hoger onderwijs zijn de richtingen Ingenieurswetenschappen en Industriële wetenschappen. De leerling heeft ook tal van mogelijkheden in diverse bacheloropleidingen van academisch niveau en diverse professionele bacheloropleidingen.

## 4 Christelijk mensbeeld

De realisatie van dit leerplan vindt zijn fundament in een katholiek geïnspireerd mens- en wereldbeeld. Om onze christelijke identiteit uit te bouwen en open te staan voor de aanwezige diversiteit willen we Industriële wetenschappen zien als een studierichting waarbij de dialoog centraal staat. Openheid en ontvankelijkheid voor diversiteit en de relatie aangaan met 'de andere' en 'het andere' is de werkplaats voor de (verdere) vorming van identiteit, zowel op persoonlijk als op professioneel vlak.

Binnen de school- en klascontext weet de leraar die pluraliteit als beginsituatie positief in te schatten en te benutten door belevingskansen te creëren in het dagelijkse school- en klasgebeuren. Deze vorming kent geen begin noch een eindpunt. De mens is altijd in wording, op zoek naar zijn eigen levensplan en geluk.

We streven de vorming van de totale persoon na met maximale groeikansen voor elke leerling. Op die manier ontstaat er voor de leerling ruimte om als unieke persoon in de wereld te komen en kan hij optimaal participeren en mee vorm geven aan de samenleving van de toekomst. Deze mensvisie bepaalt de keuzes die we als school en in onze klassen maken. Ze bepaalt hoe de leraar naar de leerling en zijn leerproces kijkt.

Geïnspireerd door deze missie helpen we de leerlingen onderstaande waarden na te streven:

<b>De mens is uniek, is mens-in-wording</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• <i>zelfontplooiing;</i></li><li>• <i>geloof in eigen kunnen;</i></li><li>• <i>verantwoordelijkheid opnemen;</i></li><li>• <i>het maken van ethische keuzes.</i></li></ul>
<b>Verbondenheid met zichzelf</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• <i>zorg dragen voor zichzelf: lichaamsverzorging, mentaal evenwicht ...;</i></li><li>• <i>het ontwikkelen van een positief zelfbeeld;</i></li><li>• <i>omgaan met emoties (stress, tegenslag, succes ...);</i></li><li>• <i>zelfstandigheid;</i></li><li>• <i>doorzetten en kwaliteitsstreven.</i></li></ul>
<b>Verbondenheid met anderen</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• <i>zorg dragen voor elkaar: solidariteit, groepsgevoel ...</i></li><li>• <i>omgaan met emoties en gevoeligheden van anderen (empathie);</i></li><li>• <i>samen leren en werken: collectief belang boven individueel belang;</i></li><li>• <i>samen leven: respect voor elkaars normen, waarden en overtuigingen;</i></li></ul>



<b>Verbondenheid met de wereld</b>	<i>met de natuur</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>respectvol omgaan met materialen, grondstoffen, de omgeving;</i></li> <li>• <i>zorg dragen voor leven, milieu (sorteren en recycleren ) en klimaat (duurzaamheid);</i></li> </ul>
	<i>met de samenleving</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>aandacht voor zorg en inclusie in de samenleving;</i></li> <li>• <i>politieke, economische en culturele bewustwording;</i></li> <li>• <i>inzicht in de kansen en beperkingen van een pluriforme samenleving;</i></li> </ul>
	<i>in het dagelijks leven</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>ethische reflectie op</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ <i>het inzetten en het gebruik van nieuwe technologieën;</i></li> <li>○ <i>mechanismen van media en communicatie;</i></li> <li>○ <i>maatschappelijke problemen/behoefte vanuit een levensbeschouwelijk perspectief;</i></li> </ul> </li> </ul>
	<i>in ruimte en tijd</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>inzicht in het belang van het verleden (cultureel, wetenschappelijk en biotechnisch) voor het individu en de samenleving in het hier en nu.</i></li> </ul>
<b>Verbondenheid met het spirituele</b>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>beleving van het leven als:</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ <i>gave en opgave;</i></li> <li>○ <i>een uniek gegeven;</i></li> </ul> </li> <li>• <i>beleving van het levensbeschouwelijke als:</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ <i>inspiratiebron en drijvende kracht;</i></li> <li>○ <i>betekenis gevend kader;</i></li> </ul> </li> </ul> <p style="text-align: center;"><i>... voor individu en samenleving.</i></p>

Met het oog op de realisatie van dit mensbeeld draagt dit leerplan uitdrukkelijk kansen in zich. Het onderzoekend leren en het probleemoplossend denken bieden samen met het werken aan engineeringprojecten mogelijkheden om deze waarden te integreren in een benadering die dieper gaat dan het maken van zuiver wetenschappelijke, technisch-technologische of economische keuzes.



## 5 Samenhang en opbouw

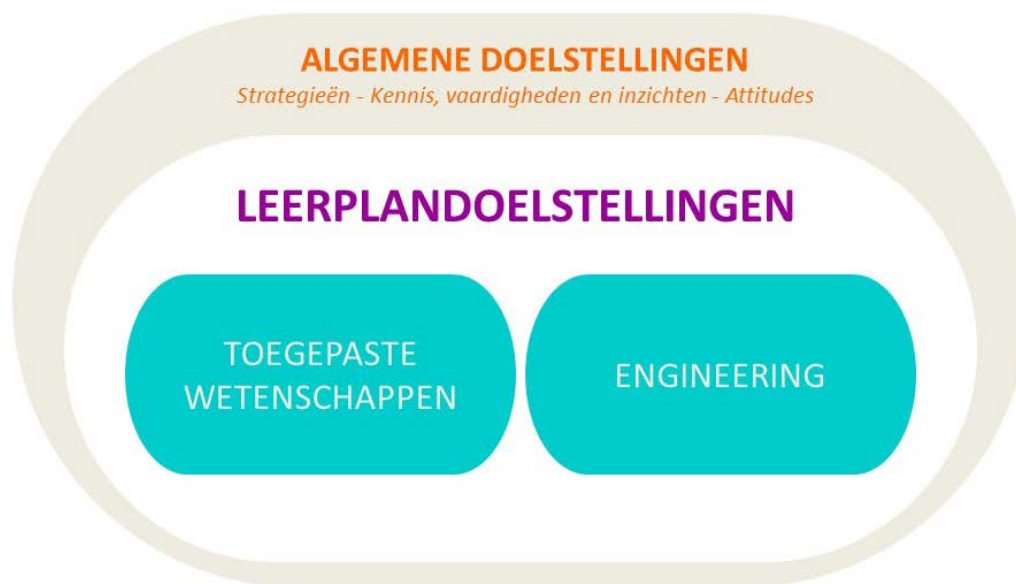
### 5.1 Structuur van het leerplan

Dit leerplan bestaat uit algemene doelstellingen, opgedeeld in 3 rubrieken:

- *strategieën*;
- *kennis, vaardigheden en inzichten*;
- *attitudes*.

Deze doelstellingen vormen het generieke kader waarbinnen contexten zich situeren en de leerplandoelstellingen ondergebracht worden.

We onderscheiden leerplandoelstellingen *Toegepaste wetenschappen* en leerplandoelstellingen *Engineering*. Waar beide met elkaar interfereren kunnen interessante contexten zich aandienen en wordt de transfer van kennis en vaardigheden vergroot. Dit geeft voor het leerplan de volgende structuur:



#### Relaties met de vakken van de basisvorming

Bepaalde leerinhouden hebben een vakoverschrijdend karakter. Dergelijke leerinhouden kunnen dan ook vakoverschrijdend worden aangebracht. Het is wenselijk om het gehele lerarenteam, in het bijzonder de STEM-leraren (science, technology, engineering, mathematics), te betrekken bij de spreiding van de leerinhouden doorheen het schooljaar zodat verwante leerinhouden uit verschillende leerplannen optimaal op elkaar aansluiten.

## 5.2 Leerlijnen

		EERSTE GRAAD	TWEEDE GRAAD	DERDE GRAAD
	<b>Centraal</b>	technisch proces	technisch-technologisch proces	technisch - technologisch proces & wetenschappelijke methode
	<b>Kennis en inzicht</b>	geïntegreerd	toegepast /abstraherend	abstraherend
<b>Kiezen van de oplossing</b> (wetenschappelijke methode)	<i>observatieopdracht</i>	gestuurd	begeleid (zelfstandig) formuleren	Zelfstandig formuleren
	<i>hypothese</i>	zelfstandig	Zelfstandig	zelfstandig
	<i>analyse</i>	begeleid	begeleid	zelfstandig
	<i>validatie</i>	Begeleid	Zelfstandig	zelfstandig
	<i>conclusie</i>	begeleid	Zelfstandig	zelfstandig
	<b>Uitvoering onderzoeksproces</b>	begeleid	begeleid (zelfstandig)	zelfstandig (begeleid)
	<b>Ingebruikname</b>	Begeleid	begeleid (zelfstandig)	zelfstandig
	<b>Evaluatie</b>	begeleid	Begeleid (zelfstandig)	zelfstandig
	<b>Rapporteren</b>	begeleid	Begeleid (zelfstandig)	zelfstandig

## Legende

*Observatie: formuleren van de onderzoeksvraag, vastleggen van criteria.*

*Hypothese: verzamelen van mogelijke oplossingen.*

*Analyse: een oplossing uitwerken.*

*Validatie: afoetsen van de oplossing aan gestelde criteria.*

*Conclusie: evaluatie van de methode en resultaten.*

Geïntegreerd	inzichten in reële complexe situaties verwerven.
Toegepast / abstraherend	verschillende inzichten samenbrengen om tot een nieuwe oplossing in een reële situatie te komen.
Abstraherend	inzicht door redenering verkrijgen.
Gestuurd	de leerkracht neemt initiatief.
Begeleid	de leerkracht neemt samen met de leerling het initiatief.
Begeleid (zelfstandig)	de leerkracht neemt samen met de leerling het initiatief met groei naar zelfstandigheid.
Zelfstandig (begeleid)	de leerling neemt zelf initiatief onder coaching van de leerkracht.
Zelfstandig	de leerling kan autonoom handelen. (leerkracht is evaluator en moet het proces/product bewaken)



## 6 Algemene pedagogisch-didactische wenken

*Voor een goed begrip van dit leerplannen is het zinvol om het leerplan van de tweede graad Industriële wetenschappen te lezen. Het begrippenkader achteraan in dit leerplan kan bijdragen tot een eenduidig gebruik van de gehanteerde terminologie.*

### 6.1 Taalbeleid

Omdat taalbeleid voor de hele school van belang is, wordt iedere leraar erbij betrokken. Werken aan een taalbeleid verhoogt immers de onderwijskwaliteit waardoor meer leerlingen het schoolcurriculum kunnen halen.

Intensief werken aan taal, zeker ook in niet-taallessen kan via taalgericht vakonderwijs. Met taalgericht vakonderwijs kiest de school voor een visie op ondersteuning en ontwikkeling van de taalvaardigheid van de leerlingen in functie van leren. Essentieel hierbij is dat de leerling centraal staat.

Taalgericht vakonderwijs staat voor een didactiek die gebruik maakt van het feit dat taal een belangrijke rol speelt bij het leren. Uitgangspunt is dat taal, leren en denken onlosmakelijk met elkaar zijn verbonden. Taalgericht vakonderwijs zoekt naar mogelijkheden om leren en taal aandacht te geven in de vaklessen. De vakinhoud staat voorop en daarover praat en schrijf je met elkaar in vaktaal. Aandacht voor taal betekent dan dubbele winst.

Taalgericht vakonderwijs is te omschrijven als **contextrijk** onderwijs, vol **interactie** en met **taalsteun**. De begrippen context en interactie zijn niet specifiek voor taalgericht vakonderwijs. Alle leraren werken met contexten en samenwerkend leren levert veel zinvolle interactie. Voor vaktaalleren is aandacht voor beide echter onmisbaar. Door de leerlingen daarbij op verschillende manieren taalsteun te geven, is het leerproces te optimaliseren.

Als we 'goed' onderwijs willen voor allen, dan is er aandacht voor (school)taal. Dat veronderstelt standaardtaal gebruiken, de juiste vaktermen toepassen (vaktaal), in de gepaste taal over de leerstof en het vak kunnen praten. In de lessen, bij taken en opdrachten komt daarbij ook de aandacht voor een heldere instructietaal.

Op school én in de les betekent dit dat er een werking wordt opgezet om de schoolse taalvaardigheid te verhogen, om de slaagkansen en de kwaliteit van het onderwijs te garanderen.

## 6.2 Mogelijke organisatievormen

Het raakvlak tussen de cluster Toegepaste wetenschappen en de cluster Engineering is groot. Beide clusters interfereren immers sterk met elkaar. De verwevenheid van deze clusters verdient bijzondere aandacht. Het staat de school, de vakwerkgroep en/of de leraar vrij hoe ze concreet met deze verwevenheid omgaat. De leeromgeving, de expertise van de leraren, de leerling en zijn klasgroep ... zijn kritische factoren in de keuze van de geschikte organisatievorm.

Om een idee te geven van de mogelijkheden, schetsen we twee verschillende organisatievormen. Uiteraard behoort ook elke tussenvorm tot de mogelijkheden.

- Men kan ervoor kiezen om de technisch-technologische, wetenschappelijke en wiskundige kennis integraal toe te wijzen aan de cluster Toegepaste wetenschappen en het ontwikkelen van competenties voor te behouden voor de cluster Engineering. In dat geval brengt men ook de aanvullende technisch-technologische, wetenschappelijke en wiskundige kennis, nodig om een probleem binnen een gekozen engineeringproject op te lossen, onder in de cluster Toegepaste wetenschappen. In deze organisatievorm wordt de keuze van de projecten hoofdzakelijk gedacht vanuit de leerplandoelstellingen Toegepaste wetenschappen.
- Men kan er ook voor kiezen om beide clusters te integreren. In dat geval vertrekt men van een probleem binnen een gekozen engineeringproject en koppelt er de (aanvullende) technisch-technologische, wetenschappelijke en wiskundige kennis aan die nodig is om het probleem op te lossen. De leerinhouden binnen de cluster Toegepaste wetenschappen worden dan in hoofdzaak bepaald door de gekozen projecten.

## 6.3 Onderzoekend en probleemoplossend leren

De algemene doelstellingen betreffende strategieën verweven zich doorheen de didactisch keuzes van de leraar o.a. bij het uitvoeren van experimenten (proeven, simulaties en/of gedachte-experimenten), observatieopdrachten, tijdens een onderwijsleergesprek ...

We onderscheiden 2 types van strategieën, nl. het onderzoekend leren en het probleemoplossend leren.

Om een idee te geven op welke manier invulling gegeven kan worden aan deze strategieën beschrijven we de **wetenschappelijke methode** bij het onderzoekend leren, en het **technisch-technologisch proces** bij het probleemoplossend leren. De pedagogisch-didactische wenken die daarbij geformuleerd worden, kunnen een ondersteuning zijn bij het toepassen van elk van deze methoden.



<b>ONDERZOEKEND LEREN</b> <i>De wetenschappelijke methode</i> <i>Leraar-gestuurd</i>	<b>PROBLEEMOPLOSSEND LEREN</b> <i>Het technisch-technologisch proces<sup>1</sup></i> <i>Leerling-gestuurd</i>
<b>ORIENTEREN</b>	<b>ANALYSEREN</b>
<p>Een onderzoeksvraag hanteren en indien mogelijk een verwachting of hypothese formuleren.</p>	<p>Een probleem ontleden en de noden vaststellen.</p>
	<b>VERBEELDEN</b>
	<p>Oplossingsmogelijkheden vooropstellen en bespreken met als doel een doordachte technische-technologische keuze te maken.</p>
	<b>PLANNEN</b>
	<p>Oplossingen visualiseren en verschillende bronnen raadplegen om zich te informeren en achtergrondkennis op te doen.</p>
<b>UITVOEREN</b>	
<p>Met een aangereikte methode een antwoord zoeken op de onderzoeksvraag.</p>	<p>Met een gekozen techniek een oplossing creëren/vormgeven en de functionaliteit ervan testen.</p>
<b>REFLECTEREN</b>	
<p>Over het resultaat van het experiment/observatieopdracht reflecteren.</p>	<p>Over het resultaat en de toegepaste oplossingen/methoden/materiaalgebruik ... reflecteren en indien nodig bijsturen door het hernemen van bovenstaande fasen in het proces.</p>
<b>RAPPORTEREN</b>	
<p>Over een experiment/observatieopdracht en het resultaat rapporteren.</p>	<p>Over een ontwerpproces en het resultaat rapporteren.</p>

<sup>1</sup> Gebaseerd op The Engineering Design Process

De leerlingen beschikken over de nodige vaardigheden om in toenemende mate van zelfstandigheid deze verschillende fasen te doorlopen. Afhankelijk van de individuele mogelijkheden en voorkennis van elke leerling kan het zinvol zijn een methode/techniek aan te reiken om de leerling op weg te zetten.

Aandachtpunten tijdens het **oriënteren/analyseren**:

- het hanteren van een onderzoeksvraag of het ontleden van een probleem is zelden een individuele opdracht. Vanuit het gesprek met anderen komt men tot een ruimer inzicht. Mogelijke oplossingsmethoden kunnen bijvoorbeeld in een brainstorm aangereikt worden;
- het formuleren van een hypothese of een mogelijke oplossing kan geïntegreerd worden in de lesdidactiek bv. bij demo-experimenten, leerlingexperimenten of observatieopdrachten; het opzetten van proefopstellingen, testopstellingen, redeneringen ...;
- het is belangrijk om bij de ontleding van een probleem in al zijn facetten dit te bekijken vanuit verschillende invalshoeken. In deze fase kan extra aandacht gaan naar het correct formuleren van het eigen standpunt en het beargumenteren ervan met respect voor ieders standpunt.

Tijdens het **verbeelden** kunnen verschillende vaardigheden aan bod komen bv.:

- een innoverende houding aannemen (denken);
- zin voor duurzaamheid en ecologie;
- technische keuzes maken;
- verschillende technologische invalshoeken bestuderen.

Tijdens het **plannen** kunnen verschillende vaardigheden aan bod komen bv.:

- opmaken van een planning;
- vastleggen, uitdiepen en borgen van relevante voorkennis;
- raadplegen van naslagwerken, literatuurstudie;
- efficiënt zoeken op het internet;
- het verifiëren van bronnen;
- meerdere bronnen raadplegen;
- analyseren en synthetiseren van de informatie.

Tijdens het **uitvoeren** van een onderzoek kunnen verschillende vaardigheden aan bod komen bv.:

- een proefopstelling / testopstelling maken;
- een theoretisch wiskundige redenering opbouwen om tot een oplossing te komen;
- een prototype maken;
- doelgericht, vanuit een hypothese of verwachting, waarnemen;
- inschatten hoe een waargenomen effect kan beïnvloed worden;



- zelfstandig (alleen of in groep) een experiment of een observatieopdracht uitvoeren met een techniek, materiaal, werkschema;
- materiaal correct hanteren: meet- en testapparatuur;
- feedback geven tijdens het proces kan motiverend werken.

#### Reflecteren kan door:

- in dialoog te gaan over elkaars keuzes en handelingen om zo zichzelf en de anderen tot inzichten te brengen;
- in dialoog te gaan met de leraar en diens voorstellen tot verbeteringen te implementeren;
- het eigen handelen te corrigeren gedurende het doorlopen proces;
- resultaten van experimenten en observatieopdrachten af te wegen tegenover de verwachte resultaten rekening houdende met de omstandigheden die de resultaten kunnen beïnvloeden
- de onderzoeksresultaten te interpreteren, een conclusie te trekken;
- waarnemingen bij experimenten en observatieopdrachten in de klassituatie te verbinden met situaties en gegevens uit de leefwereld;
- een model te hanteren of te ontwikkelen om een wetenschappelijk verschijnsel te verklaren
- na te gaan waarom iets niet werkte;
- een kritische analyse te maken van de tekortkomingen volgens de beginvereisten;
- terug te keren naar één van de vorige fasen in het 'technische proces'.

#### Rapporteren kan door:

- alleen of in groep observatiegegevens mondeling of schriftelijk te verwoorden;
- samenhangen in schema's, tabellen, grafieken of andere ordeningsmiddelen weer te geven;
- alleen of in groep verslag uit te brengen voor vooraf aangegeven rubrieken.

Verslaggeving kan volgende rubrieken bevatten:

- *de formulering van de reden en/of de doelstellingen van het onderzoek;*
- *materiaal en meetopstelling;*
- *verwijzing naar de verzamelde achtergrondinformatie (literatuurstudie);*
- *werkwijze of werkplan;*
- *meetresultaten of onderzoekresultaten;*
- *verwerking van de meetresultaten met aandacht voor foutmarge;*
- *grafiek(en);*
- *besluiten (verwoording, formule, wet);*
- *kritische opmerkingen ten aanzien van de kwaliteit van het experiment (eigen handelen en methodiek, gemaakte fouten), gekoppeld aan suggesties en andere opmerkingen.*

De doorlopen stappen in beide methoden zijn belangrijker dan het eindproduct zelf. Het doorlopen van deze fasen heeft immers tot doel de effectieve leerwinst te maximaliseren en te optimaliseren.



## 6.4 Evaluatie

Evaluatie is een wezenlijk en permanent onderdeel van de leeractiviteiten van leerlingen. Het is met andere woorden geen eindpunt van een onderwijsperiode of van het leerproces, maar maakt er integraal deel van uit. Het lijkt ons immers weinig consistent om tijdens de leerfase de focus te leggen op het leerproces, maar finaal alleen het leerproduct te evalueren.

Door evaluatie in te zetten als onderdeel binnen elke fase van het leerproces wordt het een middel waarmee zowel de leerling als de leraar feedback krijgt over het leer- en onderwijsproces. Door rekening te houden met de vaststellingen gemaakt tijdens de evaluatie kan de leerling zijn leren optimaliseren en kan de leraar uit evaluatiegegevens informatie halen om zijn didactisch handelen bij te sturen.

In het groeiproces kunnen tevens argumenten besloten liggen ter ondersteuning van beslissingen bij het oriënteren. Wordt hierbij steeds rekening gehouden met de mogelijkheden van de leerling, dan verdient ook de groei van de leerling de nodige aandacht.

Een goede evaluatie voldoet aan volgende criteria:

- gespreid zijn in de tijd;
- doelmatig zijn;

*Een doelmatige evaluatie moet aan de volgende aspecten beantwoorden: validiteit (staat de evaluatie in relatie met de leerplandoelen?), betrouwbaarheid en efficiëntie.*

- billijk zijn.

*Men kan spreken van een billijke evaluatie indien er sprake is van objectiviteit, doorzichtigheid en normering.*

De keuze van het evaluatie-instrument en van de beoordelingscriteria wordt bepaald door het evaluatiedoel. Authentieke vaardigheidsevaluatie kan onder meer gebeuren volgens verwerkingsniveau, op basis van een individueel leertraject, door zelfevaluatie, door peerevaluatie, aan de hand van een portfolio, ...

Groepswerk evenwichtig evalueren is niet eenvoudig. Bij het globaal evalueren van het groepsresultaat spelen zowel procesevaluatie als de weergave van het aandeel van elk groepslid een belangrijke rol. Peerevaluatie en zelfevaluatie maken wezenlijk deel uit van de evaluatie van groepswerk. De leerlingen krijgen vooraf inzicht in de verschillende stappen die ze moeten doorlopen, in de criteria en in de manier waarop de evaluatie verloopt. Dit veronderstelt dat van bij het begin van het groepswerk onder de groepsleden duidelijke afspraken worden gemaakt over de taakverdeling, de planning, de timing en de (zelf)evaluatie.



De manier van evalueren behoort tot de autonomie van de school. Het al of niet organiseren van examens en de wijze van rapporteren is materie voor het schoolbeleid en de schoolteams. Wie kiest voor permanente evaluatie werkt een goed en sluitend instrumentarium uit dat aantoont welke leerplandoelen hoe, waar en wanneer gemeten en beoordeeld werden. Wie examens afneemt, houdt er rekening mee te 'examineren' conform de pedagogisch-didactische aanpak.

Een goede communicatie omtrent de rapportering voorkomt misverstanden en discussies. Daarom is het van belang om bij aanvang van het schooljaar de rol van evaluatie in het leerproces en de wijze waarop dit gerapporteerd wordt, te duiden vanuit de visie die de school omtrent evaluatie hanteert.

Indien de rapportering zich echter beperkt tot het meedelen van cijfers, dan krijgt de leerling weinig adequate feedback op zijn leerproces. Daarom kunnen in een rapportering zowel de kwaliteiten als de werkpunten van de leerling weergegeven worden. Eventuele adviezen voor het verdere leerproces kunnen er aan bod komen om de begeleiding van de leerling te optimaliseren.

## 7 Algemene doelstellingen

### 7.1 Strategieën

Strategieën vormen een geordend denkkader waarbinnen leerlingen tot effectieve oplossingen kunnen komen. Op deze manier ontwikkelen ze metacognitieve vaardigheden die hen brengen tot het zich bewust zijn van en de kennis over het eigen denken/leren.

Leerlingen leren ...

- informatie analyseren;
- informatie synthetiseren;
- hoofd- en bijzaken onderscheiden;
- informatie structureren;
- nieuwe en verworven kennis en inzichten relateren;
- reflecteren op het eigen werk;
- planmatig werken;
- innoverend en creatief denken;
- fasen van een onderzoekende en een probleemoplossende strategie zelfstandig doorlopen;
- verslag uitbrengen.

### 7.2 Kennis, vaardigheden en inzichten

Leerlingen verwerven kennis, vaardigheden en inzichten verbonden aan technologische en maatschappelijke evoluties. Ze ervaren dat empirisch gevonden feiten leiden tot wetten, theorieën en modellen die samen een consistent geheel van kennis vormen. Het verwerven van inzicht in de toepasbaarheid van techniek in de brede maatschappij, maakt daar deel van uit.

Leerlingen leren ...

- begrippen omschrijven en wetten formuleren;
- wiskundige, wetenschappelijke en technisch-technologische kennis toepassen;
- zelfstandig een proefopstelling/testopstelling/redenering opbouwen;
- een werkingsprincipe beschrijven;
- technisch communiceren met aandacht voor een visuele weergave;
- een conceptueel ontwerp maken;
- geschikte hulpmiddelen kiezen en toepassen;
- de voorschriften en de vigerende regelgeving rond veiligheid, gezondheid, ergonomie, preventie, milieu en duurzaamheid, toepassen;
- zich een beeld vormen van de studie- en loopbaanmogelijkheden.



De leerinhouden voor de 3de graad Industriële wetenschappen worden gekozen vanuit de leerplandoelstellingen. Daarnaast kunnen er afhankelijk van de gekozen projecten bijkomende leerinhouden aan bod komen, nodig om een project tot een goed einde te brengen. Die leerinhouden vormen een uitbreiding en maken bijgevolg geen deel uit van het beantwoorden van de deliberatievraag.

### 7.3 Attitudes

Om het leer- en denkproces effectief en zinvol te maken zijn een aantal attitudes noodzakelijk. Attitudes die als leerplandoelstellingen geformuleerd worden zijn na te streven. Dit betekent dat de leerlingen er niet uit zichzelf over moeten beschikken maar de kans krijgen te leren uit hun fouten.

Leerlingen zijn erop gericht om:

- afspraken na te leven;
- zelfsturend te reflecteren op het eigen leerproces;
- creatief te denken;
- een kritische, innovatieve en probleemoplossende ingesteldheid aan te nemen;
- door te zetten;
- samenwerkend te leren/te leren samenwerken;
- constructief om te gaan met feedback;
- een onderzoekende houding aan te nemen;
- aandacht te hebben voor veiligheid, gezondheid, ergonomie, preventie, milieu en duurzaamheid;
- zorg te dragen voor de leeromgeving;
- nauwkeurig, net en met zin voor volledigheid te werken;
- gepast te communiceren.

## 8 Leerplandoelstellingen

*Bij het realiseren van de leerplandoelstellingen staan de algemene doelstellingen voorop.*

### 8.1 Toegepaste wetenschappen

In de 3de graad wordt verder gewerkt aan het opbouwen van de technisch-technologische en wetenschappelijke kennis. Hierbij wordt de abstraherende benadering gekoppeld aan een uitgebreide inkleuring vanuit diverse invalshoeken. Middels het realiseren van proefopstellingen, testopstellingen en/of redeneringen en het uitvoeren van experimenten en observatieopdrachten, worden inzichten in wetenschappelijke wetmatigheden wiskundig onderbouwd.

Leerlingen kunnen ...

LPD	<b>TW 1</b>	de samengestelde beweging van een puntmassa analyseren.	<ul style="list-style-type: none"><li>• verband tussen positie, snelheid en versnelling</li><li>• samengestelde bewegingen<ul style="list-style-type: none"><li>○ horizontale worp</li><li>○ schuine worp</li></ul></li><li>• ...</li></ul>
-----	-------------	---	---

#### Pedagogisch-didactische wenken

- Een eventuele videoanalyse van een experiment kan de leerlingen op een aanschouwelijke manier tot inzichten brengen.
- Het wiskundig onderbouwen - zowel scalair als vectorieel - van het verband tussen de verschillende factoren, vormt een wezenlijk onderdeel van deze doelstelling. Overleg met de leerkracht wiskunde zorgt voor uniformiteit en een verhoogde transfer van het geleerde.

LPD	<b>TW 2</b>	de samengestelde bewegingen van een star lichaam analyseren.	<ul style="list-style-type: none"><li>• vectoriele benadering</li><li>• translatie</li><li>• rotatie</li><li>• ogenblikkelijke rotatiepool</li><li>• absolute, relatieve en sleepbewegingen</li></ul>
-----	-------------	--	---



#### Pedagogisch-didactische wenken

- Je kan gebruik maken van digitale toepassingen om de aanschouwelijkheid te bevorderen.

TW 3

de actie- en reactiekrachten en momenten die optreden bij statisch evenwicht van starre lichamen berekenen in de ruimte.

LPD

- vectoriele benadering (kracht, positie, moment)
- vrijheidsgraden van een lichaam
- vrijmaken van lichamen
- evenwichtsvoorwaarden
- evenwicht door wrijvingskrachten

#### Pedagogisch-didactische wenken

- Robotica en ruimtelijk evenwicht zijn contexten waarbinnen deze doelstelling geplaatst kunnen worden.
- Een praktisch voorbeeld bij deze doelstelling kan de krachtwerking zijn op een bout, tandwiel, lager, bouw-hout constructies ...

TW 4

de voorwaarden die tot een dynamisch evenwicht leiden van vaste lichamen bij translatie en rotatie, bepalen.

LPD

- traagheidskrachten
- massatraagheidsmoment
- evenwichtsvergelijking

#### Pedagogisch-didactische wenken

- Je kunt gebruik maken van digitale toepassingen om dynamisch evenwicht als begrip te verduidelijken.
- Een wiskundige benadering van het massatraagheidsmoment is na te streven. Het is met andere woorden mogelijk om te differentiëren en leerlingen die dit beheersingsniveau aan kunnen, voldoende uit te dagen.

TW 5

arbeid en vermogen bij translatie en rotatie analyseren.

LPD

TW 6

het verband tussen arbeid en vermogen wiskundig formuleren en berekenen.

LPD

- vectoriële benadering (scalair product)
- niet-constante kracht
- eenparig cirkelvormige beweging
- rendement

#### Pedagogisch-didactische wenken

- Arbeid en vermogen kunnen gerelateerd worden aan diverse energievormen (zie TW 16).

TW 7

behoud van energie van een lichaam bij een translatie en een rotatie berekenen.

LPD

- potentiële en kinetische energie
  - hellend vlak met wrijving
  - slingerbeweging

#### Pedagogisch-didactische wenken

- De slingerbeweging komt ook aan bod in het leerplan Toegepaste fysica. Overleggen met de leerkracht fysica bevordert het eenduidig gebruik van het gehanteerde begrippenkader.

TW 8

de begrippen krachtstoot en botsing toelichten.

LPD

- $F(t)$ -grafiek
- hoeveelheid van beweging (impuls)
- volkomen elastische en volkomen niet-elastische botsingen

#### Pedagogisch-didactische wenken

- Deze doelstelling kan geplaatst worden binnen contexten als personenveiligheid in het verkeer, slopen van bouwconstructies ...
- Mogelijk experiment: de kerfslagproef.





TW 9

het verband tussen  
kracht/spanning en  
verlenging/rek toelichten.

LPD

- spanning/rek - diagram
- wet van Hooke
- toelaatbare spanning

#### Pedagogisch-didactische wenken

- Het uitvoeren van experimenten op verschillende materialen met verschillende karakteristiek (zoals metaal, beton, kunststoffen, composiet, hout ...) kan de leerling ertoe brengen onderzoekend te werk te gaan en de waarnemingen bij diverse materiaalsoorten te vergelijken.
- Eventueel kan je de karakteristieken van materialen laten opzoeken in een producttabel.

TW 10

soorten belastingen en  
spanningen toelichten.

LPD

- belasting
  - eigen gewicht, nuttige en toevallige
  - evenredige en niet-evenredige
  - continue en niet-continue
- spanning
  - normaal- en tangentiaal
  - trek- schuif- wring- druk- ...

#### Pedagogisch-didactische wenken

- Om de focus van de leerling zo breed mogelijk te houden kan bijvoorbeeld lastendaling in constructies vanuit verschillende domeinen aangereikt worden.



TW 11

de optredende spanningen bij verschillende belastingen berekenen.

LPD

- enkelvoudig:
  - trek
  - druk
  - afschuiving
  - buiging
  - wringing
- samengesteld:
  - trek en druk t.o.v. buiging
  - buiging t.o.v. wringing

#### Pedagogisch-didactische wenken

- Je kan gebruik maken van simulatiesoftware om de aanschouwelijkheid te bevorderen.

TW 12

het begrip knik toelichten.

LPD

- knikverschijnsel
  - inklemming
  - slankheid

#### Pedagogisch-didactische wenken

- Inzicht in het knikverschijnsel kan bevorderd worden via digitale toepassingen en productinformatie.
- Het knikverschijnsel kan aan bod komen bij houtskeletbouw, vliesgevels ...

TW 13

dwarskrachten en momenten bij enkelvoudige vlakke buiging analyseren en berekenen.

LPD

- lineair oppervlaktetraagheidsmoment
- grafisch verloop
- maximale doorbuiging
- ➔ vectoriële benadering
- ➔ analytische benadering





#### Pedagogisch-didactische wenken

- Ook bij deze doelstelling kunnen de experimenten uitgevoerd worden op diverse materialen en kan een vergelijkend onderzoek verrijkend zijn.

TW 14

metingen en berekeningen op elektrische (elektronische) netwerken uitvoeren.

LPD

- oplossingsstrategieën
  - de wetten van Kirchhoff
  - superpositiemethode
  - Thévenin-equivalent
- complexe rekenwijze en rekenen met matrices
- gemengde RLC-keten
- filter
- brugschakeling

#### Pedagogisch-didactische wenken

- Het bepalen en toepassen van de meest aangewezen oplossingsstrategie in functie van het te onderzoeken netwerk (transformator, elektromotor, halfgeleider als schakelaar,...) is een belangrijk aspect van deze leerplandoelstelling.
- Het aftoetsen van de gemeten resultaten aan de berekende resultaten zet leerlingen aan tot reflectie op de waarneming.

TW 15

metingen en berekeningen op een driefasig netwerk uitvoeren.

LPD

- hoofdeigenschap
- lijn- en fasegrootheden (ster - driehoek)
- drie- en viergeleidersnetwerken
- symmetrische en asymmetrische belasting

#### Pedagogisch-didactische wenken

- Bij het afleiden van het wiskundig model tussen lijn- en fasestromen kan het gebruik van een oplossingsstrategie een hulpmiddel zijn. De lijn- en fasegrootheden kunnen ook vanuit de proefopstelling (symmetrisch belast) afgeleid worden.

TW 16

arbeidsfactor en vermogen bij elektrische verbruikers aangesloten op wisselspanning berekenen en meten.

LPD

- $\cos \varphi$  - compensatie
- enkelfasig netwerk
- driefasige netwerken
- symmetrisch en asymmetrisch belast.
- actief, reactief en schijnbaar vermogen

#### Pedagogisch-didactische wenken

- Arbeid en vermogen kunnen gerelateerd worden aan andere energievormen (TW 5 - TW 6).

TW 17

werking en eigenschappen van een transformator analyseren.

LPD

- schakelwijze (enkelfasig en driefasig)
- specificaties
- toepassing (distributie,...)
- equivalent schema
- vectoriële voorstelling
- nullastproef
- kortsluitproef
- belastingsproef

TW 18

parameters van een transformator meten en berekenen.

LPD

TW 19

werking en eigenschappen van een elektromotor analyseren.

LPD

- slip-rotatiefrequentie
- snelheidsregeling
- motorkoppel
- vermogen
- aanloopstroom
- omkeren draaizin
- toepassingsvoorwaarden
- equivalent schema
- vectoriële voorstelling

TW 20

parameters van een elektromotor berekenen.

LPD





#### Pedagogisch-didactische wenken

- In functie van een engineeringproject kunnen diverse type motoren relevant zijn.

TW 21

metingen op een halfgeleider als actieve schakelaar uitvoeren en analyseren.

LPD

- verzadigen/sperren
- schakelfrequentie
- vermogen/rendement
- ingangsimpedantie
- tekensymbolen
- energieomzetters
- stuurketen

#### Pedagogisch-didactische wenken

- Het zich beperken tot de energieomzetters die relevant zijn voor de gekozen engineeringprojecten, voorkomt een overaanbod.

TW 22

een input/output-interface toelichten en toepassen.

LPD

- versterker
- buffer
- in/uitgangsimpedantie
- galvanische scheiding

#### Pedagogisch-didactische wenken

- Bij het opzetten van een experiment kan in de onderzoeksvraag mee opgenomen worden hoe de energieoverdracht te maximaliseren.

TW 23

begrippen met betrekking tot de microcontroller/PLC definiëren.

LPD

- interrupt
- analoog-digitaal-conversie (ADC)

#### Pedagogisch-didactische wenken

- Het linken van deze leerplandoelstelling aan een gekozen engineeringproject kan de transfer van het geleerde verhogen.

TW 24

LPD

de basisprincipes van het programmeren van een microcontroller/PLC toepassen.

- syntax
- datatypes
- arrays
- programmeerstructuren

#### Pedagogisch-didactische wenken

- Gestructureerd programmeren is een belangrijk aspect van deze doelstelling. De programmeertaal waarin dit gebeurt, kan variëren. Precies die variatie kan een uitdaging vormen voor gemotiveerde leerlingen.

TW 25

LPD

bouwfysica in functie van binnenklimaat en duurzaamheid relateren aan bouwkundige oplossingen.

- vochtdoorslag, vochtschade
- thermisch comfort
- akoestisch comfort
- binnenmilieu, gezondheid
- energiezuinigheid
- lichttoetreding
- zonnewering
- ventilatie

TW 26

LPD

landmeetkundige meettechnieken selecteren, toepassen en meetgegevens verwerken.

- geografische informatiesystemen
- ruimtelijke inrichtingen (milieu, veiligheid)
- fotogrammetrie
- luchtbeeldenverwerking
- 3D-modellen

#### Pedagogisch-didactische wenken

- Landschapskenmerken kunnen zijn: aard van de bodem, hoogteverschil, ruimtelijke inplanting ...





TW 27

invloeden van mens en samenleving op mobiliteit analyseren.

LPD

- verkeersinfrastructuur
- vervoerssystemen
- verkeersstroom
- gedrag gebruiker
- urbanisatie
- milieubelasting
- toegankelijkheid
- ...

#### Pedagogisch-didactische wenken

- Deze doelstelling is gericht op burgerlijke bouwkunde. Toegankelijkheid richt zich tot aanpassingen binnen de mobiliteit nodig voor mensen met een beperking. Dit kan gaan over aanpassingen aan vervoersmiddelen, toegang tot gebouwen ... (Universal design)

## 8.2 Engineering

### ► INLEIDING

Eigen aan de studierichting Industriële wetenschappen is dat ze de ruimte biedt om de wetenschappelijke wetmatigheden af te toetsen binnen diverse technisch-technologische domeinen. Het keuzeprocess en het onderbouwen van een gekozen oplossing vormen hierbij belangrijke parameters. Dit deel van het leerplan wil dan ook ruimte laten voor een dynamische en creatieve aanpak van leraars, voor samenspraak tussen de leraar en de leerling, voor samenhang tussen diverse vakken ... om maximaal rekening te houden met de evolutie, interesse en de mogelijkheden van de leerling.

Bij aanvang van de 2<sup>de</sup> graad was het lerarenteam nog de spil van het engineeringsteam. Gaandeweg en met zin voor differentiatie evolueerde dit in de loop van de 2de graad naar een meer autonome rol voor de leerling. In de 3de graad wordt hierop verder gewerkt. Het is belangrijk dat de leerling op een consecutieve wijze de aansluiting kan maken met de graad van zelfstandigheid die hij realiseerde op het einde van de 2de graad. Ook in de 3de graad is het belangrijk dat de leerling in een leer veilige omgeving kan blijven groeien in de rol binnen het engineeringsteam die past bij zijn mogelijkheden en zijn persoonlijkheid en dat hij blijvend de kans krijgt om die eigenheid in zijn specifieke rol te leggen en verder te ontwikkelen en uit te diepen.

Naast een ontwikkeling naar zelfstandigheid, streven we ook in de 3de graad een verdere groei na in complexiteit van de opdracht. Eenvoudige opdrachten en opdrachten op maat van de beginsituatie van de leerlingen evolueerden in de 2de graad stelselmatig naar meer complexe opdrachten die de leerling uitdagen. Ook hierbij is het belangrijk dat de leerling op een consecutieve wijze de aansluiting kan maken met de aard van de opdrachten die hij behandelde op het einde van de 2de graad. Haalbaarheid in functie van het ontwikkelingsperspectief van de leerling is een belangrijke parameter bij het bepalen van de specifieke opdracht.

Op basis van ieders individuele mogelijkheden en behoeften zullen beide dimensies zich blijvend op een unieke manier vermengen in de groeilijn van elke leerling. Het doorlopen van dit continuüm gekenmerkt door de symbiose van een stijgende graad van autonomie en een stijgende moeilijkheidsgraad van opdrachten vormt de rode draad doorheen de 2de en 3de graad Industriële wetenschappen. *(Zie ook het leerplan Industriële wetenschappen van de 2de graad voor meer informatie)*

In de 3de graad ligt de focus op het verbreden en het verdiepen van de kennis en vaardigheden van de leerling. Hiertoe kan extra aandacht uitgaan naar het onderzoeken en vergelijken van **meerdere oplossingsmogelijkheden** om zo tot een creatieve en innovatieve oplossing te komen. Voor weinig probleemstellingen is er immers slechts één exacte oplossing die vooraf gekend is.

De wijze waarop de leerling deze creatieve processen stuurt, evalueert en bijstuurt tijdens het tot stand komen van het eindresultaat staat hierbij centraal en maakt - meer nog dan het eindresultaat zelf - deel uit van de evaluatie.

De rol van de leraar bestaat er dan ook in de leerling bij te staan bij het zelfstandig leren sturen van zijn leerproces. Een leerproces dat, in de context van deze studierichting, niet eindigt op het einde van de derde graad. Zelfs niet na het hoger onderwijs. Na zijn "schoolloopbaan" moet de leerling ook als volwassene in staat zijn verder richting en voortgang te geven aan het onderzoekende en het probleemoplossend denken in confrontatie met technische problemen.

Het vormingsproces binnen de cluster Engineering beoogt hierbij het ontwikkelen van een onderzoekende, verkennende, experimentele, creatieve, conceptuele, probleemoplossende en innovatieve houding. In de 3de graad betekent dit dat de leerling vanuit een intuïtieve benadering en in vrijheid de kans krijgt om zijn technisch-technologisch bewustzijn/denkvermogen verder te ontwikkelen, te verbreden en uit te diepen. Dit wordt bereikt via uitdagende projecten. Diversiteit in benadering en teamwerk zijn hierbij noodzakelijk.



Een engineeringproject voldoet zoveel als mogelijk aan volgende criteria:

- *is haalbaar qua moeilijkheidsgraad en aansluitend op wat verworven is;*
- *bevat uitdagende en nieuwe inhoudelijke elementen;*
- *heeft een bevragend karakter en zet aan tot onderzoek en studie;*
- *sluit aan bij de persoonlijke interesses en leefwereld van de leerling;*
- *laat ruimte voor intuïtieve, spontane en individueel gestuurde processen;*
- *is open wat materiaalgebruik, middelen en toegepaste technieken betreft;*
- *is maatschappelijk relevant, heeft een meerwaarde vanuit ethisch, ecologisch, innoverend oogmerk;*
- *speelt in op bestaande en/of nieuwe maatschappelijke behoeften.*

Deze criteria kunnen ook een leidraad zijn bij de keuze van GIP-onderwerpen.

*Afhankelijk van die gekozen projecten zal de technologische, wetenschappelijke en wiskundige kennis, nodig om tot een oplossing te komen, variëren. Ook de vaardigheden en inzichten nodig om het engineeringprobleem te benaderen en ernaar te handelen, kunnen verschillen*

#### ► LEERPLANDOELSTELLINGEN

De leerplandoelstellingen zijn te lezen als een geïntegreerd geheel van doelstellingen die doorheen de verschillende engineeringprojecten, gespreid over de graad, gerealiseerd kunnen worden. Niet elke leerplandoelstelling zal bijgevolg binnen elk engineeringproject (in dezelfde mate) aan bod komen. De leraar kleurt de leerinhouden die relevant zijn in functie van de gekozen projecten, via een persoonlijke didactische benadering en methodiek, vanuit de eigen visie op Engineering en binnen het pedagogisch project van de school.

Onderstaande leerplandoelstellingen zijn gedurende de 3de graad te realiseren binnen **minimaal 4 verschillende domeinen**. Diverse combinaties zijn mogelijk. Overleg met vakcollega's over de keuzes die per leerjaar en per schooljaar gemaakt worden, evenals overleg met de vakcollega's van de 2de graad, is noodzakelijk in functie van een goede afstemming. De keuzes van domeinen kunnen per schooljaar verschillen, afhankelijk van de beginsituatie en de interesses van de leerlingen.

#### Mogelijke domeinen zijn ...

*Akoestiek, Automotive, Beton (gewapend), Bouwkunde, Brandbeveiliging, Civiele techniek, Datacommunicatie, Duurzame energie, Elektronica, Elektrotechniek, Industriële automatisering, Industriële productontwikkeling, Instrumentatie, Interieurbouw, Klimaattechniek, Koeltechniek, Life Sciences, Mechanica, Mechatronica, Mobiliteit, Pipelines, Piping, Procestechneik, Project controls, Project management, Scheepsbouw, Scheepswerktuigbouw, Staalbouw, Stedenbouwkunde, Telecommunicatie, Topografie, Vliegtuigbouw, Werktuigbouw, zorgsector ...*



EN 1

in team engineeren:

- *luisteren naar elkaar;*
- *open staan voor andere standpunten;*
- *constructief zijn in de dialoog;*
- *afspraken maken en nakomen;*
- *planmatig en gestructureerd werken*
- *timing opstellen en die respecteren;*
- *initiatief nemen;*
- *samen verantwoordelijkheid opnemen voor het resultaat.*

**CONTEXT**

De leerling maakt deel uit van een engineeringsteam. Naast het ontwikkelen van sociale vaardigheden binnen groepsdynamische processen, wordt hiermee ook - bij het vinden van creatieve en innovatieve oplossingen - het versterkende effect beoogd dat een groep kan hebben op de creativiteit van het individu. Het is de symbiose van ideeën en creatieve ingaven van meerdere leerlingen die een origineel, vernuftig ontwerp tot stand kan brengen.

Structuur en een goede organisatie wordt bekomen door het gericht inzetten van diverse vergadermethodieken en -technieken bij het doorlopen van de verschillende fasen van het probleemoplossend en onderzoekend leren. Op het einde van de 3de graad betekent dit dat de leerlingen zelfstandig de meest geschikte vergadermethodieken en -technieken gericht kunnen inzetten.

**Pedagogisch-didactische wenken**

- Vertrekken vanuit haalbare opdrachten geeft de leerlingen de kans om vertrouwen op te bouwen en van daaruit te groeien in zelfstandigheid.
- Mogelijk ontstaan er vanuit het in groep werken conflicten tussen leerlingen. Ook het omgaan met conflicten maakt deel uit van het leerproces. Een mogelijk conflict kan aanleiding geven tot het realiseren van attitudes zoals omschreven in de algemene doelstellingen.
- Alle fasen van het engineeringproces kunnen in groep doorlopen worden. Bijzondere aandacht willen we hier vestigen op de meerwaarde van het binnen de groep reflecteren op het eigen werk/het doorlopen proces.



**EN 2**

de veiligheidsvoorschriften toepassen.

**CONTEXT**

De leerling kent de vigerende regelgeving in verband met veiligheid, preventie, gezondheid, ergonomie en milieu in functie van zijn opdracht of taak en past ze toe. Aandacht voor de eigen veiligheid en die van de medeleerlingen is hierbij een uitgangspunt.

**Pedagogisch-didactische wenken**

- Indien de leerling actief aan de slag gaat kan het zinvol zijn om het onderhoud van de werkruimte en het opbrengen van respect voor materialen en producten onder de aandacht te brengen.

**EN 3**

een technisch-wetenschappelijk probleem in een eenduidige onderzoeksvraag verwoorden.

**CONTEXT**

Het technisch-wetenschappelijk probleem wordt breed gekaderd binnen een industrieel proces, mechanische constructie, bouwfysica, ICT, mobiliteit, houtconstructie ...

Het is belangrijk dat de leerling door objectieve waarneming en analyse inzicht krijgt in het probleem. Hij kan uit een complexe probleemstelling de technologische essentie destilleren. Hiertoe is het belangrijk dat hij een technisch-wetenschappelijk probleem leert herkennen, situeren, isoleren en definiëren zodat er een afgebakend studieconcept ontstaat.

**Pedagogisch-didactische wenken**

- Het kan motiverend werken om te vertrekken vanuit een probleemstelling uit een voor de leerling vertrouwd domein. De leerling confronteren met technisch/wetenschappelijke problemen uit minder vertrouwde domeinen verruimt de blik op de eigen competenties en het toekomstperspectief.
- Het isoleren van het probleem kan gebeuren via vraagstelling en kan leiden tot de opmaak van een plan van eisen.

**CONTEXT**

De leerling kan innovatief denken en zijn keuze van oplossing verantwoorden. Hij kan met andere woorden zijn creatieve en communicatieve vaardigheden aanspreken.

De leerling verwerft actief de nodige achtergrondkennis. Hiertoe kan hij informatie selecteren via verschillende bronnen (documenteren), verworven of nieuwe kennis (technisch - technologisch, wetenschappelijk, wiskundig ...) inzetten en de voor- en nadelen van mogelijke oplossingen met elkaar vergelijken.

Aspecten die in rekening gebracht kunnen worden om een oplossing te valideren zijn: ergonomie, ecologie, economie, ethiek ...

**Pedagogisch-didactische wenken**

- Een gedachte-experiment kan faciliterend zijn bij het beargumenteren van een gekozen oplossing.
- Het is belangrijk dat de leerlingen de kans krijgen om hun creatieve en communicatieve vaardigheden te oefenen. Fouten maken maakt integraal deel uit van het leerproces.
- Ook bij het zoeken naar een goede oplossing van het probleem verdient de leerling ruimte om te experimenteren. Het aanbod materialen, beschikbare middelen en gekende technieken vrij kunnen inzetten, bevordert de creativiteit van de leerling. Ook indien een onderzochte oplossing niet het gewenste resultaat oplevert. Een goede reflectie op waarom de oplossing niet het gewenste resultaat opleverde, leert de leerling betere inschattingen van mogelijkheden en beperkingen te maken.

**CONTEXT**

De leerling kiest een oplossingsmethode of heuristiek om tot een oplossing te komen. Die oplossingsmethoden kunnen van technisch-wetenschappelijke aard zijn, het gebruik van algoritmen inhouden of intuïtieve oplossingsstrategieën bevatten.

De leerling leert de methode helder en duidelijk omschrijven. Bij het uitwerken van die methode is het fundamenteel dat de leerling zorgt dat ze heldere en hanteerbare inzichten oplevert.

De aard van de oplossing (methode) wordt bepaald door de moeilijkheidsgraad van de opdrachten.

**Pedagogisch-didactische wenken**

- Heb aandacht voor het procesmatig en planmatig werken. Precies hierin liggen de factoren die kunnen leiden tot werkbare oplossingen.



## EN 6 tijdens het onderzoek/ontwerp accuraat waarnemen.

### CONTEXT

De leerling kan zelfstandig een proef- en/of testopstelling opbouwen en de metingen uitvoeren. Hiertoe kiest hij de nodige meetinstrumenten en/of meetmethoden. Rekening houden met omgevingsfactoren tijdens het onderzoek/ontwerp en een kritisch ingesteldheid met zin voor nauwkeurigheid en volledigheid zijn nodig om tot een accurate waarneming te komen.

### Pedagogisch-didactische wenken

- Zin voor nauwkeurigheid kan zich specificeren in het uitvoeren van een foutenanalyse en aandacht voor beduidende cijfers.

## EN 7 resultaten van een onderzoek/ontwerp verwerken.

### CONTEXT

De leerling maakt gebruik van tools zoals tekeningen, grafieken, tabellen, schema's, modellen... om adequaat resultaten van een onderzoek vast te leggen rekening houdend met vigerende normeringen.

Bij de keuze van de opdrachten wordt er rekening gehouden met een consecutieve opbouw in het realiseren van deze doelstelling.

## EN 8 een prototype ontwerpen.

### CONTEXT

Binnen het gestelde domein van de onderzoeksvraag (EN 3) kan de leerling zijn studie afronden met het ontwerpen van een prototype. De aard van het prototype wordt bepaald door de moeilijkheidsgraad van de onderzoeksvraag.

Een prototype stelt de leerling in staat de technisch-wetenschappelijke waarneming uit het onderzoek te evalueren in een realistisch model, conceptueel ontwerp of technische uitvoering. Doorzettingsvermogen, oog voor kwaliteit en zin voor nauwkeurigheid en volledigheid zijn belangrijke attitudes bij het realiseren van deze doelstelling.

#### Pedagogisch-didactische wenken

- De studierichting Industriële wetenschappen richt zich tot het ontwerpen volgens het technisch-technologisch proces van een prototype. Om te komen tot een realisatie van het prototype is een samenwerking met andere studierichtingen aangewezen.
- Niet elke engineeringopdracht vraagt een prototype.

#### EN 9

op het resultaat en het doorlopen engineeringproces, reflecteren.

#### CONTEXT

De leerling leert heel wat van de feedback die hij krijgt van leraren en van medeleerlingen. Hij kan ook over zijn eigen werk nadenken en reflecteren. Met het oog op het leerproces is een open houding nodig.

#### Pedagogisch-didactische wenken

- Micro-teaching is een mogelijke werkvorm waarbij leerlingen de kans krijgen hun werk voor te stellen en hierop van de medeleerlingen feedback te krijgen.

#### EN 10

de resultaten van een onderzoek/ontwerp communiceren.

#### CONTEXT

Communiceren omvat het rapporteren, visualiseren via het maken van tekeningen, tabellen, grafiek, schema's, modellen ... en het presenteren van de resultaten.

#### Pedagogisch-didactische wenken

- Het maken van een verslag, dossier, portfolio, presentatie ... behoort tot de mogelijkheden.



## 9 Geïntegreerde proef (GIP)

In het 2de leerjaar van de 3de graad van het technisch, en kunst- en het beroepssecundair onderwijs; en in het 3de leerjaar van de 3de graad van het beroepssecundair onderwijs, ingericht onder de vorm van een specialisatiejaar, is de organisatie van een geïntegreerde proef reglementair verplicht. Het algemeen kader daarvoor wordt toegelicht in een Mededeling van Katholiek Onderwijs Vlaanderen die u via de directie kunt bekomen.

- De proef slaat voornamelijk op de vakken van het specifiek gedeelte. De integratie van andere vakken kan een meerwaarde vormen als die de geïntegreerde proef te ondersteunen.
- Het realiseren van de geïntegreerde proef gebeurt bij voorkeur tijdens de lessen. Hierbij is het belangrijk om de evaluatie van de geïntegreerde proef te scheiden van de evaluatie van de leerplandoelstellingen.
- De geïntegreerde proef wordt beoordeeld door zowel interne als uit externe deskundigen. Hun evaluatie zal deel uitmaken van het deliberatiedossier.

Het document met specifieke gegevens voor de studierichting is te raadplegen op de website [www.katholiekonderwijs.vlaanderen](http://www.katholiekonderwijs.vlaanderen).

### Link tussen engineeringprojecten en de geïntegreerde proef

Gekozen engineeringprojecten staan in het teken van het realiseren van de leerplandoelstelling. De geïntegreerde proef daarentegen is een evaluatievorm waarin de leerlingen de kans krijgen om de geleerde kennis en vaardigheden toe te passen. Dit gaat ruimer dan enkel het toepassen van de gerealiseerde doelstellingen van dit leerplan. Engineeringprojecten hebben dus niet noodzakelijk een link met de geïntegreerde proef.

Toch is het in de praktijk niet altijd mogelijk om beiden los van elkaar te zien. Een efficiënt gebruik van de beschikbare tijd, leidt er toe dat engineeringprojecten *onderdeel* kunnen uitmaken van de geïntegreerde proef. In dat geval is het scheiden van de evaluatie essentieel.

Engineeringprojecten kunnen dus wel onderdeel zijn van een geïntegreerde proef, maar ze kunnen er niet mee samenvallen.

## 10 Minimale materiële vereisten

### 10.1 Algemeen

Om de leerplandoelstellingen bij de leerlingen te realiseren dient de school minimaal de hierna beschreven infrastructuur, materiële en didactische uitrusting ter beschikking te stellen, die beantwoordt aan de reglementaire eisen op het vlak van veiligheid, gezondheid, hygiëne, ergonomie en milieu. Dit alles is daarnaast aangepast aan de visie op leren die de school hanteert.

### 10.2 Infrastructuur

- Een vaklokaal dat de integratie van Toegepaste wetenschappen en Engineering mogelijk maakt.
- Nutsvoorzieningen voor het uitvoeren van leerlingexperimenten, engineeringprojecten en projecties (computer, toegang tot internet en beamer)
- Een opbergkamer voor materialen, gereedschappen en grondstoffen.
- Schoolmeubilair dat het experimenteren faciliteert.
- Voor elke leerling de beschikbaarheid over een computer voorzien van softwarepakketten voor tekstverwerking, rekenbladen, bestandsbeheer, simulatiepakketten en een CAD/CAM/CAE- tekenpakket.
- Machines en toestellen om het vervaardigen van de vooropgestelde prototypes te faciliteren.

### 10.3 Materiële en didactische uitrusting

In functie van het realiseren van de doelen is het van belang dat onderstaand materieel beschikbaar is in het vaklokaal:

- persoonlijke en collectieve beschermingsmiddelen;
- opstellingen en uitrustingen tot het uitvoeren van de experimenten;
- componenten en onderdelen in functie van de gekozen engineeringprojecten;
- klein handgereedschap;
- meettoestellen:
  - 3D-meetsysteem
  - hardheidstester
  - multimeter
  - oscilloscoop
  - vermogenmeter
  - trekbank (op school)



- diverse microcontrollers of plc's voorzien van de nodige programmer;
- diverse actoren en sensoren;
- transformatoren;
- elektromotoren.

Er dient voldoende didactisch materiaal beschikbaar te zijn voor het bereiken van de leerplandoelstellingen bij alle leerlingen. Specifieke uitrusting met betrekking tot Engineering wordt bepaald door de gekozen engineeringprojecten. Om het innoverend karakter van de studierichting te bevorderen, is het belangrijk dat leerlingen gebruik kunnen maken van recente technologieën, machines, software, databanken ...

De beschikbaarheid van materialen en benodigdheden op de school kan tijdelijk zijn door middel van huren, lenen of kan op externe locaties zoals bedrijven of opleidingscentra gebruikt worden.

De scholen verbinden er zich toe om een inventarislijst in overleg met de meewerkende bedrijven op te maken en ter beschikking te stellen als daar door de inspectie naar gevraagd wordt. Deze lijst wordt jaarlijks aangepast volgens de nieuwe noden en regelgeving.



## 11 Bijlage: Begrippenkader

*De begrippen zijn alfabetisch geordend.*

### 11.1 Leerplanbegrippen

- *Algemene doelstelling:* slaan op de brede, wetenschappelijke en technisch-technologische vorming. Deze doelstellingen vormen het kader waarbinnen contexten zich situeren en de leerplandoelstellingen ondergebracht worden.
- *Context:* het betekenisgevend kader of verband waarin de leerplandoelstellingen geplaatst wordt. Bij contextrijke lessen worden verbanden gelegd tussen de leerplandoelstelling/leerinhoud, de leefwereld en de interesses van de leerling, de actualiteit en eventueel andere vakken.
- *Leerinhoud:* bakenen de doelstellingen af en zijn richtinggevend voor het uitzetten van leerlijnen. De opgenomen leerinhouden zijn de minimaal te realiseren leerinhouden.
- *Leerlijn:* de lijn die wordt gevolgd om kennis, inzichten, vaardigheden of attitudes te ontwikkelen. Een leerlijn beschrijft de constructieve en (chrono)logische opeenvolging van wat er geleerd dient te worden.
- *Leerplandoelstelling:* de bakens om de leerlijnen te realiseren.
- *Onderzoekend leren:* leren door gebruik te maken van experimentele of theoretische activiteiten met als doel nieuwe kennis te verwerven over (aspecten van) verschijnselen en waarneembare feiten.
- *Pedagogische-didactische wenk:* niet-bindende adviezen waarmee de leraar en/of vakwerkgroep kan rekening houden om het onderwijs doelgericht, boeiend en efficiënt uit te bouwen.
- *Probleemoplossend leren:* leren door het combineren, vormgeven en toepassen van wetenschappelijke, technische kennis en vaardigheden voor plannen, schema's of ontwerpen van nieuwe, gewijzigde of verbeterde producten.
- *Project:* concrete toepassingsinitiatieven binnen een context waaraan leerinhouden gekoppeld worden. Het is belangrijk om bij de keuze van de projecten uit te gaan van de voorkennis en interesses van de leerlingen, gedacht vanuit de doelstellingen van dit leerplan.
- *Technisch-technologisch:* het op systematische wijze toepassen van kennis ten behoeve van praktische doeleinden in combinatie met de handelingen die hiervoor nodig zijn.



## 11.2 Begrippen gebruikt in doelstellingen

- *Conceptueel ontwerp*: een vanuit wiskundig-wetenschappelijke context gedachte evoluerende visuele technisch-technologische weergave van een modelvoorstelling. Mogelijke voorstellingsvormen zijn: Schets - tekening - schema - model.
- *Onderzoek*: een activiteit die opgezet wordt om na te gaan of het verwachte of bedoelde ook echt zo is.
- *Ontwerp*: een modelvoorstelling van de (toekomstige) werkelijkheid, gericht op het ontwikkelen van producten.
- *Experiment*: een activiteit waarbij leerlingen, alleen of in kleine groepjes, zelfstandig (begeleid) een proef, simulatie, observatieopdracht of gedachte-experiment uitvoeren in het kader van een gegeven onderzoeksvraag.
- *Gedachte-experiment*: een experiment dat niet uitgevoerd kan worden in de realiteit met als doel het bestuderen van een denkproces over de werkelijkheid. Wat als ...
- *Model*: een voorbeeldweergave, simulatie op schaal.
- *Observatieopdracht*: een objectieve waarneming van gedragingen of gebeurtenissen.
- *Proef*: een experiment met als doel een effect waar te nemen in het kader van een gegeven onderzoeksvraag.
- *Proefopstelling*: het geheel aan materiaal nodig om een proef uit te voeren.
- *Prototype*: een eerste model van een product waarmee de werking en functionaliteit van onderdelen wordt getest.
- *Schema*: een geordende visuele weergave.
- *Schets*: een eerste, vluchtige visuele weergave van de hoofdgedachten.
- *Simulatie*: een nabootsing van de werkelijkheid, in veel gevallen met behulp van een model van die werkelijkheid met als doel de werking en/of functionaliteit te testen.
- *Studie*: een theoretische kader om tot een technische oplossing te komen waarbij de waarnemingen afgetoetst worden aan wetenschappelijke wetmatigheden.
- *Tekening*: een concrete visuele weergave gekoppeld aan de verzamelde informatie nodig voor de uitvoering.
- *Testopstelling*: een simulatiecontext waarvan de parameters en grenzen duidelijk afgebakend zijn en waarbinnen leerlingen tests bij een onderzoek kunnen uitvoeren.

Samenhang van de begrippen:

ONDERZOEK			
EXPERIMENT			OBSERVATIEOPDRACHT
<b>Proef</b>	<b>Simulatie</b>	<b>Gedachte-experiment</b>	
<i>Proefopstelling</i>	<i>Testopstelling</i>	<i>Redenering</i>	<i>Objectieve waarneming</i>

ONTWERP			STUDIE
CONCEPTUEEL ONTWERP			
<i>Wiskundige-wetenschappelijke context</i>	<i>Schets</i>	<i>Technisch-technologische invulling</i>	<i>Technisch-wetenschappelijke waarneming</i>
	<i>Tekening</i>		
<i>Schema</i>			
	<i>Model</i>		
PROTOTYPE			

