

Tweedegraadslerarenopleiding

10  
voor  
de  
leraar



# Kennisbasis Techniek



Ingangsdatum studiejaar 2018-2019 | publicatiedatum november 2019

## Voorwoord

Vanaf 2016 hebben lerarenopleiders over de volle breedte van de lerarenopleidingen in verschillende fases met veel enthousiasme gewerkt aan de herijking van de 60 kennisbases die sinds 2008 ontwikkeld zijn. Voor u ligt het mooie resultaat van de gezamenlijke inspanningen.

De kennisbases zijn herijkt op zowel de inhoud, het niveau als de breedte van de vakkennis. Daar waar mogelijk is samenhang aangebracht tussen de kennisbases die een inhoudelijke en vakoverstijgende verwantschap hebben. De inhoud van elke kennisbasis is uiteindelijk gevalideerd door het werkveld en externe inhoudelijke deskundigen. Het resultaat is in overeenstemming met landelijke eisen.

De lerarenopleidingen kunnen tevreden terugkijken op een periode waarin zij veel hebben gediscussieerd, geschaafd en bijgesteld. Een periode waarin lerarenopleiders intensief hebben nagedacht over hun vak, de didactiek en het minimale niveau dat een startbekwame leerkracht moet beheersen. Met de inzet van zoveel betrokken mensen wordt dit eindresultaat breed gedragen.

Al deze activiteiten hebben ook nog iets anders opgeleverd. Het bracht collega's van diverse instellingen met elkaar in contact. Ze kregen gelegenheid om met vakgenoten te discussiëren en daarmee hun eigen expertise aan te scherpen. Ook de contacten met het werkveld zijn versterkt. De samenwerking geeft een impuls aan de betrokkenheid van de lerarenopleiders bij de kwaliteitsverbetering en hun professionalisering.

Permanente kwaliteitszorg is essentieel voor de maatschappelijke opdracht. De kennisbases leveren daarvoor de ijkpunten. Het zijn geen statische documenten. De kennisbases blijven met enige regelmaat bijstelling nodig hebben vanwege vakinhoudelijke veranderingen, pedagogisch-didactische eisen, maatschappelijke ontwikkelingen en voortschrijdend inzicht. Dat houdt het gesprek over de inhoud van de lerarenopleidingen volop in leven en draagt daarmee bij aan de kwaliteitsslag die met het ontwikkelen van de kennisbases wordt beoogd.

De lerarenopleidingen weten elkaar beter te vinden en pakken uitdagingen gezamenlijk op. Hiermee dragen zij bij aan een goede opleiding voor de nieuwe generatie leraren en het onderwijs in Nederland.

Ik dank allen die hieraan hebben bijgedragen.



mr. Thom de Graaf,  
*voorzitter Vereniging Hogescholen*

# Inhoud

<b>1</b>	<b>Inleiding</b>	<b>4</b>
	Algemene toelichting	4
	Verantwoording	4
	Beschrijving kennisdomeinen	4
	Redactie en validering	4
<b>2</b>	<b>Algemene toelichting</b>	<b>5</b>
	Versterken kenniscomponent	5
	Ontwikkeling kennisbases	5
	Herijking kennisbases	6
	Herijkingsproces	6
<b>3</b>	<b>Verantwoording</b>	<b>8</b>
	Maatschappelijke context	8
	Beroepsbeeld	10
	Relatie met andere kennisbases	11
	Verantwoording van keuzes	11
	Opbouw van deze kennisbasis	12
	Niveau van kennis	13
<b>4</b>	<b>Beschrijving kennisdomeinen</b>	<b>14</b>
<b>5</b>	<b>Redactie en validering</b>	<b>66</b>
	Redactieteam	66
	Valideringsgroep	66

# 1 Inleiding

Voor u ligt de herijkte kennisbasis van de tweedegraadslerarenopleiding Techniek. Deze kennisbasis beschrijft wat minimaal van een startbekwame leraar mag worden verwacht, zowel qua inhoud als het bijbehorende niveau, ongeacht de instelling waar de student is opgeleid. Het afnemende scholenveld en externe inhoudelijk deskundigen hebben bijgedragen aan de validering van deze kennisbasis.

Deze herijkte kennisbasis is geldig met ingang van het studiejaar 2018-2019 en is in eerste instantie bedoeld voor de lerarenopleiders zelf, maar ook voor hun studenten of externe belanghebbenden.

De kennisbasis is als volgt opgebouwd:

## Algemene toelichting

In het hoofdstuk *Algemene toelichting* is informatie opgenomen over de aanleiding, ontwikkeling, inhoud en herijking van de kennisbases.

## Verantwoording

In het hoofdstuk *Verantwoording* geeft het redactieteam van de kennisbasis een toelichting op de totstandkoming van de herijkte kennisbasis en legt het verantwoording af over de gemaakte keuzes.

## Beschrijving kennisdomeinen

In het hoofdstuk *Beschrijving kennisdomeinen* zijn de vakinhoudelijke en vakdidactische (sub)domeinen opgenomen evenals het minimale niveau waarop de student de (sub)domeinen moet beheersen.

## Redactie en validering

In het hoofdstuk *Redactie en validering* vindt u een overzicht van de redactie- en valideringsleden die betrokken zijn geweest bij de herijking van deze kennisbasis.

## 2 Algemene toelichting

### Versterken kenniscomponent

In de eerste jaren van dit millennium was er brede kritiek op de vakinhoudelijke en vakdidactische kwaliteit van de lerarenopleidingen. Als antwoord hierop presenteerde staatssecretaris Van Bijsterveldt in 2008 de nota *Krachtig meesterschap, kwaliteitsagenda voor het opleiden van leraren 2008-2011*. Een onderdeel van de kwaliteitsagenda betreft de verbetering van de vakinhoudelijke kwaliteit van de lerarenopleidingen. 'Het eindniveau van de opleidingen wordt duidelijk vastgelegd. Hiertoe ontwikkelen de opleidingen in samenwerking met het afnemende veld een gezamenlijke kennisbasis, eindtermen en examens'.

De gezamenlijke lerarenopleidingen hebben met het ministerie van Onderwijs, Cultuur en Wetenschap afspraken gemaakt om de kenniscomponent binnen de opleidingen te versterken. Het systeem van kennisborging bestaat uit drie landelijke kwaliteitsinstrumenten: kennisbases, kennistoetsen en peer-review. Alle activiteiten zijn ondergebracht in het programma *10voordeleraar*, onder de paraplu van de Vereniging Hogescholen. Ruim duizend lerarenopleiders werken binnen kennisnetwerken gezamenlijk aan de kwaliteitsinstrumenten. Met elkaar bepalen en borgen ze het minimale eindniveau van een afgestudeerde student. Ook andere deskundigen maken onderdeel uit van de processen voor legitimatie en validatie.

### Ontwikkeling kennisbases

In de periode 2008-2011 hebben lerarenopleiders over de volle breedte van de hbo-lerarenopleidingen gezamenlijk de kennisbases ontwikkeld. Het afnemende scholenveld en externe inhoudelijk-deskundigen hebben bijgedragen aan de validering van de inhoud. In totaal zijn 62 kennisbases opgesteld. Na validatie van de kennisbases hebben de opleidingen hun onderwijsprogramma aangepast. Het kader van de kennisbases legt voor 80% de brede en gemeenschappelijke basis vast van wat in de opleiding aan bod komt. Daarbuiten is er ruimte voor een eigen profilering van de individuele instelling.

De kennisbases sluiten aan bij het hbo-niveau: NLQF, Dublin-descriptoren en hbo-kwalificaties. Dit betekent dat een afgestudeerde student een brede kennis moet hebben van het vakgebied waarin hij les gaat geven en dat hij boven de stof staat. Ook moet aandacht besteed worden aan de verwante of aanpalende vakken van het vakgebied, waarin later wordt lesgegeven. Voor de leraar in de bovenbouw havo en vwo betekent dit dat hij zijn leerlingen kan adviseren en wegwijzen maken in de mogelijke vervolgoopleidingen die voortbouwen op zijn vak, kan aangeven wat de beroepsgerichte toepassingen (en de ontwikkelingen) van het vak zijn en dat hij zijn leerlingen voorbereidt op het (landelijke) examenprogramma. Daarnaast vormen de kennisbases de uitwerking van de wettelijke bekwaamheidseisen zoals vastgelegd in het beroepsregister leraar. De kennisbases bevatten daarmee de beschrijving van de

vakinhoudelijke, vakdidactische en pedagogische kennis én vaardigheden die een student moet beheersen op het moment van afstuderen.

Hoewel niet specifiek aangegeven in de kennisbases, heeft elke leraar een rol in taalgericht of taalontwikkelend vakonderwijs. Leerlingen zijn in vaklessen (vak)taal aan het verwerven, waarbij taalontwikkeling en begripsontwikkeling hand in hand gaan. Het betreft zowel *Dagelijkse Algemene Taalvaardigheid* (DAT) als *Cognitieve Academische Taalvaardigheid* (CAT). Taalgericht lesgegeven komt naar voren bij de gebruikte vakdidactische werkvormen en de taalgerichtheid van toetsen en beoordelen.

## Herijking kennisbases

Vakinhoudelijke veranderingen, maatschappelijke ontwikkelingen en voortschrijdend inzicht maken het wenselijk dat iedere kennisbasis met enige regelmaat wordt beoordeeld op de inhoud en waar nodig wordt aangepast. Dit maakt ook deel uit van de afspraken met het ministerie van Onderwijs, Cultuur en Wetenschap. In het studiejaar 2015-2016 is gestart met het herijken van de oorspronkelijke kennisbases.

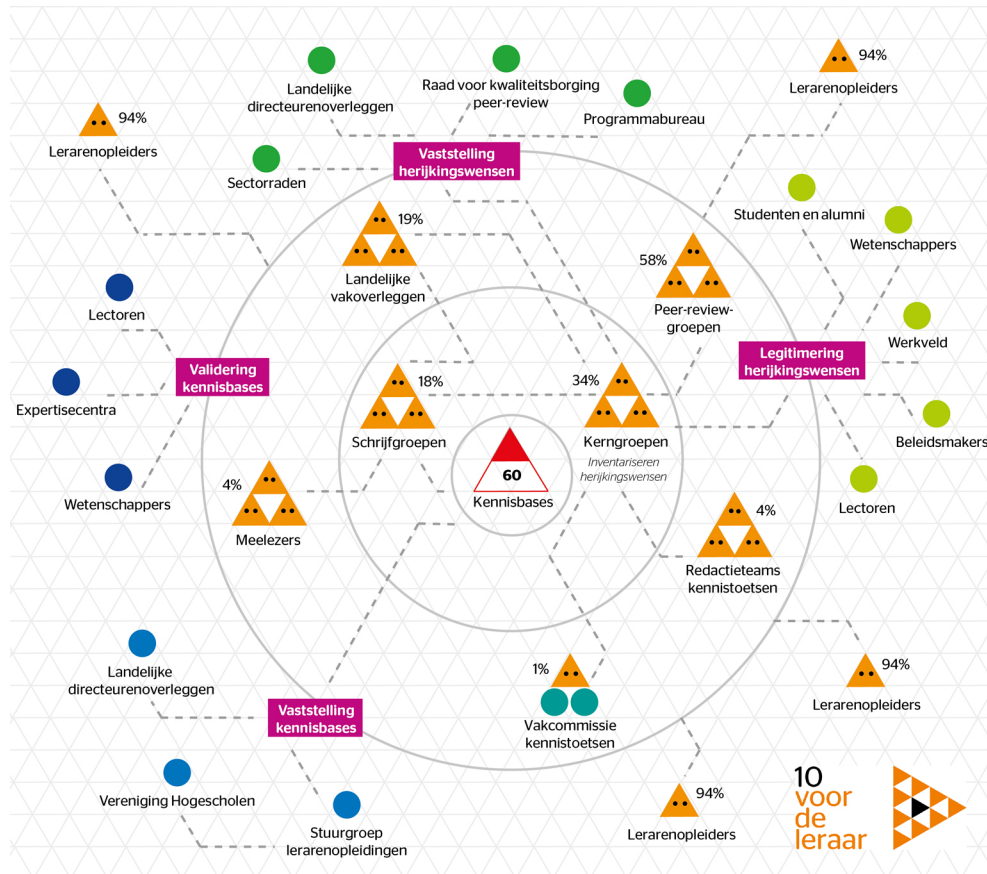
De kennisbases zijn door de lerarenopleidingen herijkt op inhoud en niveau. Ook is gekeken naar de breedte van de vakkennis, zodat de kennisbases het desbetreffende werkterrein (basisonderwijs, tweedegraadsgebied, eerstegraadsgebied) van de toekomstige leraar geheel dekt. Daar waar mogelijk is samenhang aangebracht tussen de kennisbases die inhoudelijk en vakoverstijgende verwantschap kennen. Daarnaast is de nadruk gelegd op de implementatie van een aantal (maatschappelijk) belangrijke vakoverstijgende thema's. De herijkte kennisbases zijn getoetst aan de laatste wetenschappelijke inzichten van het vak, de ontwikkelingen in het werkveld en veranderingen op het gebied van landelijk beleid.

## Herijkingsproces

Het herijkingsproces is zodanig vormgegeven dat iedereen die betrokken is bij een vak of opleiding gevraagd of ongevraagd mee kon denken, zodat er een breed draagvlak voor de kennisbasis bestaat. Lerarenopleiders vormden de spil bij het herijkingsproces.

Voor elke kennisbasis heeft de kerngroep bestaande uit lerarenopleiders van de verschillende instellingen de herijkingswensen geïnventariseerd en ter legitimatie voorgelegd aan relevante betrokkenen, waaronder alumni, lectoren, wetenschappers en/of beleidsmakers. Het definitieve herijkingsvoorstel is vastgesteld door een vaststellingscommissie, waarin onder andere het landelijk opleidingsoverleg deel van uitmaakte. Hun specifieke taak was erop toe te zien dat de vastgestelde procedure juist is gevolgd. Zo hebben ze bijvoorbeeld bekeken of alle belanghebbenden afdoende zijn gehoord en of de gemaakte keuzes voldoende zijn toegelicht.

Na vaststelling van het herijkingsvoorstel is de schrijfgroep aan de slag gegaan met het herschrijven van de kennisbasis. Onder leiding van het landelijke opleidingsoverleg is het opgeleverde concept gevalideerd door vertegenwoordigers van het werkveld, van de wetenschap en van eventuele vakverenigingen. Na verwerking van de opmerkingen zijn de herijkte kennisbases met een positief advies van het landelijk opleidingsoverleg door de Stuurgroep Lerarenopleidingen van de Vereniging Hogescholen bestuurlijk vastgesteld.



Figuur 1. Betrokkenen bij het herijkingsproces kennisbases lerarenopleidingen.

## 3 Verantwoording

### Maatschappelijke context

Dit document beschrijft de vakinhoudelijke kennis van een docent techniek tweedegraad. Techniek is een zeer breed begrip. Het wordt vaak inwisselbaar gebruikt met het woord technologie en er wordt in het dagelijks taalgebruik bijvoorbeeld onder verstaan: ict, houtbewerking, technisch ontwerpen, het kunnen hanteren van technische hulpmiddelen in het dagelijks leven, etc. In ieder geval is het voor iedereen duidelijk dat de samenleving in steeds sterkere mate wordt beïnvloed door techniek en dat we daar leerlingen in het voortgezet onderwijs op moeten voorbereiden. We gebruiken technologie bijvoorbeeld om ons te verplaatsen, om onszelf warm te houden, om te sporten, voor onze gezondheid en om te communiceren. En op al deze terreinen gaan de ontwikkelingen razendsnel. Om leerlingen voor te bereiden op deze hoogtechnologische samenleving en de snelheid waarmee technologie verandert, is het nodig dat technologie expliciet aan de orde komt in het curriculum van het voortgezet onderwijs. Leerlingen hebben kennis nodig over de wijze waarop de (technische) wereld wordt ontworpen en over verantwoord gebruik van technologie. Dat is niet alleen van belang voor hen als individu, maar het maakt ook dat zij mee kunnen praten over ontwikkelingen in de samenleving zoals duurzaamheid, nieuwe medische technologieën, de inzet van robots, 'big data' en kunstmatige intelligentie. Daarnaast heeft de samenleving grote behoefte aan voldoende goed gekwalificeerde technici.

Er bestaan in Nederland verschillende typen lerarenopleidingen techniek die ieder een eigen doel dienen en die ook werken onder verschillende licenties en kennisbases. Om de aard van het voorliggende document te begrijpen, zijn de verschillen in onderstaande tabel samengevat. Daarna wordt het doel van de opleiding verder uitgewerkt.

	Lerarenopleiding techniek tweedegraad	Lerarenopleiding Technisch Beroepsonderwijs	Lerarenopleiding Mens en Technologie (alleen HvA)
<b>Belangrijkste doel van het onderwijs waarvoor wordt opgeleid</b>	Leerlingen voorbereiden op leven en werken in een hoogtechnologische wereld	Leerlingen voorbereiden op het werken in een technische sector	Leerlingen voorbereiden op leven en werken in een hoogtechnologische wereld, met een accent op beroepsvoorbereiding



	Lerarenopleiding techniek tweedegraad	Lerarenopleiding Technisch Beroepsonderwijs	Lerarenopleiding Mens en Technologie (alleen HvA)
<b>Bevoegdheden waarvoor wordt opgeleid</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Leergebied Mens en Natuur in de onderbouw</li> <li>• Onderzoeken en Ontwerpen en aanverwante vakken in onderbouw hv en het hele vmbo</li> <li>• Technologie en Toepassing in vmbo.</li> <li>• Mbo<sup>1</sup></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Technische profiel bovenbouw vmbo, voor zover dat past bij de gekozen studierichting</li> <li>• Mbo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Leergebied Mens en Natuur</li> <li>• Onderzoeken en Ontwerpen en (afhankelijk van vooropleiding)</li> <li>• Technische beroepsopleidingen in vmbo en mbo</li> </ul>
<b>Profilering</b>	Afhankelijk van de instelling, bijvoorbeeld een profilering Mens en Natuur (leergebied), het vak <i>It</i> (voor vmbo-gt) maar ook de brede vmbo-profielen die veel techniek bevatten, maar niet geheel op beroepsvoorbereiding zijn gericht, zoals het profiel Dienstverlening en Producten, Media, Vormgeving en Ict	Bijvoorbeeld passend bij technische profielen in vmbo- en mbo-opleidingen, de vakken: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Elektrotechniek</li> <li>• Werktuigbouwkunde</li> <li>• Motorvoertuigtechniek</li> <li>• Bouw</li> <li>• Ict</li> </ul>	De profielen: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Media, Vormgeving en Ict</li> <li>• Bouwen, Wonen en Interieur</li> <li>• Producere, Installeren en Energie</li> <li>• Mobiliteit en Transport</li> <li>• Dienstverlening en Producten (indien de minor afgesloten)</li> <li>• Techniek</li> <li>• Alle technische mbo-profielen</li> </ul>
<b>Vooropleiding</b>	havo, mbo4	havo, mbo4	havo, mbo4

1 De bevoegdheid in het mbo is een uitvloeisel van de wet. Afgestudeerden dienen te beschikken over een tweedegraadsbevoegdheid, maar bekwaamheid wordt in het mbo vastgesteld door het bevoegd gezag.

De lerarenopleidingen techniek tweedegraad beoogt studenten dus zodanig op te leiden dat zij een belangrijke bijdrage leveren aan technologische vorming voor iedere leerling en niet alleen voor leerlingen die een technisch beroep hebben gekozen. Dit wordt wel 'technologise geletterdheid' genoemd en hieronder verstaan we dat mensen begrijpen hoe technologie tot stand komt, dat ze begrijpen hoe technologie de samenleving en individuen vormt en dat ze technologie actief, creatief en kritisch kunnen gebruiken. Dit is een wezenlijk ander doel dan 'natuurwetenschappelijke geletterdheid' zoals die bijvoorbeeld bij natuurkunde wordt ontwikkeld, want daar staat vooral het

begrijpen van universele wetmatigheden en de natuurwetenschappelijke wijze van experimenteren centraal.

Om te kunnen begrijpen wat technologie is en hoe het zich ontwikkelt, moeten leerlingen ook zelf ervaring opdoen met het ontwerpen, maken en verbeteren van een product. Zo leren ze om een robotje te bouwen en te programmeren, ze leren materialen kennen door deze te bewerken en ze leren om een eenvoudige programmeerbare minicomputer in te zetten om een probleem op te lossen. Daarnaast leren leerlingen methodisch na te denken over oplossingen voor complexe problemen, bijvoorbeeld via de methode van computational thinking. Dergelijke ervaringen vormen de basis om tot dieper inzicht te komen over de 'ontworpen wereld'. Het genereren en begeleiden van deze ervaringen vergt specifieke expertise van een docent en in die maatschappelijke behoefte voorziet deze opleiding en de voorliggende kennisbasis.

De maatschappij vraagt ook om docenten die in staat zijn om leerlingen te boeien voor technische beroepen en de bijbehorende studies. Daarom is in deze kennisbasis brede kennis over traditionele en nieuwe technische beroepen opgenomen én wordt in het vakdidactische domein de competenties beschreven die een docent techniek daarvoor nodig heeft. Omdat de ontwikkelingen in de technische sector snel gaan, gaat het daarbij ook om het leren benutten van netwerken, basiskennis die zijn waarde behoudt terwijl technologieën veranderen (bijvoorbeeld systeemkennis), het spreken van de taal van nieuwe technologieën. Een voorbeeld van dat laatste is het kunnen hanteren van de namen van protocollen voor datatransmissie in het 'internet of things'.

## Beroepsbeeld

Techniek is bijna per definitie interdisciplinair. Een technisch ontwerper werkt bijvoorbeeld samen met marketingdeskundigen om te bepalen of zijn ontwerp verkoopbaar is. En aan zijn taalvaardigheid worden ook hoge eisen gesteld, omdat hij goed moet kunnen communiceren met opdrachtgevers en technici. Verder wordt er in de techniek bijvoorbeeld veelvuldig gebruik gemaakt van natuurwetenschappelijke inzichten en van wiskunde. Een techniekdocent werkt op school om die reden vaak samen met andere vakdocenten. In het leergebied Mens en Natuur in de onderbouw zijn dat in ieder geval docenten natuurkunde, scheikunde en biologie. Maar bij vakken zoals *Onderzoeken en Ontwerpen, Technologie en Toepassing* kunnen dat ook docenten buiten dit leergebied zijn<sup>1</sup>. Dergelijke vakken staan in de onderbouw en in de bovenbouw op veel scholen al op de lesroosters. Andere labels die worden gebruikt voor domeinen waar deze docenten voor worden opgeleid zijn bijvoorbeeld *Design*

---

<sup>1</sup> Voor een positiebepaling van technologie in de leergebieden, zie: <https://curriculum.nu/wp-content/uploads/2018/03/Verkenning-Curriculum.nu-brochure-Technologie-in-de-leergebieden.pdf>

and *Innovation, Mens en Techniek* en *Maakkunde*. In alle gevallen gaat het om onderwijs waarin het gaat om het ontwikkelen van technologische geletterdheid, waarvan ontwerpen, maken en gebruiken belangrijke elementen zijn. Daarbij is dus sprake van interdisciplinariteit, maar om de leerlingen verder te helpen hebben zij een docent nodig die over een rijke technische kennis beschikt.

## Relatie met andere kennisbases

Lerarenopleidingen hanteren een generieke kennisbasis waarin de kennis is beschreven waarover alle docenten zouden moeten beschikken, ongeacht het vak waarin zij onderwijzen. Daarin gaat het over bijvoorbeeld over omgaan met diversiteit, leer en ontwikkelingspsychologie en protocollen voor een veilig leer- en leefklimaat. De voorliggende kennisbasis beschrijft die kennis dus niet.

Uiteraard bestaat er overlap tussen de kennisbases van de lerarenopleiding Mens en Technologie en de lerarenopleiding Technisch Beroepsonderwijs. Met name deze laatste heeft echter een minder sterk algemeen vormend karakter.

## Verantwoording van keuzes

Deze kennisbasis kent een onderverdeling naar kennisgebieden, zogenaamde domeinen. De omschrijvingen van die domeinen specificeren 'wat' er precies beheerst moet worden door de student. 'Hoe' hieraan curriculaire invulling wordt gegeven, is aan de aanbiedende instelling.

De afgelopen jaren hebben de lerarenopleidingen techniek van de tweedegraad gezamenlijk toegewerkt naar afspraken over de vakinhoudelijke invulling van een kennisbasis die weergeeft welke onderwerpen in de opleiding centraal staan. Voor de specifieke vakdidactische bagage geldt dat evenzeer. Met de geformuleerde kennisbasis is ervaring opgedaan en op basis van die ervaring en op basis van een systematiek van peerreview is de kennisbasis verder ontwikkeld. Daarbij zijn ontwikkelingen in het onderwijsveld, met name het vmbo, van invloed op de onderwerpen die in de kennisbasis benoemd worden. Dit heeft geleid tot een duidelijke richting voor de herijking van de oorspronkelijke kennisbasis. De ervaringen uit de peerreview van de afgelopen jaren worden ingezet om de beschrijvingen in de kennisbasis aan te passen. Het aantal vakinhoudelijke domeinen in de kennisbasis blijft gelijk. Wel is het vakdidactische domein toegevoegd.

De invoering van de technische profielen in het vmbo en nieuwe (pilot)vakken in het vo (bijvoorbeeld *Technologie en Toepassing*) hebben ook geleid tot een gezamenlijke doordenking van de bevoegdheden die zouden moeten worden gekoppeld aan het getuigschrift en een afbakening ten opzichte van de *Lerarenopleiding Technisch Beroepsonderwijs* en *Mens en Technologie*. Aan de ene kant dragen opleidingen zelf verantwoordelijkheid voor de bevoegdheid die zij verstrekken, waar dit niet eenduidig blijkt uit regelingen van het ministerie. Aan de andere kant is het samenwerkingsverband van mening

dat die verantwoordelijkheid tussen de opleidingen moet worden gedeeld en dat men elkaar daarop kritisch mag bevragen.

Door in dit proces ook de veldadviesraad en het afnemend onderwijs en bedrijfsleven te betrekken, geeft de herijkte kennisbasis een goed beeld van wat van een afgestudeerde leraar techniek mag worden verwacht.

## Opbouw van deze kennisbasis

Deze kennisbasis is verdeeld in vier vakinhoudelijk basisdomeinen, een vakdidactische domein en een aantal keuzedomeinen. Het basisdeel beschrijft de vakinhoudelijke kennis waarop iedere afgestudeerde van iedere opleiding wordt getoetst. Het vakdidactische domein beschrijft de specifieke vakdidactische kennis, vaardigheden en houding die een docent techniek dient te beheersen om de leerstof leerbaar te maken en om de toegevoegde waarde van techniek naar alle partijen te ver(ant)woorden.

### *Domeinen:*

- Ontwerpen en maken van producten
- Technische producten en systemen
- Techniek, natuurwetenschap en samenleving
- Leergebied mens & natuur en wiskunde
- Vakdidactiek

De keuzedomeinen beschrijven kennis die niet in alle opleidingen wordt getoetst. Opleidingen bepalen zelf voor welke kennis uit de keuzedomeinen dat wel geldt. In ieder geval worden door elke opleiding minstens vier van de genoemde keuzedomeinen in het curriculum opgenomen. Opleidingen zijn ook vrij om keuzedelen toe te voegen, waarbij het niet gaat om generieke docentkennis, maar om kennis die bij uitstek past bij de docent techniek tweedegraad.

### *Keuzedomeinen:*

- Vakverbreding biologie
- Vakverbreding scheikunde
- Vakverbreding natuurkunde
- Verkopen en promoten van technische producten
- Organiseren van een evenement met behulp van technische middelen
- Audiovisuele vormgeving en productie
- 2D- en 3D-vormgeving en -productie
- Interactieve vormgeving en productie
- Podium en geluidstechniek
- Techniekpromotie, ambassadeurschap en samenwerking
- Computers en netwerken



## Niveau van kennis

Het bachelorniveau van een startbekwame techniekdocent komt tot uitdrukking in het vermogen om rond de inhoud in deze kennisbasis onderwijs vorm te geven, uit te voeren en te evalueren. Voor de vakinhoud wordt geen afzonderlijk niveau aangegeven. Door middel van het opnemen van voorbeelden bij de beschrijving van het desbetreffende subdomein wordt echter indirect duidelijk gemaakt wat van de student mag worden verwacht.

Binnen het landelijk vakgroepoverleg techniek zijn afspraken gemaakt over verschillende bronnen die in het kader van de kennisbasis gebruikt kunnen worden. Dit betreft een selectie van bronnen die gebruikt worden binnen andere technische bacheloropleidingen (hbo en universiteit). Deze bronnen geven een indicatie van het niveau van de afgestudeerde tweedegraads techniekdocent. Enkele voorbeelden van bronnen, verspreid over de domeinen, zijn:

- Eger, Bonnema, Lutters & Van der Voort (2010). Productontwerpen
- Ouwehand & Papa (2012). Toegepaste energietechniek
- Valkenburg (2008). Basisboek Human Technology Interaction
- Ebner (2005). Basisboek elektronica
- Padayachee, *et al.* (2008). Free High School Science Texts (FHSST)

## 4 Beschrijving kennisdomeinen

<b>Domein 1: Ontwerpen en maken van producten</b>
Subdomein 1.1: Ontwerpmethodologie en strategie
Subdomein 1.2: Human Technology Interaction, ergonomie en vormgeving
Subdomein 1.3: Technisch schetsen en tekenen, prototyping en simulatie
Subdomein 1.4: Materialen bewerken, productiemethoden
Subdomein 1.5: Werkplaats, gereedschappen en machines
<b>Domein 2: Technische producten en systemen</b>
Subdomein 2.1: Systemanalyse en systeemontwerp
Subdomein 2.2: Krachten en bewegingen
Subdomein 2.3: Constructies
Subdomein 2.4: Elektriciteit en elektronica
Subdomein 2.5: Meet- en regelsystemen, mechatronica
Subdomein 2.6: Informatie en communicatie
Subdomein 2.7: Huisinstallaties en domotica
Subdomein 2.8: Energietechniek
Subdomein 2.9: Mobiliteit en transport
Subdomein 2.10: Biogerelateerde technologie
<b>Domein 3: Techniek, natuurwetenschap en samenleving</b>
Subdomein 3.1: Ontwikkeling van techniek
Subdomein 3.2: Filosofie en ethiek van de techniek
Subdomein 3.3: Techniek in beroepen
Subdomein 3.4: Techniek, milieu en duurzaamheid
<b>Domein 4: Leergebied 'mens en natuur' en wiskunde</b>
Subdomein 4.1: Kennis van wiskunde van belang voor techniek
Subdomein 4.2: Kennis van natuurkunde, scheikunde en biologie van belang voor techniek
<b>Domein 5: Vakdidactiek</b>
Subdomein 5.1: Visie op techniek- en technologieonderwijs
Subdomein 5.2: Leerplan en leermaterialen
Subdomein 5.3: Ethiek
Subdomein 5.4: Ontwerpen
Subdomein 5.5: Maken

Subdomein 5.6: Technische systemen en systeemdenken
Subdomein 5.7: Netwerken met bedrijven en instellingen buiten het onderwijs
Subdomein 5.8: Diversiteit in techniekonderwijs
<b>Keuzedomeinen:</b>
Keuzedomein 1: Vakverbreding biologie
Keuzedomein 2: Vakverbreding scheikunde
Keuzedomein 3: Vakverbreding natuurkunde
Keuzedomein 4: Verkopen en promoten van technische producten
Keuzedomein 5: Organiseren van een evenement met behulp van technische middelen
Keuzedomein 6: Audiovisuele vormgeving en productie
Keuzedomein 7: 2D- en 3D-vormgeving en -productie
Keuzedomein 8: Interactieve vormgeving en -productie
Keuzedomein 10: Podium- en geluidstechniek
Keuzedomein 11: Techniekpromotie, ambassadeurschap en samenwerking
Keuzedomein 12: Computers en netwerken

## Domein 1: Ontwerpen en maken van producten

### Subdomein 1.1: Ontwerpmethodologie en strategie

1. De startbekwame leraar heeft kennis van belangrijke ontwerpmethodieken en kan heen en weer redeneren tussen functie, structuur en werking.
2. De startbekwame leraar kan een bepaalde ontwerpmethodiek toepassen om zelf of in teamverband een ontwerp te realiseren als oplossing van een bepaalde technische probleemstelling.
3. De startbekwame leraar is in staat om binnen een ontwerpteam te functioneren.  
Communicatie en rolverdeling spelen hierbij een belangrijke rol.

#### Omschrijving

Belangrijke kernconcepten en begrippen zijn:

- keuze voor geschikte ontwerpmethodieken, zoals:
  - User Experience Design
  - design for maintenance
  - integraal ontwerpen
  - modulair ontwerpen
  - modellen van Pahl en Beitz of Ullman;



- programma van eisen en wensen;
- hanteren van morfologische schema's;
- beoordelen van varianten;
- fasering productontwerp;
- fasen in de levensduur van een product (ontwerp, productie, gebruik, afdanken);
- de economische levenscyclus van een product en productinnovatie;
- duurzaam ontwerpen, duurzaam produceren, schone technologie, recycling, cradle to cradle;
- de gebruiksaanwijzing.

### Kenmerkende voorbeelden

#### *Voorbeeld: programma van eisen*

- Welke aspecten spelen een rol bij het opstellen van een van eisen?

#### *Voorbeeld: integraal ontwerpen*

- Leg uit wat er wordt bedoeld met integraal ontwerpen.

#### *Voorbeeld: productinnovatie*

- Leg de noodzaak uit van productinnovatie.
- Bespreek een voorbeeld van productinnovatie.

#### *Voorbeeld: 'de stoep op'*

- Ontwerp en maak in teamverband een prototype van een "de-stoep-op-hulpje" voor een rollator.

#### *Voorbeeld: overbrenging*

- Geef een drietal varianten voor de overbrenging tussen motor en wielas bij een scooter.
- Beoordeel welke variant het beste toe te passen is. Gebruik hiervoor een wegingsmethode.

#### *Voorbeeld: cradle to cradle*

- Bespreek de kerngedachte van het cradle to cradle-concept en illustreer het met een concreet voorbeeld.
- Wat heeft dit concept te maken met processen zoals die zich in de natuur afspelen?

#### *Voorbeeld: bouwproces van woning*

- Geef een beschrijving van het globale bouwproces van een woonhuis (van idee tot oplevering) en de rol die de hierbij betrokken specialisten en vaklieden vervullen.



*Voorbeeld: reductie van verpakkingsmateriaal*

- Ontwerp een product waarbij de verpakking een belangrijk deel uitmaakt van het product zelf.

### Subdomein 1.2: Human Technology Interaction, ergonomie en vormgeving

1. De startbekwame leraar kan uitleggen wat er met de begrippen ergonomie en vormgeving wordt bedoeld en het belang ervan met voorbeelden illustreren.
2. De startbekwame leraar kan een bepaald technisch product onderzoeken op aspecten van ergonomie.
3. De startbekwame leraar kan op basis van Human Technology Interaction een kleinschalig onderzoek opzetten en uitvoeren om de mening van gebruikers over een bepaald technisch product in kaart te brengen.
4. De startbekwame leraar is in staat om wensen van de klant te vertalen in een productontwerp.
5. De startbekwame leraar kan de vormgevingsgeschiedenis van een bepaald product of productcategorie onderzoeken en vervolgens daarvan een beschrijving geven.
6. De startbekwame leraar kan zelf een ontwerp met inbegrip van ergonomische en vormgevingsaspecten realiseren.

#### Omschrijving

Belangrijke kernconcepten en begrippen zijn:

- gebruikersgroepen: kenmerken, behoeften;
- productinnovatie;
- productdesign;
- marktonderzoek;
- productevaluatie;
- gebruikskwaliteit;
- ergonomie;
- vormgeving, ook kunstzinnig.

#### Kenmerkende voorbeelden

*Voorbeeld: evalueren van een product*

- Leg uit wat wordt verstaan onder de gebruikskwaliteit van een product.
- Op welke vragen zoekt men een antwoord bij het uitvoeren van een productevaluatie?

*Voorbeeld: 3D geprinte prothese*

- Onderzoek een 3D geprinte prothese op ergonomische aspecten.
- Ontwerp een ergonomisch verantwoorde werkplek voor een media vormgever.

#### Voorbeeld: productverpakking

De firma EkoLine wil een nieuwe verpakking voor haar cosmeticalijn.

- Ontwerp en maak op basis van producteigenschappen, logistieke eisen en het corporate design deze nieuwe lijn.

### Subdomein 1.3: Technisch schetsen en tekenen, prototyping en simulatie

1. De startbekwame leraar is in staat uit de vrije hand een 2-dimensionale en een isometrische schets te maken van een voorwerp.
2. De startbekwame leraar heeft enige kennis van de betekenis NEN-normen.
3. De startbekwame leraar kan met een 2D en 3D CAD-pakket een accurate technische tekening maken van een eigen ontwerp (van een voorwerp, model of systeem) conform de relevante NEN-normen.
4. De startbekwame leraar kan uitleggen wat prototyping is en met voorbeelden aangeven hoe dit in de praktijk wordt gebruikt, bijvoorbeeld als model om te communiceren met de opdrachtgever.
5. De startbekwame leraar kan prototypen bouwen als onderdeel van een zelf uit te voeren ontwerpproces.
6. De startbekwame leraar kan met hiervoor bestemde software simulatiemodellen bouwen en het gedrag daarvan onderzoeken.

#### Omschrijving

Belangrijke kernconcepten en begrippen bij technisch schetsen en tekenen zijn:

- NEN- en ISO-normen;
- Europese en Amerikaanse projectie;
- isometrische tekening;
- uitslagen;
- solid modellering.

Belangrijke kernconcepten en begrippen bij prototyping zijn:

- zichtconcept;
- functioneel concept;
- modelbegrip.

Belangrijke kernconcepten en begrippen bij simulatie zijn:

- simulatiesoftware;
- systeemparameters;
- systeemgedrag.



## Kenmerkende voorbeelden

### *Voorbeeld: presentatietekening*

- Maak met behulp van een CAD-programma een technische tekening van een ontworpen prototype.

### *Voorbeeld: computersimulatie transmissiesysteem van een fiets*

- Bestudeer de overbrenging van krachten in het transmissiesysteem van een fiets met versnellingen:  
'trapper-crank - tandwielenset achterwiel - contactpunt achterwiel met de grond' met behulp van een computersimulatieprogramma.  
Bespreek de uitkomsten van deze simulatie en vergelijk deze met de theorie en met de werkelijkheid.
- Bespreek de uitkomsten van deze simulatie en vergelijk deze met de theorie en met de werkelijkheid.

### *Voorbeeld: prototype doseerapparaat*

- Ontwerp een eenvoudig mechanisch werkend doseerapparaat. Het apparaat werkt met een voorraadmagazijn met pillen, korrels of klontjes. Als het apparaat wordt bediend, zal er steeds 1 pil, korrel of klontje aan de gebruiker worden aangeboden.
- Bouw een werkend prototype uit eenvoudige materialen waarover leerlingen kunnen beschikken bij het maken van werkstukjes.

## Subdomein 1.4: Materialen bewerken, productiemethoden

1. De startbekwame leraar heeft een brede materialenkennis en is op de hoogte van ontwikkelingen op materiaalgebied, gekoppeld aan functies van materialen.
2. De startbekwame leraar is in staat om tijdens het ontwerpproces passende materialen te kiezen op basis van materiaaleigenschappen (in relatie tot vereiste functies), bewerkingsmogelijkheden en duurzaamheidsoverwegingen.
3. De startbekwame leraar kan belangrijke bewerkingsmethoden van verschillende categorieën materialen noemen en beschrijven en uitvoeren. Het gaat hierbij om het op accurate, veilige en juiste wijze bewerken van metalen, hout, textiel en kunststoffen.
4. De startbekwame leraar kan verschillende productiemethoden beschrijven en benoemen.
5. De startbekwame leraar kent het belang van productdocumentatie en standaardisatie.
6. De startbekwame leraar kan aangeven wat de functie is van: werkvoorbereiding, calculatie en kostenberekening en dat in een concreet eenvoudig voorbeeld ook uitvoeren.



## Omschrijving

Belangrijke kernconcepten en begrippen bij materialenkennis:

- mechanische en fysische eigenschappen van materialen zoals sterkte, spanning, slijtagecoëfficiënt, hardheid, dichtheid, corrosiebestendigheid, elektrische en thermische geleidbaarheid, optische eigenschappen.

Het gaat bij het bewerken van materialen onder meer om:

- verspanen, vervormen, scheiden en verbinden met machinale en handgereedschappen;
- belangrijke kernconcepten en begrippen bij productiemethoden:
  - ambachtelijke (stuksgewijze) productie;
  - serie- en massafabricage;
  - batchgewijze productie;
  - continue productie;
  - productiemachines, omsteltijd;
  - automatisering, robotisering;
  - flexibele automatisering;
  - maker movement, digital fabrication.

Het gaat bij productdocumentatie en standaardisatie om:

- normering, kwaliteitssystemen/ ISO-certificatie en het kunnen werken met polytechnische handboeken;
- logistieke concepten en begrippen:
  - marketing en logistiek;
  - inkoop, productie en logistiek;
  - materials handling;
  - Just in Time;
  - voorraadbeheer;
  - fysieke distributie.

## Kenmerkende voorbeelden

*Voorbeeld: spuitgieten*

- Beschrijf het spuitgietprocedé.

*Voorbeeld: vacuümvormen*

- Maak een mal om een product vacuüm te vormen.

*Voorbeeld: logistiek*

- Wat is het Just In Time principe?
- Geef een tweetal belangrijke voordelen.



#### *Voorbeeld: taakverdeling bij een productieproces*

- Maak voor een bestaand (eenvoudig) product een verdeling in taken per arbeidsstation.

#### *Voorbeeld: besturing productieproces*

- Bij een productieproces worden twee modellen op een productielijn gemaakt. Op een bepaald moment moeten de modellen verder in een eigen traject afgebouwd worden. Schrijf een besturingsprogramma voor het selectieproces op de lopende band.

#### *Voorbeeld: kostenberekening*

- Maak een kostenberekening voor een bestaand (eenvoudig) product en geef de prijsindicatie voor stuksgewijze productie, serie- en massaproductie.

### Subdomein 1.5: Werkplaats, gereedschappen en machines

1. De startbekwame leraar kan zelf de gereedschappen en machines, die wettelijk zijn toegestaan in het technieklokaal, juist en veilig bedienen.
2. De startbekwame leraar kan een technieklokaal onderhouden en beheren en is bekend met de regelgeving omtrent veiligheidseisen.

#### **Omschrijving:**

- Kennis van relevante veiligheidseisen en normen die zijn opgenomen in de Arbo-wet en waaraan de inrichting en arbeidsomstandigheden in het technieklokaal moeten voldoen;
- Het kunnen geven van bijzondere aandacht aan geluidsoverlast en risico op gehoorschade.

Het gaat bij het juist en veilig bedienen van gereedschappen en machines om:

- het kunnen beschrijven en zelf toepassen van het juist en veilig gebruik van gereedschappen en machines;
- het opstellen en handhaven van veiligheidsvoorschriften conform Arbo-normen;
- het nemen van concrete en adequate maatregelen in relatie tot veiligheid en incidenten;
- hergebruik en recycling van materialen.

#### **Kenmerkende voorbeelden**

##### *Voorbeeld: gereedschapskast*

- Geef een voorbeeld van de veilige inrichting van een gereedschapskast.

##### *Voorbeeld: gaten boren*

- Met welke verschillende boren kun je een gat boren in PMMA?

*Voorbeeld: bepaling toerental voor boor*

- Bepaal het juiste toerental voor een boor  $\varnothing 15$  mm in messing met behulp van een tabel.

## Domein 2: Technische producten en systemen

### Subdomein 2.1: Systeemanalyse en systeemontwerp

1. De startbekwame leraar kan technische systemen analyseren.
2. De startbekwame leraar kan via de methodiek van 'reverse engineering' een ontwerp maken op basis van een analyse van een alledaags gebruiksapparaat.
3. De startbekwame leraar kan op grond van deze analyse voorstellen doen voor het verbeteren van een ontwerp in een concrete situatie.

#### Omschrijving

Het gaat hierbij om kennis van:

- het bepalen van de functies en deelfuncties van een systeem (functie-analyse);
- het gebruiken van morfologische schema's voor het genereren van varianten;
- het opzetten en gebruiken van keuzetabellen;
- het opstellen van een input-output schema;
- feedback(lussen)/terugkoppeling, positief en negatief.

Belangrijke kernconcepten en begrippen zijn:

- systeem, systeemgrens, subsysteem, component;
- systeemconfiguratie;
- functieblokschema;
- principeschets;
- energieblokschema;
- morfologisch schema;
- reverse engineering.

#### Kenmerkende voorbeelden

*Voorbeeld: HR-ketel*

- Maak een functieanalyse en een blokschema of principeschets van een HR-ketel.

*Voorbeeld: koffie zetten*

Onderzoek een koffiezetmachine die werkt met behulp van zogeheten 'koffiepad's' (bijvoorbeeld Senseo).

- Maak een functieboom van het apparaat. Bepaal daartoe eerst de hoofdfunctie en de deelfuncties van het apparaat.
- Ga na welke eisen aan het onderzochte product werden gesteld.



- Beschrijf de werking van het apparaat.
- Geef een gefundeerde theoretische (natuurkundige) onderbouwing.
- Maak een principeschets van het apparaat.
- Teken het stroomkringschema.
- Teken het energieblokschema.

#### *Voorbeeld: systeemanalyse van de auto*

- Het systeem 'auto' kent de volgende subsystemen:
  - motor (met in- en uitlaatsysteem);
  - brandstofsysteem;
  - koelsysteem;
  - aandrijfsysteem;
  - besturingssysteem en wielophanging;
  - remsysteem;
  - elektrisch systeem.
- Kies een van de bovenstaande subsystemen. Onderzoek uit welke componenten en elementen dit subsysteem is opgebouwd door middel van een systeemanalyse.
- Maak van het gekozen subsysteem tekeningen/schetsen en verklaar de werking van het subsysteem door het toepassen van natuurkundige wetten.
- Geef een powerpointpresentatie van het geheel, waarin ook de relatie van het subsysteem tot het gehele systeem wordt belicht.

### Subdomein 2.2: Krachten en bewegingen

1. De startbekwame leraar kan de technische principes van het overbrengen van krachten en bewegingen uitleggen aan de hand van concrete alledaagse gebruiksvorwerpen, apparaten en machines (bijvoorbeeld voortstuwingsprincipes).
2. De startbekwame leraar kan berekeningen uitvoeren rondom deze overbrengingen.

#### Omschrijving

Het gaat hierbij om kennis van:

- verschillende soorten krachten en de toepassing ervan in alledaagse gebruiksvorwerpen, apparaten en machines;
- verschillende soorten bewegingen van (onderdelen van) apparaten en machines;
- mechanische, hydraulische en pneumatische (kracht)werktuigen;
- transmissiesystemen voor kracht en beweging (overbrengingstypen, zoals: riem-, tandwiel-, wormwiel-, ketting- en cardanoverbrengingen);
- het voortstuwingsprincipe en systeem van een voertuig of transportmiddel (fiets, auto, boot, vliegtuig, raket);

- methoden voor het minimaliseren of maximaliseren van wrijvingskrachten (bij schuiven, rollen of beweging door lucht of vloeistof) al naargelang de toepassing.

Belangrijke kernconcepten en begrippen zijn:

- soorten kracht;
- kracht, krachtmoment, koppel;
- de drie wetten van Newton;
- evenwichtsvoorwaarden;
- as en wiel, tandwielen, overbrengingen;
- katrollen, hefbomen;
- wig, schroefdraad;
- hydraulische en pneumatische systemen;
- materiaaleigenschappen van belang voor het gedrag van mechanisch werkende systemen.

### Kenmerkende voorbeelden

#### *Voorbeeld: zuigerpomp*

- Beschrijf de werking van een eenvoudige zuigerpomp zoals die wel in derde wereld gebruikt wordt.
- Maak daarbij een principeschets.
- Geef een verklaring voor de maximale opvoerhoogte van deze pomp.

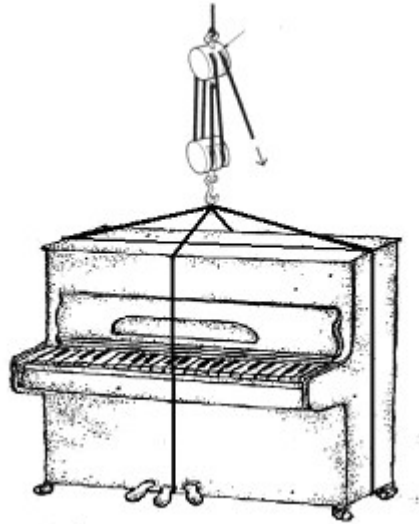


#### *Voorbeeld: hijswerktuig*

We hijsen een piano naar de 1e verdieping van een woning.

- Hoe heet het hier gebruikte hijsapparaat?
- De massa van de piano is 210 kg. Hoeveel spierkracht is nodig om hem op te hijsen?
- Hoeveel meter touw moet je inhalen om de piano 5 meter op te hijsen?
- Laat zien dat je met dit apparaat niet kunt besparen op de hoeveelheid arbeid die moet worden verricht om het blok 2 meter op te tillen.





*Voorbeeld: tillift*

In de gezondheidszorg wordt vaak gebruik gemaakt van tilliften om het zware werk van verpleegkundigen te verlichten.

- Formuleer het programma van eisen voor een dergelijke tillift.
- Bouw met geschikt constructiemateriaal een model van een dergelijke tillift.



*Voorbeeld: mountainbike*

Een mountainbike heeft veel versnellingen om allerlei soorten terrein te kunnen berijden: op de trapas zijn drie tandwielen gemonteerd en op de achteras negen.



- We willen een steil heuveltje bedwingen. Met welke combinatie van tandwielen voor en achter gaat dat met de minste spierkracht?
- Leg dit uit en maak in je antwoord gebruik van de momentenstelling.
- Bereken de snelheid van de fiets als de pedalen 40 x per minuut rondgaan. Het voorste tandwiel heeft 32 tanden en het achterste 21. De diameter van de wielen bedraagt 0,85 m.

### Subdomein 2.3: Constructies

1. De startbekwame leraar kan typen constructies noemen en beschrijven, zoals statische en dynamische constructies en constructiestructuren zoals langsbouw en centraalbouw.
2. De startbekwame leraar kan de optredende krachten in een constructie onder invloed van een mechanische belasting kwalitatief beschrijven en kan dit krachtenspel demonstreren met een zelf te bouwen model.
3. De startbekwame leraar kan in een ontwerp onderscheid maken tussen typen verbindingen zoals 'losneembaar' of 'niet-losneembaar'.
4. De startbekwame leraar kan maatregelen beschrijven waarmee een woning energiezuiniger kan worden gemaakt.
5. De startbekwame leraar kan de krachten tekenen die optreden in een constructie in een bepaalde belastingssituatie en kan een berekening van deze krachten maken.
6. De startbekwame leraar kan belangrijke materiaaleigenschappen noemen en deze in verband brengen met hun toepassing in constructies.
7. De startbekwame leraar kan eenvoudige berekeningen uitvoeren aan het mechanische gedrag van materialen.
8. De startbekwame leraar kan met behulp van een computersimulatieprogramma een constructie modelleren en evalueren.

#### Omschrijving

Het gaat hierbij om kennis van:

- constructieve eigenschappen van materialen die bij alledaagse constructies worden gebruikt;
- manieren om componenten van een constructie met elkaar te verbinden;
- krachten die op kunnen treden in constructies als gevolg van bepaalde typen belastingen en de daardoor veroorzaakte spanningen en vervormingen in (onderdelen van) de constructie;
- toepassing van de evenwichtsvoorwaarden bij het doorrekenen van een eenvoudige constructie;



- stijfheid van balken en constructie;
- thermische eigenschappen van constructies (materiaaldikte, spouwmuur, dubbel glas);
- geluidsisolerende eigenschappen van constructies.

Belangrijke kernconcepten en begrippen zijn:

- kracht en krachtmoment;
- Wetten van Newton, evenwichtsvoorwaarden;
- mechanische spanning en rek;
- mechanisch gedrag van materialen bij verschillende soorten mechanische belasting (druk, trek, afschuiving, torsie);
- doorbuiging van een constructie;
- warmtetransport en thermische eigenschappen van materialen en constructies;
- transport van geluid door constructies, transmissie en absorptie van geluid;
- verbindingstechnieken: krachtopsluiting (bijvoorbeeld schroeven), vormopsluiting (bijvoorbeeld zwaluwstaart) en materiaalversmelting (bijvoorbeeld solderen).

Het gaat hierbij om:

- computersoftware als 'West Point Bridge Design' en 'Interactive Physics'.

### Kenmerkende voorbeelden

#### *Voorbeeld: bruggen bouwen*

Bruggen worden tegenwoordig vaak als 'sieraad' van de stad gezien waar ze worden gebouwd.

- Onderzoek op welke wijze men tegenwoordig te werk gaat bij de aanbesteding van een groot project als de bouw van een nieuwe brug.
- Verzamel voorbeelden van hedendaagse toonbeelden van innovatieve bruggen.
- Maak een overzicht van de eisen die tegenwoordig aan nieuw te bouwen bruggen worden gesteld.
- Geef met voorbeelden aan hoe de hedendaagse vormgeving van bruggen is beïnvloed door de ontwikkeling van nieuwe constructiematerialen.

#### *Voorbeeld: bouwfasering*

Voor de oplevering van een gebouw zijn vele fasen doorlopen.

- Interview voor drie fasen de bij die fase betrokken personen.
- Geef een beschrijving van het gehele bouwproces waarbij de fasering duidelijk naar voren komt.

#### Voorbeeld: energielabel voor woonhuizen

In Nederland is onlangs een energielabel voor woonhuizen ingevoerd.

- Ga na wat dit systeem precies inhoudt en welke categorieën woonhuizen er worden onderscheiden.
- Bespreek de technische maatregelen die genomen kunnen worden om een woonhuis op te waarderen tot een hogere categorie.

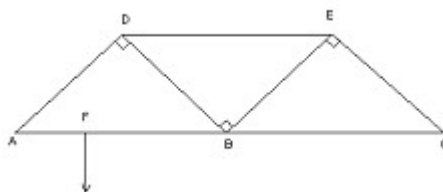
#### Voorbeeld: isoleren

- Verzamel drie soorten isolatiematerialen en voer een onderzoek uit waarbij je de R-waarde van het materiaal bepaalt.
- Vooroorlogse huizen hebben vaak een isolatieprobleem en daardoor hoge kosten voor verwarming. Aan het oorspronkelijke ontwerp van deze woningen valt dus wel wat te verbeteren. Doe tenminste vier verbetervoorstellen en maak daarbij globale berekeningen omtrent de mogelijke energiebesparing.

#### Voorbeeld: krachten spel in een vakwerkbrug

Een brug is opgebouwd uit een eenvoudige vakwerkconstructie (zie onderstaande tekening). Elke staaf heeft een massa van 300 kg. Alle scherpe hoeken in deze constructie zijn 45 graden. De rechte hoeken zijn aangegeven. De lengte van staaf AD is 5,0 meter. In punt F werkt een extra belastende kracht van 20 kN. De afstand AF bedraagt 2,3 meter.

- Maak een schetsje en teken de werklijn van de netto zwaartekracht die op de constructie werkt.
- Bepaal de reactiekrachten in de oplegpunten A en C.
- Bepaal de staafkrachten AB, DB en DE in de vakwerkconstructie. Geef bij elke staaf aan of het een druk- of een trekstaaf is.



#### Voorbeeld: het spanning-rek diagram

- Teken het globale verloop van het spanning-rek diagram van een materiaal dat een zogeheten vloeigrens heeft. Geef in het diagram aan waar de vloeigrens en waar de breukgrens zich bevindt.
- Hoe luidt de Wet van Hooke? Leg uit welke grootheden in deze wet voorkomen, hoe ze gedefinieerd zijn en wat de bijbehorende eenheden zijn.
- Wat verstaat men onder plastische vervorming?
- Schets wat er gebeurt in het spanning-rek diagram als er eerst een hele grote kracht op een proefstaaf werkt (waarbij dus plastische vervorming optreedt) en vervolgens deze kracht weer wordt weggenomen.



## Subdomein 2.4: Elektriciteit en elektronica

1. De startbekwame leraar kan de technische principes en werking van de belangrijkste elektrische onderdelen van alledaagse apparaten uitleggen en demonstreren.
2. De startbekwame leraar kan berekeningen uitvoeren rondom de werking van deze onderdelen.
3. De startbekwame leraar kan de werking van een analoge of digitale elektronische schakeling uitleggen.
4. De startbekwame docent kan een digitale schakeling bouwen en testen op de juiste werking ervan.

### Omschrijving

Het gaat hierbij om kennis van de werking van:

- serie en parallelschakeling;
- de gelijkstroommotor;
- de wisselstroommotor;
- de dynamo;
- de transformator;
- de adapter;
- toerentalregeling;
- het relais.

Het gaat hierbij om kennis van de werking en toepassing van:

- elektrische basiscomponenten (weerstand, spoel, condensator, diode);
- elektronische basiscomponenten (de diode, led, transistor);
- logische poorten (not, and, nand, or, nor);
- sensoren.

Belangrijke kernconcepten en begrippen zijn:

- stroom, spanning, vermogen;
- resonantiekring;
- elektromagnetische verschijnselen en de technische toepassingsmogelijkheden;
- analoog en digitaal;
- binaire codering;
- materiaaleigenschappen van belang voor het gedrag van elektrisch werkende systemen;
- belastbaarheid van elektrische systemen;
- veiligheidsnormen voor het werken met en van elektrische installaties.

Het gaat hierbij om:

- het bouwen van toepassingen met gebruikmaking van kant-en-klare basiscomponenten (zoals logische poorten en actuatoren);
- het gebruiken van kennis van elektriciteit en elektronica bij het bouwen van domoticatoepassingen.

### Kenmerkende voorbeelden

#### *Voorbeeld: collectormotor*

- Maak een onderwijsleermodel van een collectormotor waarin ook de fysische achtergronden duidelijk kunnen worden gemaakt.

#### *Voorbeeld: stofzuigermotor*

- Kan een stofzuigermotor (230V wissel) ook op een gelijkspanning lopen? Geef daarvoor een verklaring.

#### *Voorbeeld: zelfbouw elektrische fiets*

Je denkt erover om je fiets om te bouwen tot fiets met elektrisch aangedreven hulpmotor.

- Vraag technische documentatie aan bij verschillende fabrikanten van eventueel geschikte elektromotoren.
- Schrijf een rapport waarin je de door de fabrikant opgegeven prestaties en eigenschappen van de verschillende motoren met elkaar vergelijkt en maak op basis daarvan een beredeneerde keuze.

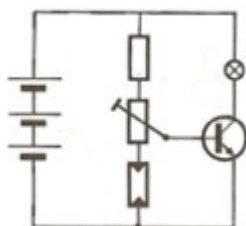
#### *Voorbeeld: föhn*

- Maak een foutzoekboom van een föhn.

#### *Voorbeeld: sensorschakeling*

Bekijk onderstaande schakeling.

- Neem de schakeling over en schrijf bij elke component de bijbehorende naam.
- Geef aan hoe de stroom in het circuit loopt.
- Beschrijf de werking van de schakeling.
- Wat is bij deze schakeling de basisspanning op de transistor?
- Geef een verklaring voor deze werking op basis van het gedrag van de afzonderlijke componenten.



#### Voorbeeld: pillenalarm

- Ontwerp en bouw een prototype van eenvoudig pillenalarm: een systeem dat een vergeetachtige bejaarde eraan herinnert dat hij/zij op tijd een bepaalde pil moet innemen. Neem als voorbeeld een persoon die dagelijks acht pillen moet slikken: bij het opstaan twee pillen tegelijkertijd op nuchtere maag, één pil bij het ontbijt, twee pillen tegelijkertijd bij de warme maaltijd op het middaguur, één pil bij de avondmaaltijd en twee pillen voor het slapen gaan.

### Subdomein 2.5: Meet- en regelsystemen, mechatronica

1. De startbekwame leraar kan op basis van het universele model gebaseerd op de begrippen input, proces, output, open en gesloten meet- en regelsystemen beschrijven, ontwikkelen en toepassen.
2. De startbekwame leraar kan op basis van een programma van eisen een microcontroller programmeren. Hij kan de microcontroller inzetten bij het besturen actuatoren.
3. De startbekwame leraar kan 2D- en 3D-tekenpakketten inzetten bij het aansturen van een lasersnijder en 3D-printer.

#### Omschrijving

Het gaat hierbij om kennis van:

- in het onderwijs gebruikte hard- en software (zoals Coach, het systeembord);
- de functie en werking van logische poorten;
- de koppeling van sensoren, logische poorten en actuatoren om een bepaald functioneel gedrag van een systeem te bereiken;
- de functie en werking van bepaalde algoritmen voor computerprogramma's (als ...dan ...; als ... dan ... anders ...; herhaal ..., herhaal ... totdat ..., herhaal zolang ...);
- het programmeren van de computer met behulp van geschikte software om een bepaald functioneel gedrag van een systeem te bereiken.

Het gaat hierbij om kennis van:

- de werking van microcontrollers zoals bijvoorbeeld Arduino, raspberry Pi, microbit;
- sensoren voor licht, geluid, temperatuur, afstand, enz.;
- elektromotoren;
- servo's;
- stappenmotoren.

Belangrijke kernconcepten en begrippen zijn:

- input, proces, output;
- meten, sturen, regelen;
- open en gesloten regelsysteem;
- programmeren en algoritmen;



- programmeeromgeving;
- logische poorten;
- geheugenelement;
- sensor en actuator.

### Kenmerkende voorbeelden

#### *Voorbeeld: besturingsprobleem*

Bedenk en maak een model waarmee leerlingen in staat zijn een programmeeropdracht uit te voeren waarbij een Arduino het model automatisch bestuurt. De situatie moet zodanig zijn dat de leerling een besturingsprobleem krijgt op te lossen. Dit besturingsprobleem moet opgelost worden door de computer een aantal handelingen uit te laten voeren. De handelingen die ter beschikking staan moeten zodanig zijn dat de leerling moet nadenken over:

- de logische volgorde van de uit te voeren handelingen;
- hoe een repeteer (herhaal, als, enzovoorts) opdracht te realiseren;
- welke variabele in een bepaalde situatie moet worden gekozen, enz.

Bij de oplossing van het besturingsprobleem moet gebruik worden gemaakt van:

1. procedures met variabelen;
2. functies (er moet dus in het model gebruik worden gemaakt van sensoren die de lerenden kunnen testen);
3. een gestructureerd menu met daarin conditionele opdrachten en/of lusopdrachten.

#### *Voorbeeld: lichtvolger*

- Ontwerp en bouw een model van een zonvolginstallatie.

#### *Voorbeeld: slim voertuigje*

- Bouw met behulp van constructiemateriaal, sensoren en actuatoren een voertuig dat een zwarte lijn op een vlakke vloer volgt.

## Subdomein 2.6: Informatie en communicatie

De startbekwame docent kan belangrijke concepten rondom de werking van communicatiemiddelen en systemen benoemen, uitleggen en hanteren.

### Omschrijving

Het gaat om kennis van:

- media voor informatietransport: papier, ether, glasvezel, enz.;
- vormen van communicatie, communicatiemiddelen, toepassings- en gebruiksmogelijkheden en maatschappelijk belang (GSM, telefoon, draadloze verbindingen, radio/tv, satelliet, internet/e-mail en GPS);
- internet of things (IOT);





- radio frequentie identificatie (RFID);
- near field communication (NFC).

Belangrijke kernconcepten en begrippen zijn:

- informatie, informatie-inhoud, informatiestroom;
- analoge en digitale signalen;
- coderen van informatie;
- radiogolven;
- bandbreedte;
- transmissiesnelheid;
- informatiesnelheid;
- afscherming en beveiliging.

### Kenmerkende voorbeelden

*Voorbeeld: communiceren met behulp van de computer*

- Maak een indeling van de communicatiemogelijkheden die de computer biedt en maak daarbij onderscheid in asynchrone en synchrone communicatie.
- Geef bij elke mogelijkheid minstens drie voorbeelden die laten zien hoe men er tegenwoordig gebruik van maakt en welke invloed dit heeft op onze samenleving.
- Maak hiervan een (digitale) presentatie.

*Voorbeeld: universeel communicatiemodel*

- Geef een weergave van het universele communicatiemodel.
- Geef een drietal voorbeelden van gecodeerde transmissie.

*Voorbeeld: principe NFC*

- Ontwerp een les voor leerlingen waarin het principe van NFC wordt uitgelegd.

*Voorbeeld: resonantiekring*

- Bestudeer het wisselstroomgedrag van een parallel geschakelde spoel en condensator.
- Bij welke frequentie is de kring in resonantie?
- Hoe zit het met de impedantie bij die resonantiefrequentie?
- Hoe maken we daar gebruik van in de afstemkring van een AM-radio?

*Voorbeeld: metaaldetector*

- Ontwerp en bouw een metaaldetector die gebruik maakt van een resonantiekring.

## Subdomein 2.7: Huisinstallaties en domotica

1. De startbekwame leraar kan de opbouw van een elektrische huisinstallatie bespreken evenals de werking en functie van de verschillende componenten.



2. De startbekwame leraar kan de opbouw en werking van (onderdelen van) belangrijke huishoudelijke installaties uitleggen en demonstreren.
3. De startbekwame leraar kan beschrijven wat er met het begrip domotica wordt bedoeld en kan daarvan voorbeelden noemen.
4. De startbekwame leraar kan in een concrete situatie van een dergelijk systeem een globale beschrijving (de opbouw in componenten) geven en de functionaliteit(en) ervan beschrijven.

### Omschrijving

Het gaat hierbij om kennis van:

- opbouw en werking van de elektrische huisinstallatie en belangrijke veiligheidseisen;
- (warm)water en sanitaire voorzieningen in het woonhuis;
- verwarmingssystemen voor het woonhuis;
- domotica: systemen en toepassingen met speciale aandacht voor het zelfstandig wonen van ouderen en minder validen.

Belangrijke kernconcepten en begrippen:

- aarding;
- stroomkringschema;
- afvalproducten zoals afvoergassen en afvalwater, afvalsystemen;
- energiebalans;
- ventilatie.

### Kenmerkende voorbeelden

#### *Voorbeeld: pompen*

1. Maak een inventarisatie van pompen die in en om huis gebruikt worden. Bedenk hierbij dat pompen vaak een essentieel onderdeel zijn van apparaten en machines in en om het huis.
2. Geef aan wat de functie van de pomp is en om welk soort pomp het gaat.
3. Kies een bepaalde pomp en onderzoek de opbouw en de werking ervan. Leg vervolgens de constructie en de werking uit en maak hierbij gebruik van zelfgemaakte foto's, exploded view afbeeldingen, schematische tekeningen en/of doorsnede tekeningen. Bij de beschrijving van de werking van de pomp mag een passende natuurkundige verklaring natuurlijk niet ontbreken.

#### *Voorbeeld: het zonnetje in huis*

Een 'intelligent' huis moet kunnen zorgen voor een aangenaam binnenklimaat. In de zomer worden daarom automatisch de zonneschermen bij de woonkamer neergelaten als er te veel zonlicht binnenvalt of als de temperatuur in deze

kamer te hoog oploopt. Natuurlijk moet je de automatische regeling kunnen uitschakelen en zelf handmatig de zonneschermen kunnen bedienen.

- Ontwerp een zo eenvoudig mogelijke schakeling met behulp van het computerprogramma 'systeembord', door gebruik te maken van de juiste sensoren, logische poorten en twee relais als actuator. We gaan ervan uit dat de zonneschermen worden neergelaten als een relais is bekrachtigd en weer worden opgehaald als het andere relais wordt bekrachtigd.

Het wordt vervelend als het half bewolkt is en er regelmatig een wolkje voor de zon schuift: dan gaan de schermen te vaak omhoog en omlaag.

- Verbeter de schakeling door een tijdsinterval in te stellen: alleen als de zon langer dan x seconden onafgebroken heeft geschienen, worden de schermen neergelaten. Hetzelfde geldt voor het weer ophalen van de schermen.

*Voorbeeld: domotica en zelfstandig blijven wonen van ouderen*

- Maak een schriftelijk verslag van 3.000 woorden over de betekenis van domotica voor het zo lang mogelijk zelfstandig blijven wonen van ouderen. Besteed hierbij aandacht aan de ervaringen die hiermee tot nu toe zijn opgedaan en breng zo volledig mogelijk in beeld welke systemen en oplossingen er op dit moment zijn ontwikkeld en wat er in de naaste toekomst nog te verwachten valt.

## Subdomein 2.8: Energietechniek

1. De startbekwame leraar kan een aantal voorbeelden noemen van energiebronnen en daarbij aangeven hoe de energie wordt gewonnen, (eventueel) opgeslagen en gedistribueerd.
2. De startbekwame leraar kan concrete voorbeelden geven van energie-omzettingen en daarbij toepassingen noemen.
3. De startbekwame leraar kan aangeven of, en in welke mate, bepaalde energiebronnen duurzaam zijn.
4. De startbekwame leraar kan berekeningen maken ten behoeve van een technisch ontwerp betreffende het winnen van energie en energieomzettingen in concrete situaties.
5. De startbekwame leraar kan op een aantal verschillende terreinen energiebesparende maatregelen en technieken noemen.
6. De startbekwame leraar kan globaal de innovaties op dit terrein noemen en bespreken.

### Omschrijving

Het gaat hierbij om kennis van:

- bronnen en methoden voor de winning van conventionele en duurzame energie;



- werking van conventionele en duurzame energiecentrales.

En om kennis van methoden en systemen voor het:

- omzetten van energie;
- opslaan van energie;
- transport van energie;
- distribueren van energie;
- verbeteren van het rendement van een energie-installatie;
- thermisch isoleren van een constructie.

Belangrijke kernconcepten en begrippen zijn:

- energie, arbeid en vermogen;
- soorten energie;
- duurzame energiebronnen;
- energieverliezen, rendement;
- mogelijkheden voor energiebesparing;
- warmtekracht koppeling;
- warmteweerstand en warmtegeleidingscoëfficiënt;
- warmtepomp;
- brandstofcel;
- zonnecel;
- windturbine;
- hybride-aandrijving;
- kernenergie;
- biomassa.

### Kenmerkende voorbeelden

#### *Voorbeeld: brandstofcel*

- Beschrijf de werking van een brandstofcel.
- Bouw een werkend model van een voertuig dat rijdt met behulp van een brandstofcel.

#### *Voorbeeld: de muizenvalwagen*

Gegeven een bestaande (of zelf te bouwen) muizenvalwagen.

- Analyseer (meet) krachten, aandrijfkoppel, energie-inhoud, enz.
- Breng op grond van deze analyses verbeteringen aan. De cyclus moet twee keer worden doorlopen.

#### *Voorbeeld: de warmtepomp*

- Beschrijf de werking van een warmtepomp.
- Wat is het rendement (COP) van een warmtepomp?

Geef een aantal overwegingen om een warmtepomp in de civiele woningbouw toe te passen. Geef behalve technische en milieutechnische ook economische overwegingen.

*Voorbeeld: de windturbine*

- Leg uit hoe een (2- of 3-bladige) windturbine energie haalt uit de langstromende lucht. Geef hierbij een verklaring.
- Noem drie ontwerpfactoren die van grote invloed zijn op het theoretische vermogen van een windturbine.  
*Opmerking: natuurlijk waait het op een beplaaide locatie niet altijd even hard.*
- Maak duidelijk welke gegevens men nodig heeft om het over een jaar gemiddelde opgewekte vermogen van een windturbine te bepalen.
- Leg uit hoe deze berekening uitgevoerd moet worden.

### Subdomein 2.9: Mobiliteit en transport

1. De startbekwame leraar kan productieprocessen zoals materials handling en fysieke distributie en kan de daarbij benodigde transportmiddelen beschrijven.
2. De startbekwame leraar kan een beschrijving geven van de logistieke processen bij een productiemethode.
3. De startbekwame leraar kan op basis van specificatie een eenvoudige productielijn ontwerpen en kan beschrijven wat men moet weten en kunnen om een product op de markt te zetten: bedrijfssimulatie.

#### Omschrijving

Het gaat hierbij om kennis van:

- de mobiliteit van mensen en goederen op kleine en op grote schaal en de hiermee samenhangende bedrijvigheid;
- de problemen en de (technische) oplossingen rondom het handhaven of vergroten van de mobiliteit;
- transportsystemen als onderdeel van industriële productprocessen.

Belangrijke kernconcepten en begrippen zijn:

- mobiliteit;
- vrijheidsgraden van mobiliteit (1-,2-,3-dimensionaal);
- infrastructuur voor transport;
- logistiek;
- materials handling;
- Just in Time principe;
- globalisering en wereldhandel;
- assemblage;
- vervoerscapaciteit;
- hybridesysteem.



## Kenmerkende voorbeelden

### *Voorbeeld: de verbrandingsmotor*

- Bespreek de werking van de verbrandingsmotor volgens de 4-takt cyclus.
- Maak er 4 tekeningen bij.
- Geef de juiste benaming van elke fase in deze cyclus.
- Teken het energieblokschema.
- Wat wordt er verstaan onder het rendement van een dergelijke motor?
- Hoe groot is dat rendement ongeveer?
- Waarom is dat rendement zo laag?

### *Voorbeeld: in de file*

De auto is een voorbeeld van een succesvol product van techniek: voor veel mensen is het bezit van een eigen auto bijzonder belangrijk. Nu echter dreigt de auto slachtoffer te worden van zijn eigen succes. Er zijn tegenwoordig zoveel voertuigen op de weg dat de mobiliteit juist weer afneemt als gevolg van de toenemende fileproblematiek.

- Werk zelf minstens vier mogelijke oplossingen voor het fileprobleem uit en beschrijf daarbij welke rol de techniek speelt bij het realiseren van elke variant.
- Onderzoek welke maatregelen de overheid heeft genomen (of in studie heeft) om het fileprobleem 'deels' op te lossen en welke rol techniek in deze maatregelen speelt.
- Je werkstuk omvat een verhandeling van 2.500 tot 3.000 woorden.

### *Voorbeeld: goederenstromen over de hele wereld*

Veel goederen reizen tegenwoordig de hele wereld over: zo worden Hollandse garnalen in Tanger (Marokko) gepeld en daarna weer teruggereden naar Nederland.

- Geef vijf andere voorbeelden van dit soort goederenstromen over de wereld en breng dat in beeld.
- Geef bij elk voorbeeld aan van welk(e) transportmiddel(en) er gebruik wordt gemaakt.
- Geef ook bij elk voorbeeld aan welke technische eisen er worden gesteld aan het transport en hoe daarin wordt voorzien?
- Wat zijn de maatschappelijke voor- en nadelen van dit soort transporten?

### *Voorbeeld: de juiste keuze voor vervoer van goederen*

Congestie op de snelwegen binnen Europa is een groot probleem. Goederen die met zeeschepen aankomen in Rotterdam moeten tegen lage kosten en vaak snel afgeleverd worden op diverse plekken in Europa.

- Maak een overzicht van type goederen en adviseer daarbij welk transportmiddel je in zou willen zetten.  
Werk het uit voor de volgende transporten:
  - kleding voor Berlijn;

- steenkool voor Essen;
- elektronica voor Parijs;
- auto's voor Luxemburg.

### Subdomein 2.10: Biogerelateerde technologie

1. De startbekwame leraar kan uitleggen wat er wordt bedoeld met biogerelateerde techniek en biotechnologie en kan de ontwikkelingen op dit gebied globaal beschrijven.
2. De startbekwame leraar kan met voorbeelden aangeven welke rol biogerelateerde technologie speelt in voedings- medische- sport- en de biotechnologische sector.
3. De startbekwame leraar kan voorbeelden uit de levende natuur benutten ten behoeve van technische ontwerpen.

#### Omschrijving

Belangrijke kernconcepten en begrippen zijn:

- biotechnologie;
- synthetische biologie;
- biomimetica;
- bionica;
- biometrie.

#### Kenmerkende voorbeelden

##### *Voorbeeld: biotechnologie en ons voedsel*

- Beschrijf het gebruik en invloed van biotechnologie in de voedingsindustrie. Draagt dit bij aan de continuïteit en de veiligheid van onze voedselvoorziening en aan het verhogen van onze gezondheid?
- Onderzoek en bespreek het gebruik van micro-organismen bij het maken van voedsel.

##### *Voorbeeld: ontwerpen naar de natuur, het lotusblad*

- Bekijk de video 'Lotus' uit de serie 'dat willen wij ook'.
- Beschrijf het onderzoek van prof. W. Bartlott van de universiteit van Bonn naar de eigenschappen van het lotusblad.
- Geef aan welke producten hij heeft ontwikkeld en welke toepassingsmogelijkheden hij ziet voor de toekomst.
- Doe aanvullend onderzoek via internet.

##### *Voorbeeld: onderzoek naar manieren van lopen*

- Voer een onderzoek uit naar looppatronen van mensen door middel van een zelf te bouwen drukschakelaar.
- Met deze drukschakelaar in combinatie met een computer als meetsysteem doe je metingen aan de staptijd en voetafwikkeling tijdens het lopen.
- Maak de resultaten grafisch zichtbaar.



## Domein 3: Techniek, natuurwetenschap en samenleving

### Subdomein 3.1: Ontwikkeling van techniek

1. De startbekwame leraar kan uitleggen welke fasen er in de geschiedenis van de techniek kunnen worden onderscheiden, zoals de : landbouwrevolutie, industriële revolutie, elektrische revolutie, digitale revolutie, convergentie van technologieën.
2. De startbekwame leraar kan de wisselwerking tussen techniek en natuurwetenschap en tussen techniek en samenleving beschrijven en toelichten aan de hand van concrete voorbeelden.
3. De startbekwame leraar kan aan de hand van concrete voorbeelden laten zien welke rol techniek speelt in het dagelijkse leven van mensen.
4. De startbekwame leraar kan de technische ontwikkelingen rondom (massa)communicatiemiddelen benoemen en de maatschappelijke gevolgen ervan met voorbeelden toelichten.
5. De startbekwame leraar kan de maatschappelijke betekenis van transport voor de samenleving vanuit een technisch perspectief bespreken.

#### Omschrijving

Het gaat hierbij om kennis van:

- het proces van industrialisatie;
- de ontwikkelingsgeschiedenis van belangrijke technische producten of vindingen;
- de ontwikkelingen in belangrijke maatschappelijke sectoren: gezondheidszorg, verkeer en vervoer, voedselproductie, communicatie en energievoorziening;
- de betekenis van techniek voor het dagelijks leven van mensen (wonen, werken, vrije tijd);
- maatschappelijke effecten als gevolg van technologische ontwikkelingen.

Belangrijke kernconcepten en begrippen zijn:

- industrialisatie;
- 'Technology Assessment';
- technische innovatie;
- economische aspecten (geld, octrooi, enz.);
- infrastructuur;
- consumer lifestyle;
- gender en techniek.

#### Kenmerkende voorbeelden

*Voorbeeld: groenteteelt in Nederland*

- Onderzoek de geschiedenis van de groenteteelt in Nederland.





- Welke overeenkomsten en verschillen zijn er met de huidige derdewereldlanden?
- Wat is de rol van de Landbouwuniversiteit in Wageningen in deze sector?

*Voorbeeld: vrije tijd en techniek*

We beschikken tegenwoordig over veel vrije tijd en we besteden deze vrije tijd steeds intensiever.

- Maak een overzicht van tien vormen van vrijetijdsbesteding.
- Geef bij iedere vorm aan welke rol techniek hierbij speelt.
- Zoek zelf geschikt bronmateriaal en vermeld de gebruikte bronnen.

*Voorbeeld: sportattributen*

Bij veel sporten spelen sportattributen een belangrijke rol. Technisch specialisten en onderzoekers hebben in samenspraak met atleten ervoor gezorgd dat sportattributen steeds zijn verbeterd.

- Opdracht: kies een sport en onderzoek hoe het bijbehorende attribuut in de loop der jaren steeds verder is ontwikkeld en hoe het de geleverde sportprestaties heeft verbeterd. Besteed daarbij aandacht aan de rol die de wetenschap en de techniek hierbij hebben gespeeld en de wijze waarop toegepast onderzoek heeft plaatsgevonden.

*Voorbeeld: lifestyle en techniek*

Lifestyle producten zoals de nieuwste iPod, een geavanceerde mobiele telefoon, een laptop, mode als kleding, schoeisel, accessoires en cosmetica zijn voor veel mensen erg belangrijk.

- Onderzoek aan de hand van deze voorbeelden het verband tussen de levensstijl van (groepen) mensen en het gebruik van technologie. Je bevindingen presenteer je met behulp van multimedia.

*Voorbeeld: altijd en overal bereikbaar*

Wil je altijd en overal bereikbaar zijn, 24 uur per dag, voor vriend en vijand? Wat zijn de voordelen, wat zijn de nadelen?

- Schrijf op hoe jijzelf hiermee omgaat.
- Stel met een medestudent een enquête samen om de meningen van mensen over de voor- en nadelen van de moderne communicatiemiddelen en de invloed ervan op hun persoonlijke leven te onderzoeken.
- Bespreek de enquête eerst met medestudenten en stel zo nodig bij.
- Formuleer jullie verwachtingen omtrent de uitkomsten van de enquête.
- Voer de enquête vervolgens uit bij verschillende leeftijdsgroepen.
- Trek conclusies uit de enquête en leg die naast jullie verwachtingen. Waar zitten de grote verschillen?

### Subdomein 3.2: Filosofie en ethiek van de techniek

1. De startbekwame leraar kan de weerslag van de technische ontwikkelingen op de individuele mens en de huidige maatschappij bespreken en aan de hand van concrete voorbeelden toelichten.
2. De startbekwame leraar kan met voorbeelden onze afhankelijkheid van techniek illustreren, kan een keuze verantwoorden en een standpunt innemen en verdedigen.
3. De startbekwame leraar kan met voorbeelden aangeven dat er verschillende visies op techniek bestaan.

#### Omschrijving

Het gaat hierbij om:

- ethische vragen bij het ontwerpen van technische producten en systemen. Typen ethische overwegingen: plichten, deugden en gevolgen;
- de relatie tussen de mens en de door hem geschapen artefacten (zoals robots, kunstmatige intelligentie, virtuele werelden) en de invloed daarvan op de menselijke psyche en zijn werkelijkheidsbeleving;
- techniek als cultureel verschijnsel;
- het duale karakter van techniek: 'zegen versus zorg'; het maken van afwegingen;
- grenzen van de technologische samenleving;
- sociale en politieke dimensies van techniek;
- Cybernetica, Artificial Intelligence, robot, nanotechnologie, virtual en augmented reality.

Belangrijke kernconcepten en begrippen zijn:

- welvaart en welzijn;
- consumptiemaatschappij;
- privacy.

#### Kenmerkende voorbeelden

*Voorbeeld: maakt techniek gelukkig?*

Ons technisch kunnen lijkt tegenwoordig onbegrensd: als we iets willen dan kunnen we er met onze technische kennis voor zorgen dat het er ook echt komt. Nu echter komt steeds meer de vraag aan de orde of wij wel 'moeten willen wat er allemaal kan'.

- Geef jouw mening over de stelling dat techniek gelukkig maakt.
- Onderbouw je betoog met vijf gezaghebbende literatuurbronnen waarin de pro's en contra's van techniek worden besproken.

#### Voorbeeld: lang zullen we leven?

Met technologie zijn we in staat mensen 'in leven' te houden.

- Onderzoek eens om welke technologie dat gaat.
- Waar ligt wat jou betreft de grens?

#### Voorbeeld: cameratoezicht

Op straten en pleinen hangen steeds meer camera's. De wetgever vindt dit noodzakelijk voor de handhaving van de openbare orde. Tegenstanders zeggen dat hiermee inbreuk wordt gemaakt op de privacy.

- Schrijf een opstel over deze kwestie en neem hierin een genuanceerd persoonlijk standpunt in.

#### Voorbeeld: cyborg

- Bespreek het thema van de film 'A.I.' van Steven Spielberg en Stanley Kubrick. Doe hiervoor onderzoek naar de ideeën van beide regisseurs die ten grondslag hebben gelegen aan deze film.
- Schrijf ook een persoonlijke recensie over de film en probeer daarbij de vraag te beantwoorden 'wat een mens tot mens maakt'.

### Subdomein 3.3: Techniek in beroepen

1. De startbekwame leraar kan aangeven welke rol techniek in het verleden, nu en in de nabije toekomst speelt in beroepen, bedrijven en arbeidssituaties in de verschillende maatschappelijke en industriële sectoren.

*Opmerking: het gaat hierbij niet alleen om de technische beroepen: immers techniek speelt vrijwel altijd een belangrijke rol, ook bij ogenschijnlijk niet technische beroepen, bedrijven en arbeidssituaties.*

2. De startbekwame leraar kan aan de hand van voorbeelden aangeven in welke mate en in welke sectoren er sprake is van industriële productie in Nederland.
3. De startbekwame leraar kan aan de hand van voorbeelden de relatie van industriële productie en globalisering (designed in Holland, made in China) beschrijven.

#### Omschrijving

Het gaat hierbij om kennis van:

- de aard van de werkzaamheden die samenhangen met een bepaald technisch beroep of discipline;
- veranderingen in arbeidsprocessen (bijvoorbeeld als gevolg van globalisering, automatisering en robotisering);
- technische vindingen/artefacten en de invloed daarvan op de maatschappij (stoommachine, ijzerproductie, aquaducten, enz.);
- enkele belangrijke uitvinders/technologen en hun vindingen;
- de (historische) samenhang tussen wetenschap en techniek;



- loopbaanperspectieven van hoger, middelbaar en lager technisch geschoold personeel;
- vakinhouden in de bovenbouw vmbo: metalectro, voertuigtechniek, bouw, installatietechniek en grafimedia.

Belangrijke kernconcepten en begrippen zijn:

- organigram van een bedrijf;
- technische disciplines en beroepen;
- factoren die het loopbaanperspectief bepalen;
- projectorganisatie;
- loopbaanoriëntaties van middelbare scholieren;
- beroepsbeeld van jongeren;
- assemblage-industrie;
- globalisering.

### Kenmerkende voorbeelden

*Voorbeeld: de beroepenbeurs voor jongeren*

Bezoek een beroepenbeurs voor jongeren.

- Schrijf hierover een verslag waarbij je ingaat op de kwaliteit van de beurs als het gaat om beroepenoriëntatie.
- Geef daarbij goede en minder goede voorbeelden.
- Interview tenminste drie bezoekende jongeren en verwerk dat in je verslag.

*Voorbeeld: werken in de bouwsector*

Doe onderzoek naar de verschillende beroepen en functies in de bouwsector.

- Zoek uit welke werkzaamheden samenhangen met een bepaalde functie of beroep.
- Zoek ook uit op welke wijze en in welke fase deze mensen bij een bouwproject betrokken zijn.

*Voorbeeld: bedrijfsbezoek*

Bezoek een bedrijf.

- vorm je een beeld van de organisatiestructuur, de bedrijfsprocessen en de (technische) disciplines die er een rol spelen;
- besteed ook aandacht aan de beroepskwalificaties van de (groepen) mensen die er werken;
- doe hiervan schriftelijk verslag;
- maak een overzichtelijk organigram van het bedrijf en duidelijke schema's om de volgorde van - en relaties tussen - de verschillende bedrijfsprocessen in beeld te brengen.

### Subdomein 3.4: Techniek, milieu en duurzaamheid

De startbekwame leraar heeft kennis van de relatie tussen techniek, milieu en duurzaamheid en kan dit met concrete voorbeelden toelichten.

#### Omschrijving

Het gaat hierbij om kennis van:

- Relaties tussen techniek, milieu en gezondheid van mens, plant en dier;
- Bronnen en oorzaken van milieuvervuiling;
- Duurzame productietechnieken;
- Schoonmaaktechnologieën.

Belangrijke kernconcepten en begrippen zijn:

- Ecologische voetafdruk;
- Milieuvervuiling;
- Duurzaamheid;
- Hergebruik;
- Recycling.

#### Kenmerkende voorbeelden

##### *Voorbeeld: je ecologische voetafdruk*

Techniek speelt een grote rol in ons leven en is van invloed op onze levensstijl.

- Geef de aspecten die een belangrijke rol spelen in de relaties tussen jouw levensstijl, techniek en jouw ecologische voetafdruk weer in een mindmap.

##### *Voorbeeld: schoner produceren van kleding*

- Zoek uit waarom de productie van katoen zeer belastend is voor het milieu.
- Maak een vergelijking met het productieproces van biologisch afbreekbare stoffen en kleding.

## Domein 4: Leergebied 'mens en natuur' en wiskunde

### Subdomein 4.1: Kennis van wiskunde van belang voor techniek

Wiskunde speelt een rol bij het beoefenen van techniek: bij sommige probleemstellingen moeten immers berekeningen worden gemaakt en/of moet er met gegevensverzamelingen worden gewerkt.

1. De startbekwame leraar techniek kan het vak wiskunde op havo-niveau gebruiken bij het oplossen van technische problemen.
2. De startbekwame leraar kan wiskunde gebruiken met het uitvoeren van ontwerp opdrachten.



3. De startbekwame leraar kan wiskunde gebruiken bij het uitleggen van technische principes en processen.
4. De startbekwame leraar kan wiskunde gebruiken bij het uitvoeren van kwaliteitsanalyses en analyseren van enquête.

### Omschrijving

Het gaat hierbij om de volgende kennis en vaardigheden:

- rekenen, meten, schatten, gebruik rekenmachine, uitkomsten controleren op orde van grootte, rekenen met verhoudingen, met schaal, vergroten of verkleinen;
- het lezen van vlakke afbeeldingen van ruimtelijke figuren, ruimtelijke afbeeldingen in perspectief, het uitvoeren van transformaties, het aangeven en gebruiken van congruentie, symmetrie, berekeningen kunnen uitvoeren aan meetkundige en stereometrische figuren, hoekberekeningen kunnen uitvoeren met behulp van goniometrische betrekkingen;
- het gebruik van tabellen, grafieken en andere visualiseringen van informatie, het gebruik van functies en vergelijkingen bij wiskundige modelberekeningen aan technische problemen; statistiek, steekproef, frequentieverdeling, normaalverdeling, gemiddelde, spreiding en standaardafwijking.

### Kenmerkende voorbeelden

*Voorbeeld: marktonderzoek*

Het analyseren van een enquête in het kader van een behoefteonderzoek en de resultaten inzichtelijk verwerken door gebruik te maken van statistiek.

*Voorbeeld: wikkelen van een spoel*

Bereken op basis van een de dimensionering en het aantal wikkelingen van een te wikkelen spoel de benodigde hoeveelheid koperdraad.

## Subdomein 4.2: Kennis van natuurkunde, scheikunde en biologie van belang voor techniek

De vakken natuurkunde, scheikunde en biologie zijn belangrijke steunvakken voor de techniek. Het gaat erom dat de startbekwame leraar basiskennis van natuurkunde, scheikunde en biologie kan gebruiken bij het oplossen van technische problemen en uitvoeren van technische activiteiten en bij het functioneren als leraar in het leergebied.

### Omschrijving

Wat betreft de onderwerpen gaat het hierbij om:

- fysische, chemische en biologische materiaaleigenschappen;
- elektriciteit en magnetisme;
- energie;
- geluid (akoestiek, geluidsbron, voortplanting, frequentie, amplitude, geluidsterkte, gehoorgrens, decibelmeter);

- optica (lenzen, optische apparaten);
- mechanica: statica, dynamica en kinematica;
- fysische en chemische scheidingsmethoden;
- mensen, dieren en planten in wisselwerking met elkaar en hun omgeving (milieu);
- de bouw en functie van het menselijk lichaam, verbanden met het bevorderen van de lichamelijke en psychische gezondheid en de eigen verantwoordelijkheid van het individu daar in;
- zorg en hoe dat toe te passen op het individu, anderen in de omgeving en hoe de veiligheid van individu en anderen in verschillende leefsituatie (wonen, leren, werken, uitgaan, verkeer) positief te beïnvloeden.

### Kenmerkende voorbeelden

#### *Voorbeeld: algenreactor*

Onderzoek hoe algen groeien en ontwerp een opstelling voor het zo optimaal mogelijk kweken van algen en ontwerp een experiment om de hoeveelheid algen te kunnen vaststellen.

#### *Voorbeeld: handzeep maken*

Onderzoek de chemische samenstelling van handzeep en fabriceer volgens een zelf ontwikkeld procedé een handzeep voor een specifieke doelgroep. De doelgroep mag zelf gekozen worden.

#### *Voorbeeld: kwaliteit keukenpapier*

Ontwikkel een experimentele opzet om diverse kwaliteitsaspecten van keukenpapier te meten.

## Domein 5: Vakdidactiek

### Subdomein 5.1: Visie op techniek- en technologieonderwijs

De techniekdocent kan een gearticuleerde visie uitdragen die voedend kan zijn voor de visie van de school en het team dat werkt in het leergebied.

Een visie op techniekonderwijs heeft niet alleen betrekking op de keuze voor leerinhouden (binnen landelijke kaders), maar ook op de keuze voor een didactische benadering. Een docent die kennis heeft van verschillende visies op techniekonderwijs en van onderzoek naar de opbrengsten van onderwijs kan zijn visie onderbouwen.

Die docent is ook in staat om aan collega's van andere vakken en aan de schoolleiding uit te leggen wat de toegevoegde waarde is van techniekonderwijs, of dat nu is ingebed in een leergebied of niet. Besef van de historische ontwikkeling van techniekonderwijs en de situatie rond techniekonderwijs in andere landen is daarbij ook van belang.

## Doelen

Techniekonderwijs kan uiteenlopende doelen dienen, zoals:

- leerlingen leren om controle te verkrijgen over techniek en er niet door te worden beheerst. Daarbij gaat het om technische zelfredzaamheid (met *low-tech* en *high-tech*) in het leven, maar ook om kritische reflectie op het gebruik van technologie en de ontwikkelingen in technologie;
- leerlingen laten oriënteren of voorbereiden op technische beroepen of techniek in andere branches;
- leerlingen laten oriënteren op technisch vervolgonderwijs en de doorstroomkansen vergroten;
- leerlingen kennis laten ontwikkelen over technologie als doel in zichzelf;
- de economie versterken door het opleiden van technici.

## Inhouden en werkvormen

Deze doelen brengen ook uiteenlopende inhouden en werkvormen met zich mee. Een duidelijk gearticuleerde visie op techniekonderwijs stelt de docent in staat om afgewogen keuzes te maken voor een balans ten aanzien van inhouden, die bijvoorbeeld betrekking hebben op:

- ontwerpen en onderzoeken;
- vaardigheden om materialen te bewerken en te sleutelen;
- maken, onderhouden of repareren van producten volgens een strak voorschrift;
- gebruiken maken van high-techtoepassingen;
- technisch leren denken, bijvoorbeeld in termen van systeemanalyse;
- toepassen van natuurwetenschappelijke inzichten;
- nadenken over de wederzijdse beïnvloeding van mens en technologie;
- 2D- en 3D-vormgeving en creativiteitsontwikkeling.

## Subdomein 5.2: Leerplan en leermaterialen

Techniekonderwijs kent een grote variatie aan doelen en verschijningsvormen. Dat brengt ook variatie in leerplannen en leermaterialen met zich mee.

Bovendien kent de techniekdocent als gevolg van het interdisciplinaire karakter van techniek de gebruiksmogelijkheden van leeromgevingen en materialen die zijn bedoeld voor andere schoolvakken.

Ook hebben de snelle ontwikkelingen in de techniek gevolgen voor het leerplan, de leeromgeving en de materialen. Die zijn niet statisch, maar flexibel aan te passen aan die ontwikkelingen. De techniekdocent heeft concrete kennis hoe dat kan worden gerealiseerd.



### Nederlandse leerplannen en examenprogramma's

De techniekdocent heeft gedetailleerde en parate kennis van Nederlandse leerplannen en examenprogramma's voor algemeen vormende techniek<sup>1</sup> en globale kennis van leerplannen (of examenprogramma's) op het gebied van beroepsgerichte technische programma's (tot 16 jaar), digitale geletterdheid en bètavakken<sup>2</sup>. Dit stelt de techniekdocent in staat om een leerplan op schoolniveau op te stellen, dat past bij de visie en de doelstellingen van de school en zijn eigen visie, waarbij logische verbanden zijn aangegaan in leergebieden of met verwante vakken.

### Leermaterialen en fysieke leeromgeving

Ook ten aanzien van de leermaterialen en de leeromgeving kent techniekonderwijs een grote verscheidenheid. Op sommige scholen wordt het technieklokaal een 'makerspace' genoemd en zijn de gereedschappen en materialen vooral geschikt om allerlei creatieve prototypes te ontwerpen, terwijl op andere scholen het technieklokaal meer op een traditionele werkplaats lijkt. Daar kunnen goede redenen voor bestaan en een techniekdocent kan die redenen helder verwoorden.

Op veel scholen wordt praktisch werk in de techniek afgewisseld met theorielessen. Dit stelt bijzondere eisen aan de fysieke leeromgeving. De techniekdocent kan die eisen vertalen naar een ontwerp voor een ruimte.

Ook gebruikt de techniekdocent kennis over leeromgevingen buiten school die ondersteunend zijn voor het halen van techniekdoelen: musea, bedrijven en instellingen zoals ziekenhuizen, artefacten zoals bouwwerken, bruggen en kunstwerken.

### Digitale leeromgeving

De techniekdocent kan een digitale leeromgeving inrichten passend bij de behoeften voor techniekonderwijs. Waar in andere opleidingen kennis en vaardigheden soms vooral in de vorm van tekst kunnen worden geleerd en getoetst, is dat voor techniek te beperkt. De digitale leeromgeving voor techniek bestaat uit specialistische en professionele hardware en software<sup>3</sup>, en/of uit educatieve afgeleiden daarvan<sup>4</sup>. De techniekdocent weet welke overeenkomsten en verschillen er bestaan tussen die professionele en educatieve middelen, en hoe die overeenkomsten en verschillen in het onderwijs kunnen worden benut.

1 Richtinggevend leerplankader natuurwetenschappen en technologie' voor PO en VO, Examenprogramma's Technologie en Toepassing, Onderzoeken en Ontwerpen

2 Examenprogramma vmbo NaSk1,2 en biologie, PIE, MVI, BWI, biologie vmbo

3 Bijvoorbeeld Solid Works

4 Bijvoorbeeld MindStorms voor robotica, TinkerCad voor 3D-tekenen

### Ondersteunende leermaterialen

Ook maakt de techniekdocent helder beredeneerde keuzes voor ondersteunende leermaterialen zoals schoolse techniekmethoden (al of niet in combinatie met verwante vakken) en instructievideo's. De docent kan daarbij een arrangement van bestaande materialen samenstellen, of zelf maken. Omdat veel technische kennis van toepassing is op het dagelijks leven, weet de docent ook de weg in digitale bronnen die zijn bedoeld voor technische bedrijven of het grote publiek en niet specifiek voor onderwijs<sup>1</sup>.

### Subdomein 5.3: Ethiek

Techniek is alomtegenwoordig. Je ziet het in onze kleding, in gebouwen, in de wijze waarop we ons verplaatsen, in de manier waarop we met elkaar communiceren. Maar ook in de inrichting van het landschap, de landbouw, het omgaan met afvalstoffen, enz. Techniek grijpt in in de werkelijkheid zoals die door de mens wordt ervaren.

Er is een continue wisselwerking tussen techniek en maatschappij. Zo beïnvloedt techniek onze beleving van de werkelijkheid. Een eenvoudig voorbeeld hiervan is het gebruik van een bril. De bril staat tussen onze directe waarneming en de werkelijkheid in. Een infraroodbeeld van het landschap geeft informatie over de vegetatie, maar dan moet je wel weten hoe dit beeld geïnterpreteerd moet worden.

Techniek kan ook een vervanger van de werkelijkheid erachter zijn. Een schutter van een drone die op een beeldscherm een dorp in een land ver weg bekijkt zal andere beslissingen nemen dan een schutter ter plekke.

Door het gebruik van apparaten komt de mens verder weg te staan van de wereld om hem heen. Waar je in het verleden veel moeite moest doen om het warm te krijgen zet je nu via een app op de smartphone de thermostaat thuis een graadje hoger.

Het moge duidelijk zijn dat techniek niet neutraal is, maar altijd dwingt tot het maken van een keuze. Ga je een apparaat wel of niet gebruiken? Kies je wel of niet voor een afvalscheidingsysteem? Welke conclusie verbind je aan de uitkomst van prenatale diagnostiek? De techniekdocent kan over deze onderwerpen met zijn leerlingen in gesprek gaan en weet hoe hij zijn leerlingen bewust kan maken over de ethische aspecten die verbonden zijn met techniek.

<sup>1</sup> Voorbeelden: een instructie voor onderhoud van een gebruiksvoorwerp op YouTube; een tutorial voor het werken met software voor geluidsbewerking

### Verantwoording

Het is van belang dat leerlingen vaardigheden ontwikkelen waarmee ze in een snel veranderende door technologie beïnvloede maatschappij kunnen participeren. Nadenken over ethische vraagstukken kan daaraan een belangrijke bijdrage leveren. Daarnaast worden ook denk- en werkwijzen aangesproken die voor technici, wetenschappers en ingenieurs karakteristiek zijn zoals: risico's en veiligheid, oorzaak en gevolg, duurzaamheid, waarderen en oordelen en redeneervaardigheden.

### Didactisering

Bij ethische kwesties gaat het vooral om normen, waarden, moraliteit, meningen en argumenten. De techniekdocent kan werkvormen inzetten die hierbij passen zoals een (lagerhuis)debat waarbij leerlingen volgens een afgesproken structuur onderbouwd met argumenten reageren op stellingen of dilemma's of schrijfopdrachten. Bij schrijfopdrachten kan gedacht worden aan het schrijven van een betoog waarbij de leerling de opdracht krijgt zowel een betoog voor en een betoog tegen de stelling te schrijven. Een derde werkvorm is leerlingen te stimuleren krantenartikelen mee naar de les te nemen waarin technologie tot tegenstellingen of dilemma's leidt. En vervolgens deze in de les te bespreken.

## Subdomein 5.4: Ontwerpen

Ontwerpen is een fundamentele karakteristieke werkwijze voor het vak techniek en het is daarmee een belangrijk middel om de technische geletterdheid en vaardigheid van leerlingen te verhogen. Hierdoor verwerven ze een betere plaats binnen de moderne maatschappij die voortdurend beïnvloed wordt door technologische vooruitgang. De techniekdocent moet derhalve het ontwerpproces kunnen verantwoorden, didactiseren en begeleiden.

### Verantwoording

De techniekdocent moet de fundamentele positie van ontwerpen binnen het curriculum op diverse manieren kunnen verantwoorden. Ten eerste vanuit de maatschappelijke functie van ontwerpen. In veel beroepen leidt ontwerpen tot oplossingen voor (technische) problemen die vervolgens voorzien in bepaalde menselijke behoeften. Derhalve moeten leerlingen kennis nemen van dit maatschappelijke aspect, zodat leerlingen in het dagelijks leven deze invloed op waarde kunnen schatten.

Een tweede verantwoording is te vinden in het versterken van het leren van leerlingen. Ontwerpen gaat vaak over realistische en contextrijke probleemstellingen, waardoor vakkennis op verschillende manieren gekoppeld wordt aan de belevingswereld van leerlingen (concept-contextbenadering).

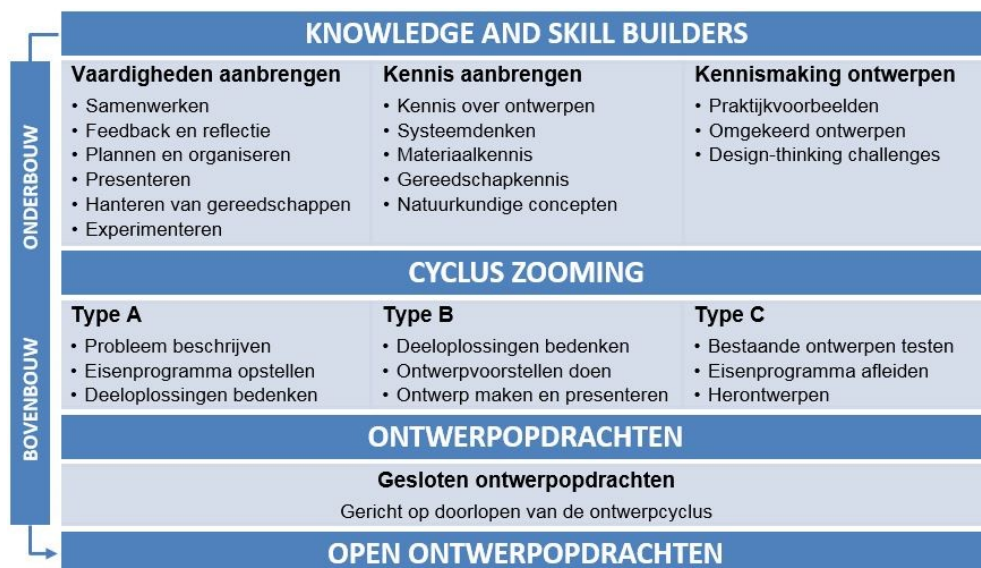
Daarnaast is ontwerpen sterk gericht op vaardigheden, waardoor er een koppeling ontstaat tussen 'weten' (*heads-on*) en 'doen' (*hands-on*) en er vaardigheden geleerd worden die van algemeen belang zijn. Denk hierbij aan

creatief en divergent denken (bijvoorbeeld door middel van morfologische schema's), waarderen en oordelen, reflecteren, samenwerken, presenteren, enz.

### Didactisering

Aan de basis van het ontwerpen ligt de ontwerpcyclus, zie vakinhoudelijke domeinen, die inzichtelijk maakt welke procedures er in algemene zin worden doorlopen. De techniekdocent moet in staat zijn om deze procedures te didactiseren, zodat zowel kennis (vakinhoudelijk en procedureel) als vaardigheden geleerd worden.

De techniekdocent ziet verder in dat ontwerpen een complexe aangelegenheid is en dat leerlingen hierbij de juiste begeleiding moeten krijgen, afhankelijk van bijvoorbeeld ervaring en niveau. In grote lijnen werkt men vanuit aanleertaken (*knowledge and skill builders*) naar volledige ontwerpopdrachten toe. De onderstaande figuur toont hoe dit binnen het curriculum vorm zou kunnen krijgen.



Figuur 5. Knowledge and skill builders

De techniekdocent moet tevens kennis hebben van bestaande didactische modellen die helpen om ontwerpen als complexe vaardigheid te implementeren binnen het onderwijs. Er worden drie suggesties geven van geschikte modellen.

1. Het DTMC-model (Denken, Tekenen, Maken & Controleren) legt een sterke nadruk op belangrijke procedures die gevolg moeten worden, waarbij duidelijk wordt dat tekenen/schetsen een krachtig middel is voor leerlingen om hun ideeën te verkennen en uiten, en dat gedegen reflectie onontbeerlijk is.
2. Het ontwerpmodel van Kimbell maakt expliciet duidelijk hoe denken (hoofd) en doen (handen) elkaar afwisselen en versterken.



3. Een derde benadering, *Learning by Design* (LBD) van Kolodner en het FITS-model (*Focus, Investigation, Technological design, Synergy*) van Van Breukelen, legt meer nadruk op de relatie tussen onderzoeken, onder andere experimenteren, en ontwerpen en besteedt expliciet aandacht aan het leren van conceptuele kennis. Deze benadering biedt derhalve een stevige basis om ontwerpen in te zetten als strategie voor interdisciplinaire bètaprojecten. Gezien actuele onderwijsontwikkeling dienen techniekdocenten voldoende kennis te hebben over dit thema.

### Docentvaardigheden

Een gedegen begeleiding en organisatie van het ontwerpproces is noodzakelijk om ervoor te zorgen dat ontwerpen niet slechts een afvinkprocedure wordt voor het produceren van een product op basis van trial en error. Leerlingen moeten kunnen leren van hun ervaringen. De techniekdocent kan daarvoor een balans vinden tussen terughoudend zijn wanneer mogelijk en ingrijpen wanneer nodig; een vaardigheid die *sensitive assistance* wordt genoemd.

Het onderstaande schema toont een overzicht van belangrijke vaardigheden die daarbij kunnen helpen. Het betreft vaardigheden die vooral in de praktijk geleerd moeten worden door bijvoorbeeld inductieachtige trajecten, waarbij feedback en reflectie met betrekking tot eigen handelen centraal staat. De vaardigheden zijn ingedeeld op basis van interactietype en context, aangevuld met informatie over het feit of de vaardigheid hoofdzakelijk in preparerende (P) of anticiperende (A) zin invloed heeft.

Interactie	Docentstrategieën per context
leerling-leerling	<b>Samenwerkende leerlingen</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>■   P   Het samenwerken van leerlingen moet gestructureerd worden (bijvoorbeeld: denken-delen-uitwisselen).</li> <li>■   A   Stimuleer samenwerking tijdens het proces: de medeleerling moet het eerste aanspreekpunt zijn.</li> <li>■   A - P   Stimuleer en verplicht het maken van schetsen/tekeningen omdat dit het delen van inzichten bevordert.</li> <li>■   A - P   Stel materialen en gereedschappen voortdurend beschikbaar omdat dit groepsdiscussie bevordert.</li> </ul>
	<b>Reflectie</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>■   P   Voorzie de taak van vaste reflectiemomenten.</li> <li>■   A   Stimuleer reflectie tijdens het proces door vragen te stellen met een reflectief karakter.</li> <li>■   A - P   Verplicht en stimuleer leerlingen om reflectieopbrengsten actief in te zetten voor toekomstig handelen.</li> <li>■   A - P   Richt reflectie op successen en mislukkingen met aandacht voor inhoud, vaardigheden en houding.</li> </ul>
leerling-docent	<b>Docent- en peerfeedback</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>■   A - P   Stimuleer peerfeedback en richt vaste momenten in voor het geven en ontvangen van feedback.</li> <li>■   A   Voorzie leerlingen van tijdige feedback (op het moment zelf).</li> <li>■   A   Voorzie de leerlingen niet van oplossingen maar fungeer als bron: vraag door en geef tips/advies.</li> <li>■   A - P   Zorg dat feedback dient als input voor reflectie (en toekomstig handelen).</li> </ul>
	<b>Explicit teaching</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>■   P   Bespreek leerdoelen en inhouden (procedures, kennis, enz.) expliciet voor, tijdens en na de taak.</li> <li>■   A   Stimuleer leerlingen om hardop te denken: maak gedachten van leerlingen expliciet.</li> <li>■   A - P   Gebruik resultaten betreffende feedback en reflectie om inhouden, processen, enz. expliciet te maken.</li> <li>■   A - P   Expliciteer omvangrijke en/of complexe eenheden in kleinere eenheden (scaffolding).</li> <li>■   A - P   Verwijs herhaaldelijk, consequent en expliciet naar officiële terminologieën en onderliggende concepten.</li> </ul>
leerling-proces	<b>Procesgerelateerde kwesties</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>■   A   Sta leerlingen toe om te falen en voorkom mislukkingen niet voortijdig: voorzie in deze liever van feedback.</li> <li>■   P   Zorg dat alle conceptuele inhouden voldoende aan de orde komen en voeg eventueel extra activiteiten toe.</li> <li>■   A - P   Voorkom tijdsdruk: gebruik bijvoorbeeld (positieve) feedback om leerlingen te stimuleren.</li> <li>■   A - P   Zorg voor goede instructies en hoogwaardige leermaterialen en stimuleer leerlingen om deze te gebruiken.</li> </ul>

Figuur 4. Docentstrategieën

## Subdomein 5.5: Maken

Maken is nauw verbonden met ontwerpen en beiden worden vaak onterecht als identiek bestempeld. De techniekdocent kan daarom beide begrippen goed positioneren en verantwoordelijk naar de leerlingen toe. Dit vraagt om kennis over het maken, maar ook om verwante vaardigheden en de didacticisering daarvan.

### Verantwoording

Los van het feit dat maken een motiverende functie heeft, maakt het fundamenteel onderdeel uit van het ontwerpproces. Wanneer voor een bepaald probleem oplossingen zijn bedacht, moet er nagedacht worden over de vervaardiging ervan: Hoe kan het gemaakt worden? Dit doet een beroep op vaardigheden die ook bij ontwerpen, en in het dagelijks leven, belangrijk zijn: creativiteit, divergent denken, reflectief denken, waarderen en oordelen, enz.

Daarnaast worden specifieke vaardigheden aangesproken, zoals het gebruik van gereedschappen, materialen en bewerkingstechnieken (vakmanschap). Daarmee wordt duidelijk dat maken dus een eigen kennisdomein heeft. De rijke inhoud van maakprocessen heeft eraan bijgedragen dat het maken in het huidige onderwijs een prominente plaats heeft ingenomen: '*maker education*' en '*meaningful making*'. Initiatieven die sterk project- en probleemgestuurd zijn. De techniekdocent moet daarom ervaring opdoen met deze initiatieven, deze op waarde kunnen schatten en kunnen implementeren in de onderwijspraktijk.

### Algemene didactisering

De techniek moet zicht hebben op welke functies het maken kan vervullen binnen een leeromgeving. Dit geldt enerzijds voor de inhoudelijke doelstelling van het maken en anderzijds voor de beoogde leeropbrengsten.

Enkele typeringingen betreffende de inhoudelijke doelstellingen van maken zijn:

1. creëren/fabriceren vanuit ruw materiaal;
2. samenvoegen van halffabricaten (assembleren);
3. modelleren;
4. onderhouden en repareren;
5. modificeren en optimaliseren.

Ongeacht de typering die aangesproken wordt, moet de techniekdocent het globale onderscheid weten te duiden tussen de rol van maken bij handvaardigheid en bij techniek. In het eerste geval staat vooral het beeldende aspect centraal en in het laatste geval het functionele aspect. Daarbij moet wel opgemerkt worden dat beide aspecten elkaar niet uitsluiten.

Met betrekking tot beoogde leeropbrengsten kunnen er vijf leerdomeinen geformuleerd worden:

1. Het cognitieve leerdomein benadrukt de procedurele kennis (bewerkingstechnieken, veiligheid, hanteren van gereedschappen, enz.), inhoudelijke kennis (kennis van gereedschappen, materialen, verbindingstechnieken, enz.) en de hogere orde denkwijzen (schematiseren, synthetiseren, waarderen en oordelen, enz.).
2. Het affectieve domein heeft betrekking op keuzevrijheid, het ontplooiën van creativiteit en het versterken van het zelfvertrouwen en de motivatie. Het succesvol voltooien van een maakproces is immers fysiek zichtbaar en leidt tot het gevoel iets te kunnen: een succeservaring.
3. Het sociale domein benadrukt de rol van samenwerken en het geven en ontvangen van feedback.
4. Het psychomotorisch leerdomein omvat de daadwerkelijk maakvaardigheden, de bijbehorende motorische handelingen en de ervaringen/percepties die leerlingen ontwikkelen daarbij.
5. Tot slot spreekt het maken het metacognitieve leerdomein aan: zelfevaluatie en -reflectie, doorzettingsvermogen, inzicht in leerstijl en -strategie, enz.

Het is de taak van de techniekdocent om de bovenstaande zaken te (her)kennen, deze in voldoende samenhang en diversiteit aan te bieden (al dan niet gekoppeld aan ontwerp opdrachten) en voldoende expliciet te maken voor leerlingen. Tot slot is het wenselijk dat de techniekdocent leerlingen laat kennismaken met meerwaarde van ict binnen het maakproces: tekensoftware (2D en 3D), 3D-printing, simulatiesoftware en modelbouwsystemen.

### Maken in relatie tot ontwerp

De techniekdocent moet leerlingen in ruime mate laten inzien dat maken niet slechts bedoeld is als leuke bezigheid, maar dat het een activiteit is die vaak bepalend is voor de functionaliteit van een ontwerp. Geef het maken dus betekenis: *meaningful making*. Dit kan door het maken frequent te koppelen aan ontwerptaken. Indien dit gebeurt, moeten de techniekdocent kunnen inschatten welke basisvaardigheden noodzakelijk zijn en in hoeverre de leerlingen deze beheersen. Afhankelijk hiervan kunnen er nog aanleeropdrachten, zie ook ontwerpen, aangeboden worden. Verder dient de techniekdocent zicht te hebben op de rol van modelleren en prototypen met als doel het maken van een functioneel ontwerp.

## Subdomein 5.6: Technische systemen en systeemdenken

De wereld om ons heen is complex. Om zicht te krijgen op deze complexiteit en deze te bestuderen wordt door wetenschappers de werkelijkheid vaak gemodelleerd in een systeem. Technici en ingenieurs gebruiken systemen bij het ontwerpen en beschrijven van producten. De techniekdocent weet dat een systeem bestaat uit een samenhangend stelsel van onderdelen of objecten die gezamenlijk een geheel vormen en dat een systeem begrensd is. Het staat los van zijn omgeving. Van buiten het systeem kunnen er krachten op het systeem werken, er kan energie of materie met het systeem worden uitgewisseld of het systeem wisselt informatie uit met de omgeving. Daarnaast weet de techniekdocent dat voor veel systemen het gedrag door feedback bepaald wordt.

De techniekdocent kan aan de hand van voorbeelden duidelijk maken wat onder een systeem kan worden verstaan:

- een fiets;
- een elektriciteitscentrale;
- een geluidsinstallatie;
- een auto;
- een molecuul;
- een dier;
- een gebouw;
- een centrale verwarming;
- het internet.



De techniekdocent kent het onderscheid tussen dynamische en statische systemen. Dynamische systemen zetten energie om, verwerken informatie of verplaatsen materie. Bij statische systemen is dit niet het geval en moet gedacht worden aan bijvoorbeeld constructies zoals een tafel of een brug.

### Verantwoording

Denken in termen van systemen en werken met systeemmodellen is een voor technici en wetenschappers karakteristieke denkwijze. De techniekdocent kan leerlingen begeleiden richting een manier van kijken en denken waarbij ze in de complexe werkelijkheid systemen en deelsystemen kunnen herkennen en gebruiken bij het begrijpen van processen en het ontwerpen van producten.

### Didactisering

Leerlingen komen elke dag in aanraking met vele systemen, maar zijn zich daar meestal niet van bewust. De techniekleraar kan werkvormen inzetten die aan het ontwikkelen van systeembegrip een bijdrage leveren. Voorbeelden:

- Het apparatenpracticum: laat leerlingen verschillende apparaten mee naar school nemen en ze in de les demonteren. Laat ze beschrijven uit welke onderdelen het apparaat bestaat en welke materialen zijn gebruikt.
- Onderzoek naar black box: wat gaat erin en wat komt eruit? Welke functies worden er in de black box vervuld?
- Onbekend voorwerp. Leerlingen bedenken welke functie een voor hen onbekend artefact heeft.
- Blokschema: laat leerlingen aan de hand van een blokschema van een apparaat beschrijven wat de functie van het apparaat is.
- Productielijn: laat een klas een product ontwerpen dat uit deelsystemen bestaat die gezamenlijk het eindproduct vormen.

## Subdomein 5.7: Netwerken met bedrijven en instellingen buiten het onderwijs

Techniek is een eigen vakgebied met een eigen specifieke vakinhoud en vakkennis. Daarnaast is het een vakgebied dat potentieel een sterke relatie heeft met het technisch bedrijfsleven. Dat maakt dat techniek een vak is dat zich leent voor het inrichten van een krachtige LOB-leeromgeving.

Van een techniekdocent wordt verwacht dat hij of zij een representatief beeld heeft van de denk- en werkwijzen in de technische sector en hierbij een onderscheid kan maken tussen het werkveld voor mbo, hbo of universitair opgeleide technici. Het netwerken is een fundamentele vaardigheid voor een techniekdocent om de eigen professionele ontwikkeling voortdurend vorm te blijven geven en om tot een betekenisvolle leeromgeving voor leerlingen te komen. Daar hoort ook kennis bij over beroepen, functies en taken binnen beroepen waarbij techniek een rol speelt.



### Kennis van het bedrijfsleven en koppelingen met het curriculum

De techniekdocent heeft voldoende kennis van het bedrijfsleven en publieke instellingen, ook in de regio, om in te schatten welke toegevoegde waarde samenwerking kan hebben voor het leren van leerlingen. De techniekdocent beschikt over de vaardigheden om zich gericht op een bedrijfsbezoek voor te bereiden, door vooronderzoek te doen naar het bedrijf en de contactpersonen. Hij informeert zich regelmatig over ontwikkelingen op de arbeidsmarkt en onderhoudt de vakkennis op het gebied van innovaties in het technisch bedrijfsleven en technologie in andere beroepen. Ook heeft de techniekdocent kennis over de opleidingen die werknemers hebben genoten om een bepaalde functie te kunnen uitoefenen en de vormen van bijscholing die gebruikelijk zijn. Met kennis over beroepstaken binnen de context van concrete bedrijven, is hij in staat om verbindingen te leggen met het curriculum. Daarmee kan hij op school betekenis geven aan kenniselementen binnen het leerplan techniek. Omdat in techniek ook leerinhouden van verwante vakken zoals natuurwetenschappen en economie aan de orde zijn, kan hij ook voor die vakken concrete relaties benoemen met kennis in beroepen en schoolse kennis.

### Netwerken vanuit een gedragen visie

Bij het aangaan van een samenwerking met een bedrijf of instelling is het van belang dat de techniekdocent weet met welke doelstellingen de samenwerking vormgegeven gaat worden. Daarbij kan hij terugvallen op doelen zoals beschreven in [subdomein 5.1](#) van deze kennisbasis. De techniekdocent kan onderscheid maken tussen eenmalige projecten of een langdurige samenwerking. Daarvoor is het van belang dat de techniekdocent als netwerker helder kan verwoorden waar de school voor staat en wat de school nastreeft in relatie tot de vakspecifieke behoeftes. De techniekdocent moet over de vaardigheden beschikken om dit mondeling, schriftelijk en in digitaal adequaat te verwoorden.

De techniekdocent beschikt over de competenties om relevante stakeholders binnen en buiten de school te betrekken en betrokken te houden bij het ontwikkelen en uitvoeren van het techniekonderwijs. Een voorbeeld is een leerproces dat wordt gestuurd vanuit een authentieke (ontwerp)opdracht van een bedrijf. Dit is een benadering die is gekozen bij de vakken *Technologie & Toepassing* en *Onderzoeken & Ontwerpen*. De techniekdocent kan de mogelijkheden en de beperkingen van deze didactische benadering verwoorden naar een vertegenwoordiger van het bedrijf, en in samenwerking de rol van het bedrijf als opdrachtgever vormgeven. Hij heeft daarbij ook inzicht in de mogelijkheden en de uitdagingen die de communicatie tussen de leerling en de opdrachtgever met zich meebrengen. Een ander voorbeeld is dat de techniekdocent met een bedrijf samenwerkt bij de ontwikkeling van een bedrijfssimulatie. De bijdrage van de techniekdocent wordt dan gevoed vanuit zijn kennis over de kracht van 'hybride leeromgevingen'.



### Oog voor het belang van stakeholders

De techniekdocent heeft een realistisch beeld van de motivatie van bedrijven om met scholen samen te werken en maakt daarbij onderscheid tussen het MKB en grote bedrijven. Aangezien veel bedrijven aandacht hebben voor het opleiden in de techniek, zijn zij vaak aangesloten bij platforms die de samenwerking tussen scholen en bedrijven faciliteren. De techniekdocent kent de grote landelijke en regionale samenwerkingsverbanden en weet daar constructief aan bij te dragen, of er gebruik van te maken. Naast deze formele netwerken is de techniekdocent in staat om ouders als professionals in te zetten voor het onderwijs.

### Netwerken als onderdeel van het professioneel handelen

De techniekdocent heeft gevoel voor de cultuurverschillen tussen scholen en bedrijven, die de wederzijdse verwachtingen beïnvloeden. Bedrijven zijn vaak in staat om assertief in te springen op vragen en behoeftes. Dus als een school een vraag stelt, zijn ze geneigd snel te reageren en tot actie te komen. Op scholen hebben trajecten echter vaak een lange looptijd. De techniekdocent is in staat om een effectieve communicatie te voeren met de stakeholders om de wederzijdse verwachtingen af te stemmen. De techniekdocent realiseert zich hierbij dat het eigenaarschap voor de samenwerking bij de school ligt en handelt daar naar.

Het bedrijfsleven biedt de school de kans om met unieke expertise en contexten het onderwijs te verrijken. De school biedt het bedrijfsleven de kans om het toekomstig werkveld van de leerling aantrekkelijk en betekenisvol bij leerlingen onder de aandacht te brengen. Voor een gelijkwaardig partnerschap is het van belang dat beide partijen elkaars toegevoegde waarde in de samenwerking herkennen en erkennen. De techniekdocent weet dat pedagogische en didactische competenties van de techniekdocent van onmisbare toegevoegde waarde zijn in de samenwerking en borgt deze inbreng in de samenwerking. De techniekdocent blijft eindverantwoordelijk voor het onderwijs.

## Subdomein 5.8: Diversiteit in techniekonderwijs

De diversiteit onder de leerlingenpopulatie vereist van de techniekdocent specifieke vakdidactische kennis en vaardigheden, bijvoorbeeld op het gebied van cultuur, gender en talige diversiteit.

### Culturele achtergrond

Het imago van techniek is verschillend onder verschillende bevolkingsgroepen. In agrarische gezinnen is techniek sterk in het werk en in het dagelijks leven geïntegreerd en wordt beheersing ervan hoog gewaardeerd, in tegenstelling tot gezinnen waarin techniek nauwelijks een rol speelt. Techniek is geen eenzijdig Westers fenomeen. Vele culturen hebben op verschillende manieren bijgedragen aan de ontwikkeling, en doen dat nog steeds. De techniekdocent kan daarvan voorbeelden noemen. Met deze kennis verbindt hij, waar mogelijk, de diverse culturele achtergronden van leerlingen aan de doelen in het leerplan. Meer in het algemeen kan hij verwoorden hoe cultuurverschillen van invloed zijn op het leren

en de keuzetrajecten van zijn leerlingen en hoe hij daarop inspeelt ter vergroting van de kansengelijkheid.

### Gender

Door het lage percentage vrouwen in de techniek zullen weinig meisjes in hun omgeving rolmodellen tegenkomen die een perspectief op een toekomst in de techniek kunnen bieden. Onbewust sluiten veel meisjes om deze reden de technische sector als optie voor toekomstig beroep uit. Daarnaast krijgen meisjes vanuit hun omgeving directe en indirecte signalen dat techniek voor jongens is en niet voor meisjes, waarmee hun beeld bevestigd wordt. Als gevolg daarvan hebben meisjes de neiging om hun capaciteiten voor techniek te onderschatten. De techniekdocent kan voorbeelden geven van dergelijke mechanismen, ze helpen voorkomen, en beschrijven welke manieren er landelijk zijn ontwikkeld om meisjes voor techniek te boeien.

### Talige diversiteit

Een techniekdocent is geen taaldocent, maar heeft wel te maken met talige uitdagingen die het leren van techniek met zich meebrengt. Voor het beschrijven van de werking van een systeem is bijvoorbeeld vaktaal nodig, meestal met heen en weer verwijzingen tussen tekst en figuren en met in achtname van de systeemgrenzen. En een tussentijdse bespreking over een prototype van een ontwerp met een opdrachtgever vraagt ook een bepaalde taalvaardigheid van de leerling, waarbij hij aan de ene kant de kwaliteiten van het prototype helder kan verwoorden, maar aan de andere kant juist de opdrachtgever aanspoort om mee te denken over verbeteringen. Zo zijn er talloze vormen van verwevenheid van taal en techniek. De techniekdocent kan vakspecifieke vormen van taalvaardigheid beschrijven en weet welke kansen er binnen het vak zijn om een bijdrage te leveren aan de ontwikkeling van de spreek- lees- en schrijfvaardigheid. Daarmee is er sprake van een vakspecifieke invulling van taalgericht vakonderwijs, zoals vastgelegd in de generieke kennisbasis.

## Keuzedomeinen

Elke opleiding neemt minimaal vier van de hieronder genoemde keuzedomeinen in het curriculum op. Met betrekking tot de keuzedomeinen 1 t/m 3 kan er in meer of mindere mate overlap zijn met de verplichte domeinen. Dit hangt sterk af van de gekozen (technische) contexten waaraan inhouden gekoppeld worden. Daarnaast betreft het een verdieping van de vakkennis (concepten) en een sterkere focus op het generieke en contextvrije begrip van de genoemde kennis. Hierdoor kan de vakkennis voor een grotere diversiteit aan contexten worden ingezet (transfer).



## Keuzedomein 1: Vakverbreding biologie

### *Voorbeelden van vakkennis:*

- kennis over mensen, dieren en planten in wisselwerking met hun omgeving (ecosystemen en organismen);
- kennis met betrekking de bouw en functies van het menselijk lichaam (werking van het oog, de stem en het gehoor; anatomie en het bewegingsapparaat);
- kennis met betrekking tot milieu en veiligheid (biobrandstoffen, wisselwerking mens en natuur);
- kennis met betrekking tot voeding en gezondheid (metabolisme, toxicologie, ziekten, geestelijke gezondheid, beweging, medische toepassingen).

## Keuzedomein 2: Vakverbreding scheikunde

### *Voorbeelden van vakkennis:*

- kennis met betrekking tot basisbegrippen van de scheikunde (elementen, moleculen, atomen en het atoommodel van Bohr, atoomnummer, massagetal, isotopen, periodiek systeem en scheidingsmethoden);
- kennis met betrekking tot reactievergelijkingen, basisreacties (redox-, zuurbase- en neerslagreactie) en eenvoudige chemische berekeningen (molbegrip);
- kennis met betrekking tot bindingstypen (edelgasconfiguratie, ionbinding, covalente binding, metaalbinding en vanderwaalsbindingen) en de manier waarop macroscopische stoffen zijn opgebouwd;
- kennis met betrekking tot verbranding (verbrandingsdriehoek en verbrandingsreacties);
- basisbegrippen uit de elektrochemie (brandstofcel, elektrolytische cel, anode en kathode).

## Keuzedomein 3: Vakverbreding natuurkunde

### *Voorbeelden van vakkennis:*

- kennis met betrekking tot het thema geluid (toonhoogte, frequentie, trillingstijd, amplitude, decibel, interferentie, buiging en zweving) en toepassingen daarvan (ultrageluid, medische toepassingen, geluidsbescherming, enz.);
- kennis met betrekking tot het thema licht/optica (lenzenformule, vergroting, brandpuntsafstand, beeldvorming door middel van spiegels en lenzen, kleurenleer, lichtsterkte en scheidend vermogen) en toepassingen daarvan (fotografie, telescoop, microscoop, medische beeldvorming, enz.);
- kennis met betrekking tot het thema kracht en beweging (basiswetten van de kinematica, dynamica en statica; energie, energieomzettingen en arbeid) en toepassingen daarvan (krachtwerktuigen, transportmiddelen, enz.);

- kennis met betrekking tot elektriciteit en en magnetisme (kennis van en rekenen aan eenvoudige elektrische schakelingen, logische poorten en schakelingen).

#### Keuzedomein 4: Verkopen en promoten van technische producten

##### *Voorbeelden van vakkennis:*

- kennis van 'missie en visie' van een promotie- en of marketingbedrijf en de daarbij behorende hiërarchie van doelstellingen binnen een bedrijf:
  - operationeel marketingplan;
  - de principes van de marketingmix kennen te weten de zes P's, toepassen in een marketingstrategie (Product, Prijs, Plaats, Promotie, Personeel en Presentatie) vinden hun uitwerking in het marketingplan.
- kennis van de principes van de circulaire economie en drie P's (People, Planet, Profit) relateren aan duurzaamheidsdoelen;
- kennis van methoden om technische specificaties van het product te vertalen naar productkenmerken die potentiële klanten aantrekkelijk vinden;
- kennis van instrumentele en expressieve eigenschappen van producten, bepaling van de prijs/kwaliteit verhouding, ook in relatie tot de concurrentie;
- kennis van principes achter reclame/promotiecampagnes.

#### Keuzedomein 5: Organiseren van een evenement met behulp van technische middelen

##### *Voorbeelden van vakkennis:*

- kennis over evenementenorganisatie in fasen:
  - idee formuleren;
  - haalbaarheidsonderzoek (met inbegrip van veiligheidsprotocol, plattegrond en facilitair plan);
  - samenstellen team;
  - promotie;
  - voorbereiding inclusief draaiboek;
  - uitvoering en evaluatie.
- kennis over:
  - typen evenementen;
  - de rol, competenties en opleiding van de eventmanager en andere betrokkenen bij de organisatie;
  - risicoanalyse, veiligheidsplan (inclusief regelgeving), milieuaspecten;
  - communicatiemix, met inbegrip van apps en sociale media;
  - facilitaire werkzaamheden:
    - voorzieningen als Nuts en vergunningen;
    - facilitaire werkzaamheden waaronder catering, schoonmaak- en hospitality;
    - basisinrichting hulpposten;
    - begroting.



## Keuzedomein 6: Audiovisuele vormgeving en productie

### *Voorbeelden van vakkennis:*

- kennis over ontwikkelen van idee of/en opdracht naar synopsis, script, storyboard voor av-productie (film en animatie);
- kennis van vormgeefprincipes zoals storytelling, camerastandpunten, shots, belichting en kaders;
- technische kennis van camera's en kennis van video-editing, geluidediting, animatietechnieken en beeldbewerking en de daarvoor gebruikte professionele software.

## Keuzedomein 7: 2D- en 3D-vormgeving en -productie

### *Voorbeelden van vakkennis:*

- kennis over ontwikkelen van idee of/en opdracht naar een concept voor een 2d of 3d product;
- kennis van verschillende schetstechnieken en ruimtelijk tekenen (isometrie);
- kennis van teken- en schetsmaterialen;
- kennis van vormgeefprincipes zoals kleur, vlakverdeling, compositie en typografie;
- kennis van software voor 3d-tekenen, beeldbewerking, 2d-tekenen en opmaakprogramma's;
- kennis van het juist opleveren en de afwerking van print;
- kennis van 2d- en 3d-printers.

## Keuzedomein 8: Interactieve vormgeving en -productie

### *Voorbeelden van vakkennis:*

- kennis van doelgroeponderzoek;
- kennis over en het kunnen toepassen bij het maken van een concept en ontwerp van usability, accessibility, marketing en gridsystemen;
- kennis van het maken van functioneel- en interactief- en visuele prototype: moodboard, styleboard, storyboard, wireframes, flowcharts;
- kennis van html/css en basisscripting;
- kennis van editors voor websites en games.

## Keuzedomein 9: Samenhang tussen wetenschap en techniek en hun werkwijzen

### *Voorbeelden van vakkennis:*

- kennis met betrekking tot de zeven bètawerelden en de aard van wetenschap en techniek, hun samenhang en de verschillende visies daarop;
- kennis over de overeenkomsten en verschillen m.b.t. karakteristieke denken en werkwijzen (overeenkomstig de kennisbasis natuurwetenschappen en technologie voor de onderbouw vo);



- procedurele kennis over onderzoeken (exploratie, probleemformulering, systematisch onderzoek en rapportage) en de empirische cyclus in het bijzonder;
- procedurele kennis over ontwerpen en de expliciete koppeling tussen de empirische cyclus en de ontwerpcyclus;
- kennis met betrekking tot de koppeling tussen wetenschap en techniek binnen realistische contexten (beroepen, bedrijven en onderwijsontwikkelingen).

### Keuzedomein 10: Podium- en geluidstechniek

#### *Voorbeelden van vakkennis:*

- integraal technisch ontwerp voor een kleine theaterproductie op basis van een programma van eisen van een opdrachtgever;
- kennis over decorontwerp en uitvoering;
- kennis over onderdelen van een technisch ontwerp voor een kleine productie, zoals eisen van artiesten (rider), podiumplan en prikplan;
- kennis over lichttechniek, waaronder de besturing van spots en de natuurkundige achtergronden van kleur;
- kennis over geluidsinstallaties voor kleine producties, waaronder gescheiden monitoring en 'front of house';
- kennis over natuurkundige achtergronden van geluidstechniek zoals akoestiek, frequentie, volume, interferentie;
- kennis over meerkanaals digitale geluidsopnamen en nabewerking met effecten;
- kennis over veiligheid in een theater, waaronder de constructies op het podium.

### Keuzedomein 11: Computers en netwerken

#### Voorbeelden van kennis en vaardigheden:

- kennis over de rol van informatietechnologie bij maatschappelijke ontwikkelingen en nieuwe ontwikkelingen op het gebied van informatietechnologie;
- kan ondersteuning bieden bij het gebruik van informatiesystemen, standaardapplicaties en media;
- kennis over globale hardware-architectuur van computers en randapparatuur en kan deze kennis toepassen bij vervangings- en reparatietaken;
- kennis van de architectuur van lokale en globale netwerken, client-server-modellen en (internet)protocollen (o.a. OSI, Ethernet, TCP/IP) en kan deze kennis toepassen bij het bouwen van een lokaal netwerk en de aansluiting hiervan op internet;
- kan beveiligingssoftware implementeren in een lokaal netwerk;
- kennis van gebruikersbeheer en avg-regels in een lokaal netwerk en deze toepassen bij implementatie;



10  
voor  
de  
leraar



- Heeft kennis van arbo-regels rond beeldschermwerkplekken.

## 5 Redactie en validering

### Redactieteam

De heer M. (Maurice) Smeets MEd	(Voorzitter) Fontys Lerarenopleidingen Sittard
De heer dr. D.H.J. (Dave) van Breukelen	<ul style="list-style-type: none"> <li>Lerarenopleider science &amp; technology en natuurkunde, Fontys Lerarenopleiding Sittard</li> <li>Vakdidactisch onderzoeker bèta onderwijs, Fontys Lerarenopleiding Sittard</li> </ul>
De heer dr. G. (Gerald) van Dijk	<ul style="list-style-type: none"> <li>Hoofddocent lerarenopleiding techniek, Hogeschool Utrecht</li> </ul>
Mevrouw M. (Mandy) Stoop	Fontys Lerarenopleidingen Tilburg

### Valideringsgroep

De heer A.J.E. (Anton) van den Brink MSc	(Voorzitter) <ul style="list-style-type: none"> <li>Directeur, Fontys lerarenopleiding Sittard</li> </ul>
De heer dr. D.H.J. (Dave) van Breukelen	<ul style="list-style-type: none"> <li>Lerarenopleider Science &amp; Technology en natuurkunde, Fontys Lerarenopleiding Sittard</li> <li>Vakdidactisch onderzoeker bèta onderwijs, Fontys Lerarenopleiding Sittard</li> </ul>
De heer dr. G. (Gerald) van Dijk	<ul style="list-style-type: none"> <li>Hoofddocent lerarenopleiding techniek, Hogeschool Utrecht</li> </ul>
Mevrouw mr. N.E.M. (Noor) van Gils	<ul style="list-style-type: none"> <li>Projectleider, <i>10voordeleraar</i></li> </ul>
De heer B. (Bas) Kimpel	<ul style="list-style-type: none"> <li>Voorzitter, Nederlandse Vereniging voor Doelmatig Onderhoud (NVDO)</li> </ul>
De heer H.J. (Harry) Olde Reuver of Briel	<ul style="list-style-type: none"> <li>Techniekdocent Morgen College Spectrum Harderwijk</li> <li>Lid van overlegorgaan Techniek en technologie binnen de NVON</li> <li>Techniekwedificatie vanuit bedrijfsleven Platform Techniek Noordwest Veluwe</li> </ul>
De heer prof. dr. M. (Marc) de Vries	<ul style="list-style-type: none"> <li>Hoogleraar Science &amp; Technology Education, afdeling Science Education en Communication (SEC), Technische Universiteit Delft</li> </ul>

10  
voor  
de  
leraar



## Colofon

Den Haag, november 2019

## Uitgave

*10voordeleraar*  
Prinsessegracht 21  
2514 AP Den Haag  
Postbus 123  
2501 CC Den Haag

[info@10voordeleraar.nl](mailto:info@10voordeleraar.nl)

[www.10voordeleraar.nl](http://www.10voordeleraar.nl)

Alle rechten voorbehouden. Behoudens de uitdrukkelijk bij wet bepaalde uitzonderingen mag niets uit deze uitgave worden veeleenvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand of openbaar worden gemaakt, zonder uitdrukkelijke toestemming van de uitgever. Aan de totstandkoming van deze uitgave is de uiterste zorg besteed. Voor informatie die nochtans onvolledig of onjuist is opgenomen, aanvaarden de auteurs, redactie en uitgever geen aansprakelijkheid voor de gevolgen daarvan.