**ONTWERPLEERPLAN**

**Elektrotechnieken B+S**

2de graad D/A-finaliteit

II-EIT-da

BRUSSEL

D/2021/13.758/058



**Disclaimer**

Omwille van de te grote omvang en gedetailleerdheid van het geheel van de basisvorming en de specifieke vorming zoals bepaald door de Vlaamse regering (eindtermen, specifieke eindtermen, beroepskwalificaties) sluiten onze ontwerpleerplannen onvoldoende aan bij het oorspronkelijke opzet van leerplannen van Katholiek Onderwijs Vlaanderen. Katholiek Onderwijs Vlaanderen betreurt dat er veelal onvoldoende ruimte is om de leerplandoelen in dit leerplan met voldoende diepgang te realiseren binnen de beschikbare onderwijstijd of voor het schoolbestuur, het lerarenteam of de individuele leraar om eigen inhoudelijke of didactische keuzes te maken.

Naargelang de samenstelling van de studierichting(en) waarvoor het leerplan geldt, integreren de leerplandoelen eindtermen basisvorming, cesuurdoelen en/of doelen die leiden naar een beroepskwalificatie. Vermits het Vlaams Parlement de eindtermen basisvorming en de specifieke eindtermen voor de tweede en de derde graad nog niet goedkeurde, zijn de leerplandoelen onder voorbehoud.

Na goedkeuring van de eindtermen basisvorming en de specifieke eindtermen door het Vlaams Parlement, voegen we de relevante eindtermen basisvorming, cesuurdoelen en/of doelen die leiden naar een beroepskwalificatie toe. We nemen dan ook een concordantietabel op die duidelijk aangeeft welke leerplandoelen de eindtermen basisvorming, de cesuurdoelen en/of de doelen die leiden naar een beroepskwalificatie realiseren.

# Algemene inleiding

De start van de modernisering secundair onderwijs gaat gepaard met een nieuwe generatie leerplannen. Net zoals in de eerste graad zijn de nieuwe leerplannen van de tweede graad ingebed in het vormingsconcept van de katholieke dialoogschool en gaan ze uit van de professionaliteit van de leraar en het eigenaarschap van de school en het lerarenteam.

## Het leerplanconcept: vijf uitgangspunten

De nieuwe leerplannen vertrekken vanuit het **vormingsconcept** van de katholieke dialoogschool en laten toe om optimaal aan te sluiten bij het pedagogisch project van de school en de beleidsbeslissingen die de school neemt vanuit haar eigen visie op onderwijs (taalbeleid, evaluatiebeleid, zorgbeleid, ICT-beleid, kwaliteitsontwikkeling, keuze voor vakken en lesuren …).

De nieuwe leerplannen ondersteunen **kwaliteitsontwikkeling**: het leerplanconcept spoort met kwaliteitsverwachtingen van het Referentiekader onderwijskwaliteit (ROK). Kwaliteitsontwikkeling volgt dan als vanzelfsprekend uit keuzes die de school maakt bij de implementatie van leerplannen.

De nieuwe leerplannen faciliteren een **gerichte studiekeuze** na de tweede graad. Het proces van de studiekeuze eindigt immers niet na de eerste graad. In de tweede graad onderzoeken leerlingen meer gericht waar hun capaciteiten liggen en wat hun talenten zijn. Leerplannen zijn daarbij een belangrijk hulpmiddel. Doelen sluiten aan bij de verwachte competenties van leerlingen die voor een bepaalde studierichting kiezen. De feedback en evaluatie bij de realisatie ervan beïnvloeden op een positieve manier hun keuze voor een meer geprofileerde studierichting in de derde graad.

De nieuwe leerplannen gaan uit van de **professionaliteit** van de leraar en het **eigenaarschap** van de school en het lerarenteam. Ze bieden pedagogisch-didactisch voldoende ruimte voor een eigen aanpak van de leraar, het lerarenteam of de school [zie disclaimer].

De nieuwe leerplannen borgen de **samenhang** in de vorming van de tweede graad. Leerplannen zorgen voor een samenhangend fundament van vorming voor alle leerlingen binnen een finaliteit en een studierichting. Ze vertrekken vanuit een gemeenschappelijk referentiekader en hanteren een gelijkgerichte terminologie met respect voor de eigenheid van elk vak. De samenhang in de tweede graad betreft zowel de verticale samenhang (de plaats van het leerplan in de opbouw van het curriculum) als de horizontale samenhang binnen studierichtingen en over studierichtingen en finaliteiten. Waar relevant geven de leerplannen expliciet aan met welke doelen van andere leerplannen in de school verdere afstemming mogelijk is. Op die manier faciliteren en stimuleren de leerplannen leraren om over de vakken heen samen te werken en van elkaar te leren, leraren basisvorming (incl. godsdienstleraren) en leraren specifieke vorming. Een verwijzing van een vakleraar naar de lessen van een collega laat de leerlingen niet alleen aanvoelen dat de verschillende vakken onderling samenhangen en dat ze over dezelfde werkelijkheid gaan, maar versterkt ook de mogelijkheden tot transfer.

In wat volgt gaan we dieper in op een aantal uitgangspunten.

## De vormingscirkel – de opdracht van secundair onderwijs

De leerplannen vertrekken vanuit een gedeelde inspiratie die door middel van een vormingscirkel voorgesteld wordt. We ‘lezen’ de cirkel van buiten naar binnen.

* Een lerarenteam werkt in een katholieke dialoogschool die onderwijs verstrekt vanuit een **specifieke traditie**. Vanuit het eigen pedagogisch project kiezen leraren voor wat voor hen en hun school goed onderwijs is.
* Ze wijzen leerlingen daarbij de weg en gebruikt daarvoor **wegwijzers**. Die zijn een inspiratiebron voor hen en hun collega’s en zorgen voor een Bijbelse ‘drive’ in hun onderwijs.
* De kwetsbaarheid van leerlingen ernstig nemen betekent dat elke leerling **beloftevol** is en alle leerkansen verdient. Die leerling is **uniek als persoon** maar ook **verbonden** met de klas, de leraar, de school en de bredere samenleving. Scholen zijn daarbij **gastvrije** **plaatsen** waar leerlingen en leraren elkaar ontmoeten in diverse contexten. De leraar vormt zijn leerlingen vanuit een **genereuze** attitude, hij geeft om zijn leerlingen en hij houdt van zijn vak. Hij durft af en toe de gebaande paden verlaten en stimuleert de **verbeelding en creativiteit** van leerlingen. Zo zaait hij door zijn onderwijs de kiemen van een hoopvolle, **meer duurzame en meer rechtvaardige wereld.**
* Leraren vormen leerlingen door middel van inhouden van vorming, die we groeperen in **vormingscomponenten**: levensbeschouwelijke vorming, culturele vorming, economische vorming, lichamelijke vorming, maatschappelijke vorming, natuurwetenschappelijke en technische vorming, sociale vorming, talige vorming en wiskundige vorming. De aaneengesloten cirkel van vormingscomponenten wijst erop dat vorming een geheel is en zich niet in schijfjes laat verdelen. Je kan onmogelijk over culturele vorming spreken zonder met taal bezig te zijn; je kan niet beweren dat wetenschap en techniek geen band hebben met economie, wiskunde of geschiedenis. Dwarsverbindingen doorheen de vakken zijn daarbij belangrijk. De vormingscirkel vormt dan ook een dynamisch geheel van elkaar voortdurend beïnvloedende en versterkende componenten.
* Een leraar vormt leerlingen als **individuele leraar** maar werkt ook binnen **lerarenteams** en binnen een **beleid van de school**. De gemeenschappelijke leerplannen (Gemeenschappelijk funderend leerplan en Gemeenschappelijk leerplan ICT) helpen daartoe. Ze worden gestuurd door keuzes die een school (schoolbestuur, beleidsteam, lerarenteam) maakt. Het Gemeenschappelijk funderend leerplan zorgt voor het fundament van heel de vorming dat gerealiseerd wordt in vakken, in projecten, in schoolbrede initiatieven of in een specifieke schoolcultuur.
* De uiteindelijke bedoeling is om **alle leerlingen** kwaliteitsvol te vormen. Die leerlingen zijn dan ook het hart van de vormingscirkel, zij zijn het op wie we inzetten. Zij dragen onze hoop mee: de nieuwe generatie die een meer duurzame en meer rechtvaardige wereld zal creëren.

## Ruimte voor leraren(teams) en scholen

[zie disclaimer]

De vrijheid die de leraar krijgt om met het leerplan te werken vraagt van hem een grote professionaliteit. Professionaliteit vergt meesterschap. De leraar is dus een meester in zijn vak; hij beheerst de inhouden die hij onderwijst. Een diep gevoel van verantwoordelijkheid en de overtuiging dat elke leerling het recht heeft om op een goede manier gevormd te worden, liggen aan de basis van zijn professioneel bezig zijn.

Vorming is voor die leraar nooit te herleiden tot een cognitieve overdracht van inhouden. Vorming is iets wat hem in die mate beroert dat hij voor iedere leerling de juiste woorden en gebaren zoekt om de wereld te ontsluiten. Hij wil de leerling tot bij de wereld brengen. De leraar introduceert leerlingen in de wereld waarvan hij houdt en hij probeert hen ook vriend van die wereld te laten worden. Een leraar zorgt er bijvoorbeeld voor dat leerlingen gegrepen kunnen worden door de cultuur van het Frans of door het ambacht van een metselaar. Hij initieert leerlingen in een wereld en probeert hen zover te brengen dat ze er hun eigen weg in kunnen vinden.

We hebben de leerplandoelen noch chronologisch noch hiërarchisch geordend. Vanuit het pedagogisch project van de school, vanuit zijn passie, expertise en creativiteit, in functie (van de beginsituatie) van de klasgroep kan de leraar eigen accenten leggen en differentiëren. Hij kan kiezen welke leerplandoelen hij op welke manier samenneemt bij het uitwerken van lessen, thema’s of projecten.

In het leerplan leggen we geen didactische werkvormen vast. Ter ondersteuning van leraren(teams) geven we voor bepaalde leerplanonderdelen een indicatie van de nodige onderwijstijd. Dat betekent dat leraren(teams) alle vrijheid hebben om langere leerlijnen op te bouwen en in te zetten op de spiraalsgewijze aanpak van bepaalde inhoudelijke leerplandoelen. Leraren bepalen zelf welke contexten ze laten spelen, welke methodieken ze hanteren.

## Differentiatie

De nieuwe leerplannen bieden volop kansen om gedifferentieerd te werken. Ze laten toe om te differentiëren op verschillende manieren

* verschillende inhoudelijke keuzes;
* doelen integreren;
* inhouden verbreden door andere contexten aan bod te laten komen;
* verdieping aanbieden;
* in te spelen op verschillen in het abstractievermogen van leerlingen.

Differentiëren is van belang in alle leerlingengroepen. Leerlingen die starten in een studierichting van de tweede graad en voor wie dit leerplan bestemd is, behoren immers wel tot de doelgroep, maar bevinden zich niet noodzakelijk in dezelfde beginsituatie. Dikwijls hebben zij reeds een niet te onderschatten – maar soms sterk verschillende – bagage mee vanuit de eerste graad, de gevolgde basisoptie, de thuissituatie en vormen van informeel leren. Het is belangrijk om zicht te krijgen op die aanwezige kennis en vaardigheden en vanuit dat gegeven, soms gedifferentieerd, verder te bouwen.

Ook de motivatie van leerlingen is soms sterk verschillend. Sommige leerlingen denken meer conceptueel en abstract. Andere leerlingen komen vanuit een meer concrete benadering sneller tot inzichtelijk denken. Een context is betekenisvol voor een leerlingengroep, een andere context voor een andere.

Daarnaast bieden leerplannen kansen om de complexiteit van leerinhouden aan te passen. Dat kan door een complexere situatie te schetsen, een minder ingewikkelde bewerking of handeling voor te stellen, of door het aanbieden van meer kennis of vaardigheden leerlingen uit te dagen.

Verschillende leerinhouden aanbieden aan verschillende leerlingen is één vorm van differentiatie.

Andere mogelijkheden zijn differentiëren in didactiek, in graad van autonomie en ondersteuning. De ene leerling kan snel zelfstandig werken, de andere heeft intense begeleiding nodig. In de wenken bij de leerplandoelen verwijzen we naar mogelijkheden tot differentiëren. Dat kan door al dan niet ondersteuning of hulpmiddelen aan te bieden in de vorm van voorbeelden, schrijfkaders, stappenplannen …

Didactische differentiatie kan ook betrekking hebben op het flexibel aanwenden van de beschikbare leertijd, zoals variëren in tempo van onderwijzen en in leertempo van leerlingen, de ene leerling of leerlingengroep wat meer tijd geven dan de andere om hetzelfde te leren.

Differentiatie kan ook door leerlingen naar verschillende producten te laten toewerken die dan naar gedifferentieerde vormen van evaluatie leiden.

## Opbouw van de leerplannen

Elk leerplan is opgebouwd volgens een vaste structuur: algemene inleiding, situering, pedagogisch-didactische duiding, leerplandoelen, basisuitrusting, concordantie. Alle onderdelen van het leerplan maken inherent deel uit van het leerplan. Schoolbesturen van Katholiek Onderwijs Vlaanderen die de leerplannen gebruiken, verbinden zich tot de realisatie van het gehele leerplan.

In de **algemene inleiding** belichten we het nieuwe leerplanconcept dat Katholiek Onderwijs Vlaanderen heeft gehanteerd en gaan we o.m. dieper in op de visie op vorming, de ruimte voor leraren(teams) en scholen en de mogelijkheden tot differentiatie.

In de **situering** beschrijven we - waar relevant - de samenhang met de eerste graad, de samenhang in de tweede graad en de plaats in de lessentabel.

In de **pedagogisch-didactische** **duiding** komen de inbedding in het vormingsconcept, de krachtlijnen, de opbouw, de leerlijnen, de aandachtspunten met o.m. de nieuwe accenten van het leerplan aan bod.

De **leerplandoelen** zijn sober en helder geformuleerd waarbij het leerplandoel als geheel het verwachte niveau van realisatie en beheersing aangeeft. Waar relevant voegen we bij de leerplandoelen een opsomming of een afbakening («) toe die duidelijk aangeeft wat bij de realisatie van het leerplandoel aan bod moet komen. Ook de pop-ups bevatten informatie die noodzakelijk is bij de realisatie van het leerplandoel.

Alle leerplandoelen zijn te bereiken, met uitzondering van attitudes. Leerplandoelen die een **attitude** zijn en dus na te streven, duiden we aan met een sterretje (\*).

We tonen de **samenhang** met andere leerplannen in de **tweede** **graad**. Zo geven we het overleg in lerarenteams alle kansen. Waar relevant verwijzen we ook naar **samenhang met de eerste graad** en naar specifieke items die reeds in de leerplannen van de eerste graad aan bod kwamen.

Tenslotte geven we een aantal zinvolle of inspirerende **wenken** (ü). Het aantal wenken is doorgaans beperkt; het betreft voornamelijk een noodzakelijke toelichting bij leerplandoelen of specifieke begrippen, suggesties voor een mogelijke didactische aanpak of een afbakening van de leerstof.

De **basisuitrusting** geeft aan welke materiële uitrusting vereist is om de leerplandoelen te kunnen realiseren.

In de **concordantie** geven we aan welke leerplandoelen gerelateerd zijn aan bepaalde eindtermen, cesuurdoelen of doelen die leiden naar beroepskwalificaties.

Samenvattend [zie disclaimer]

De nieuwe leerplannen geven richting en laten ruimte. Ze faciliteren de inhoudelijke dynamiek en de continuïteit in een school en lerarenteam. Ze vormen een kwaliteitskader dat inzet op een eigen visie en een identiteitskader dat de unieke identiteit van een school in de diverse samenleving versterkt en ondersteunt. Zo garanderen we binnen het kader dat door de Vlaamse regering werd vastgelegd voldoende vrijheid voor schoolbesturen om het eigen pedagogisch project vorm te geven vanuit de eigen schoolcontext. We versterken het eigenaarschap van scholen die d.m.v. eigen beleidskeuzes de vorming van leerlingen gestalte geven. We creëren ook ruimte voor het vakinhoudelijk en pedagogisch-didactisch meesterschap van de leraar, maar bieden – via pedagogische begeleiding – ondersteuning waar nodig.

# Situering

## Samenhang met de eerste graad

In het leerplan Natuur, ruimte & techniek van de eerste graad komen reeds discipline-overstijgende STEM-vaardigheden aan bod zoals bij het onderzoeken van verschijnselen en systemen in aardrijkskunde, natuurwetenschappen en techniek. Ook het modelleren en problemen oplossen komt aan bod. Daarnaast duiden leerlingen interacties tussen mens, natuur, techniek en ruimte. Ook in het leerplan wiskunde ligt er meer nadruk op probleemoplossend denken. Bij berekeningen staat het handig en inzichtelijk rekenen meer centraal. Nieuw is dat leerlingen reeds een beschrijvend statistisch onderzoek uitvoeren.

We vinden in het leerplan Natuur, ruimte & techniek doelen terug die betrekking hebben op kracht en (verandering van) beweging, energie, materie, structuur en functies in systemen, interacties tussen mens, natuur, techniek en ruimte, kringlopen en voortplanting. Nieuw voor de eerste graad is dat deze breed-wetenschappelijke thema’s een invulling krijgen vanuit zowel aardrijkskunde, natuurwetenschappen als techniek. Deze invulling kan zowel vanuit aparte vakken Aardrijkskunde, Natuurwetenschappen als Techniek gebeuren als vanuit het interdisciplinaire leerplan Natuur, ruimte & techniek. In de leerplannen Natuurwetenschappen van de tweede graad ontwikkelen leerlingen meer inzicht in deze wetenschappelijke thema’s of de zogenaamde ‘Big Ideas in Science’.

## Samenhang in de tweede graad

Betekenisvol STEM-onderwijs doorbreekt de grenzen van traditionele disciplines en leert verbanden leggen tussen concepten, fenomenen en toepassingen, door de leerlingen een aantal vakdiscipline-overschrijdende werkwijzen te laten ervaren. Dit kan je als leraar realiseren door de leerdoelen van het leerplan Elektrotechnieken doelgericht te combineren met inhoudelijke doelen in Biologie, Chemie, Aardrijkskunde en Wiskunde.

## Plaats in de lessentabel

Het leerplan is gericht op 25 graaduren en is bestemd voor de studierichting Elektrotechnieken. Onderstaand grafiek maakt duidelijk dat de onderdelen aan elkaar gelinkt zijn en niet zonder elkaar kunnen binnen het geïntegreerd projectmatig werken. Zonder in een strakke opdeling in vakken te vervallen kan een mogelijke verdeling van onderdelen over de graad als volgt. [zie disclaimer]

# Pedagogisch-didactische duiding

## Elektrotechnieken en het vormingsconcept

Het leerplan Elektrotechnieken is ingebed in het vormingsconcept van de katholieke dialoogschool. In het leerplan ligt de nadruk op de natuurwetenschappelijke en technische vorming en er is een verbinding met de wiskundige vorming en maatschappelijke vorming. De wegwijzers duurzaamheid en verbeelding maken er inherent deel van uit.

**Natuurwetenschappelijke en technische vorming**

Via de verschillende wetenschapsvakken worden jongeren in staat gesteld om op een methodische wijze betrouwbare kennis te verwerven. Leerlingen stellen hun denkbeelden bij door ze te confronteren met denkbeelden van anderen en door samen te argumenteren. Door het inzetten van wetenschappelijke concepten leren leerlingen een fysische werkelijkheid of een natuurlijk fenomeen te vatten. Daarnaast leren ze om wetenschappelijke, technische en wiskundige inzichten in te zetten om complexe vragen of levensechte problemen op te lossen. Verwondering, het voeden van nieuwsgierigheid zijn een belangrijke motor om verschijnselen op een wetenschappelijke manier te beschrijven en te verklaren. Niet alleen de inhouden maar vooral de duurzaamheid van kennis en vaardigheden, het zelf denken en kritisch zijn, het zelf kunnen onderzoeken en ontwerpen zijn richtinggevend.

In natuurwetenschappelijke en technische vorming wordt kennis opgebouwd vanuit een wetenschappelijke methode. Hierbij wordt het onderzoekend leren/leren onderzoeken in het lesgebeuren en in het uitvoeren van practica geïntegreerd. Leerlingen leren om in verschillende contexten aan de hand van hulpmiddelen en meetinstrumenten te observeren, te meten, te onderzoeken en te experimenteren. Ze leren op een veilige en duurzame manier omgaan met materialen, chemische stoffen, levende materie en technische systemen.

Tijdens de technisch vorming ontwikkelen de leerlingen hun technologisch denken en vaardig zijn, als ook het probleemoplossend leren en het leren ontwerpen.

Een vlot gebruik van informaticatechnologieën in wetenschappen en technische vorming kan een sterk hulpmiddel zijn. Ook simulatie- en tekensoftware kan een krachtig hulpmiddel zijn bij conceptvorming en inzicht in abstracte begrippen. Dit geldt zowel voor het bekijken en gebruiken van simulaties, als voor het zelf creëren ervan.

**Wiskundige vorming**

Wiskunde is een taal om patronen in de werkelijkheid compact en ondubbelzinnig te beschrijven, en wordt daarvoor veelvuldig gebruikt in wetenschap en techniek. Een vlot gebruik van wiskundige symbolen en kennis van bewerkingen en conventies zijn noodzakelijke vaardigheden om zowel wetenschappelijke en technologische kennis te verwerven als om te communiceren. Wiskunde is ook een krachtig instrument om complexe problemen te beschrijven en op te lossen. De lessen binnen het leerplan Elektrotechnieken bieden een waaier aan opportuniteiten om de leerlingen te laten inzien hoe (op het eerste zicht abstracte) wiskundige technieken concrete toepassingen hebben. De leerlingen kunnen op deze manier dieper inzicht in en appreciatie voor wiskunde verwerven, terwijl ze hun wetenschappelijke en technologische kennis verdiepen.

**Maatschappelijke vorming**

Wetenschappen en techniek vervullen een cruciale rol in onze samenleving. De ontwikkelingen in de geneeskunde, telecommunicatie, biotechnologie, ... hebben een grote impact op het welzijn van mensen. Dit vormt dan ook een grote uitdaging voor de wetenschappen en techniek namelijk in het creëren van een samenleving waarin onderzoeks- & innovatiepraktijken streven naar duurzame, ethisch aanvaardbare en maatschappelijk gewenste resultaten. In de diverse wetenschaps- en technische vakken willen we de maatschappelijke betrokkenheid bij leerlingen bevorderen. Leerlingen moeten in staat worden gesteld om bij te dragen aan en hun zegje te doen over onderzoek & innovatie en om kritisch te reflecteren over de rol van de mens in het systeem aarde.

De **wegwijzers duurzaamheid en verbeelding** kleuren het leerplan Elektrotechnieken. Werken vanuit duurzaamheid legt sterk de nadruk op de intrinsieke verbondenheid van alle dingen en mensen en het behoud en de verbetering van een duurzame wereld. Inhoudelijk gaat het ook om het belang van biodiversiteit en duurzaam omgaan met technologie met aandacht voor ecologie.

Verbeelding in het leerplan geeft leraren en leerlingen zuurstof om uitdagingen, vragen en problemen niet op één bepaalde manier op te lossen of te beantwoorden en om vooropgestelde methodes niet slaafs te volgen. De praktijk heeft immers in essentie een creatief karakter.

Uit die vormingscomponenten en wegwijzers zijn de krachtlijnen van het leerplan ontstaan.

## Krachtlijnen

Natuur- en technologische-wetenschappelijke vaardigheden, denk- en werkwijzen ontwikkelen

Leerlingen leren wetenschappelijke methoden toepassen. Daarnaast analyseren zij natuurlijke en technische systemen aan de hand van STEM-concepten. Ze leren meetinstrumenten gebruiken en omgaan met grootheden en eenheden. Daarbij leren ze ook om geïnformeerd te werken met materialen en stoffen. Leerlingen leren natuurwetenschappelijke, technologische en wiskundige modellen ontwikkelen om te verklaren of om geïntegreerde STEM-oplossingen voor problemen te ontwikkelen.

Natuur- en technologisch-wetenschappelijke kennis ontwikkelen

In Elektrotechnieken verwerven leerlingen contextgericht inzicht in de fysische concepten: kracht, verandering van beweging, statisch evenwicht in het vlak, arbeid en energie, hydrostatica, thermodynamica, elektrische gelijkstroomkringen, elektromagnetisme en inductie, elektrostatica en elektronica. Hierbij is er een sterke verwevenheid met het toepassen van ontwerpmethoden, digitale technologieën en realisatietechnieken in technische processen en systemen.

Toepassen van ontwerpmethoden, realisatietechnieken in technische processen en systemen

De leerlingen leren technische processen en systemen ontwikkelen, analyseren en toepassen tijdens geïntegreerde projecten met betrekking tot elektrotechnsiche realisaties, elektropneumatica en montage. Ze leren programmeerbare sturingen aansluiten en programmeren. De leerlingen leren meettechniekenen en meetmethoden gericht toe te passen tijdens onderhouds- en diagnosetechnieken. Ze maken een studie van het ontwerp, een werkvoorbereiding en leren keuze’s maken in functie van materialen, tools, productieproces, constructie… Zorg voor het milieu, veilig en ergonomisch werken vormen een rode draad doorheen de studierichting.

Interacties duiden tussen wetenschappen, techniek, engineering en wiskunde

De leerlingen denken in functie van het proces en leggen de link tussen de verschillende STEM-disciplines onderling bij een concretisering in context. Daarbij gebruiken ze de STEM-concepten (cross-cutting concepts) als vakoverschrijdende denkwijzen en perspectieven om de uitdagingen aan te pakken of vragen te beantwoorden.

STEM kan niet los gezien worden van de samenleving. Ideeën die ontwikkeld worden over natuur, techniek of wiskunde en de concrete inzet van deze ideeën in menselijke activiteiten, technische systemen en (veranderings)processen beïnvloeden maatschappelijke denkbeelden en vice versa.

Bij het onderzoeken en ontwerpen beargumenteren leerlingen de gemaakte keuzes. Daarnaast onderzoeken zij interacties tussen STEM.

## Opbouw

Het leerplan omvat STEM-doelen en leerdoelen Elektrotechnieken.

STEM-doelen

De STEM-doelen verwijzen naar typische, meestal generieke werkwijzen van ingenieurs en technici:

* wetenschappelijke methoden voor onderzoek;
* technsiche processen en technische systemen onderzoeken;
* keuzes beargumenteren;
* modelleren en problemen oplossen in techniek;
* interacties tussen wetenschap, techniek, engineering en wiskunde.

De STEM-doelen bieden ruimte aan de leraar om verschillende verbanden tussen kennis en vaardigheden te leggen vanuit een systematische benadering, toegepast aan meerdere inhouden en contexten.

Leerdoelen Elektrotechnieken

De leerdoelen Elektrotechnieken behandelen kennis en inzicht in wetmatigheden, vaardigheden, technische systemen en processen, kennis van technologie en materialen in een context van huishoudelijke en niet-huishoudelijke installaties.

De leerdoelen zijn geordend volgens onderstaande rubrieken.

* Mechanica - hydrostatica
* De wetten van Newton
* Bewegingsleer
* Statisch en dynamisch evenwicht in het vlak
* Arbeid en energie
* Hydrostatica
* Elektriciteit – elektronica
* Gelijkstroomkringen
* Elektrostatica, elektromagnetisme en inductie
* Elektronica
* Thermodynamica
* Elektrotechnieken
* Elektrotechnische realisaties
* Programmeerbare sturingen
* Elektropneumatica
* Montage en demontage
* Onderhoudsacties en diagnosetechnieken

## Leerlijnen

### Samenhang met de eerste graad

De STEM-doelen in het leerplan Elektrotechnieken zijn overkoepelende, breed-wetenschappelijke werkwijzen/procedures. Deze leerplandoelen verwijzen naar karakteristieke werkwijzen die terug te vinden zijn bij onderzoekers, ingenieurs, ontwerpers, technici… Ze bouwen voort op de STEM-doelen (procedurele doelen) in het leerplan ‘natuur, ruimte & techniek’ of de aparte leerplannen Aardrijkskunde, Natuurwetenschappen, Techniek binnen de eerste graad.

De leerlingen maakten kennis met een technisch proces en een wetenschappelijke methode, waarbij het leren onderzoeken/ontwerpen en het ontwerpend/onderzoekend leren centraal staat.

### Samenhang in de tweede graad

Elektrotechnieken heeft een samenhang met Wiskunde, Biologie, Chemie en Aadrijkskunde. Wiskunde leren leerlingen probleem oplossen, rekenen met reële getallen, 2D-voorstellingen van 3D-situaties analyseren, rekenen met vectoren, formules omvormen, eerstegraadsfuncties gebruiken, verbanden beschrijven en beschrijvende statistiek. Via de STEM-doelen is het zeker ook interessant samen te werken met het vak Biologie en Chemie. In functie van een duurzame samenleving is er een samenhang met Aardrijkskunde.

### Samenhang met de derde graad

Het leerplan Elektrotechnieken is de logische studierichting in de 2de graad voor de studierichtingen Elektrotechnieken, Elektronicatechnieken, Industriële ICT, Podiumtechnieken in de derde graad.

## Aandachtspunten

Het leerplan Elektrotechnieken is een graadleerplan. Het lerarenteam dient de leerplandoelen te spreiden over de twee leerjaren, overleg en een planmatige aanpak is hierbij belangrijk. Het samenspel van kennis, vaardigheden en attitudes onderschrijft het geïntegreerd projectmatig werken volgens het **technisch- proces**. Hierbij omschrijven we het geheel vanuit een reële behoefte gekoppeld aan het samengaan van verschillende leerplandoelen: elektrotechnieken en STEM-doelen. Tijdens de voorbereiding van de opdracht wordt **relevante kennis en inzichten** aangboden om de opdracht voldoende sterk aan te vatten. De leerlingen leren ook gemaakte keuzes binnen het technisch-proces te beargumenteren. Vervolgens leren de leerlingen een planning opstellen en hun werkplek organiseren. Vaardigheden en handelingen oefenen de leerlingen in gedurende de uitvoering en realisatie. Hierbij wordt zowel het **realiseren van een product als het doorlopen proces** centraal gesteld. Reflectie op het doorlopen proces kan een belangrijk leermoment zijn voor de leerlingen en biedt kans tot remediëring.

Om de beroepsgerichte vorming in de D/A-finaliteit effectief te realiseren, is het van belang dat leerlingen een aantal generieke competenties verwerven. Zij fungeren als onderbouw van de beroepsgerichte vorming, ze zijn de voorwaarde om die vorming te kunnen realiseren. In sommige gevallen worden die generieke competenties in het leerplan binnen specifieke doelen uitgediept of geconcretiseerd, maar in alle gevallen is het belangrijk dat je er als leraar en lerarenteam oog voor hebt. Je vindt die generieke onderbouwende competenties voorafgaand aan de eigenlijke leerplandoelen in volgende omschrijving: “Om de leerplandoelen te realiseren werken de leerlingen in teamverband, handelen ze economisch en duurzaam, handelen ze veilig, ergonomisch en hygiënisch en hebben ze oog voor de kwaliteit van hun werk (proces en resultaat). Die onderliggende elementen zijn fundamenteel; ze zijn belangrijk om de leerplandoelen kwaliteitsvol te realiseren.”

### Mogelijke organisatievormen

Het raakvlak tussen de leerplandoelen STEM en elektrotechnieken is groot. De clusters van leerplandoelen interfereren sterk met elkaar en verdienen bijzondere aandacht. Het staat de school, de vakwerkgroep en/of de leraar vrij hoe concreet men met deze verwevenheid omgaat. De leeromgeving, de expertise van de leraren, de leerling in zijn klasgroep … zijn kritische factoren in de keuze van de geschikte organisatievorm.

De interactie tussen de STEM-disciplines vraagt een doorgedreven vorm van integratie in het leerplan en ook met vakken buiten het leerplan. Om een idee te geven van de mogelijkheden, schetsen we twee uiterste organisatievormen de concept-context-benadering enerzijds en de context-concept-benadering anderzijds, uiteraard behoort elke tussenvorm tot de mogelijkheden.

Men kan ervoor kiezen om de kennis en inzichten (concepten) van de leerdoelen elektrotechnieken integraal toe te wijzen aan een cluster elektrotechnieken en het ontwikkelen van competenties STEM te integreren in functie van de context. Deze werkvorm noemen we de **concept-context benadering**. In dat geval stelt men de **technisch-technologische, wetenschappelijke en wiskundige kennis**, nodig om een probleem binnen een gekozen STEM-project op te lossen **centraal** in de cluster elektrotechnieken. In deze organisatievorm wordt de keuze van projecten hoofdzakelijk gedacht vanuit de leerplandoelen elektrotechnieken.

Men kan ook kiezen voor de **context-concept benadering** en de clusters integreren. In dat geval vertrekt men van een probleem (context) binnen een gekozen STEM-project en koppelt er de relevante technisch-technologische, wetenschappelijke en wiskundige inzichten (concepten) aan die nodig zijn om het probleem op te lossen, de **leerplandoelen STEM** staan hier **centraal**.

### Samenhang tussen wetenschappen

Betekenisvol STEM-onderwijs doorbreekt de grenzen van traditionele disciplines en leert verbanden leggen tussen concepten, fenomenen en toepassingen. Deze samenhang komt op vier verschillende manieren in het leerplan aan bod:

* Vertrekken vanuit de ideeën en interesses van de leerlingen. Om dit concreet vorm te geven in de didactische praktijk kan je als leraar de concept-contextbenadering of context-concept-benadering hanteren.
* De STEM-doelen in het leerplan doelgericht combineren met inhoudelijke doelen elektrotechnieken. Aan de hand van deze STEM-doelen kunnen leerlingen de rol van een aantal vakdiscipline-overschrijdende werkwijzen ervaren.
* Gebruik maken van STEM-concepten. Dit zijn vakdiscipline-overschrijdende denkwijzen (in de vakdidactische literatuur ook soms perspectieven genoemd) om natuurlijke en technische systemen te analyseren. Deze concepten kunnen leerlingen ondersteunen bij het onderzoeken. Om dit aan bod te laten komen zet je als leraar of lerarenteam het leerplandoel STEM LPD 2 in.
* Focussen op breed-wetenschappelijke kernideeën die toepasbaar zijn in meerdere contexten en die de grenzen van individuele disciplines overschrijden. Nadruk op deze kernideeën kan leerlingen helpen om het overzicht te bewaren, om meer complexe ideeën en fenomenen te begrijpen en om problemen op te lossen.

Deze vier manieren om meer samenhang en betekenisgeving in het STEM-onderwijs te verkrijgen overschrijden de grenzen van dit leerplan want ze komen over de graden en over de finaliteiten heen aan bod. Een lerarenteam dat de samenhang tussen S,T,E en M via de geschetste vier manieren oordeelkundig nastreeft, realiseert STEM op niveau van het leerplan.

### Methodische samenhang tussen wetenschappen vanuit de STEM-doelen

De STEM-doelen zijn overkoepelende, breed-wetenschappelijke werkwijzen/procedures. Deze doelen verwijzen naar karakteristieke werkwijzen die terug te vinden zijn bij onderzoekers, ingenieurs, ontwerpers, technici… De STEM-doelen bouwen voort op de STEM-doelen in het leerplan ‘Natuur, ruimte & techniek’ of de aparte leerplannen Aardrijkskunde, Natuurwetenschappen, Techniek binnen de eerste graad.

Als leerlingen deze STEM-doelen inoefenen met verschillende inhouden en in verschillende contexten krijgen zij kansen om vlotter tot transfer te komen. Daarom komen de STEM-doelen steeds in combinatie met doelen uit de leerplanrubrieken van elektrotechnieken aan bod. Hierdoor kan het schoolteam verbanden tussen kennis en vaardigheden op verschillende manieren benaderen en meer betekenis geven aan de doelen.

### Onderzoekend leren, leren onderzoeken

Onderzoekend leren en leren onderzoeken is een belangrijk item in de STEM-doelen. Het biedt kansen om:

* leerlingen te motiveren vanuit hun verwondering bij het waarnemen van verschijnselen;
* geïnformeerd te leren werken met meetinstrumenten, hulpmiddelen en stoffen;
* ideeën over fenomenen en systemen experimenteel te toetsen en te reflecteren over het wetenschappelijk belang van het empirisch testen van die ideeën;
* ontwikkelen van onderzoeksvaardigheden en een onderzoekende houding (kritisch willen zijn, willen begrijpen, willen delen, willen vernieuwen, nauwkeurigheid, objectief waarnemen, planmatig werken…).

### Ontwerpend leren, leren ontwerpen

Ontwerpend leren en leren ontwerpen benoemen we in het leerplan Elektrotechnieken met de leerdoelen STEM. Het biedt leerlingen de kans om creërend, verbeeldend (nieuwe) ontwikkelingen of vebeteringen aan te brengen door:

* een oorspronkelijke idee/probleem te verbreden en verscheidene mogelijkheden/opportuniteiten te onderzoeken;
* vervolgens de mogelijkheden/opportuniteiten afwegen en verfijnen tot een idee van oplossing;
* het idee van oplossing omzetten in een prototype en testen in functie van het proces en het product;
* om tenslotte een degelijk ontwerp te realiseren.

Het is meestal een groepsdynamisch gebeuren waarbij de individuen elkaar inspireren bij de verschillende ontwerpfasen. Het gericht inzetten van vergadermethodieken en -technieken zal het probleemoplossend denken ondersteunen.

### Samenhang vanuit het gebruik van STEM-concepten

STEM-professionals hanteren STEM-concepten (internationaal ook ‘crosscutting concepts’ genoemd) als ‘typische denkwijzen’ die kennis uit verschillende disciplines met elkaar kunnen verbinden. Voor leerlingen kunnen deze concepten toegangspoorten zijn om verbanden tussen disciplines te ontdekken.

STEM-concepten:

* patronen;
* systemen;
* modellen;
* schaal, verhouding en hoeveelheid;
* oorzaak en gevolg;
* structuur en functie;
* stabiliteit en verandering;
* behoud, transport en kringloop van energie en materie.

### Samenhang vanuit inzicht in ‘wetenschappelijke kernideeën’ (Big Ideas)

Het is belangrijk dat leerlingen er door het wetenschapscurriculum heen in slagen om een zeker overzicht te behouden en de samenhang te zien tussen wetenschappelijke ideeën. Binnen het omvangrijk geheel van ideeën die in een wetenschapscurriculum aan bod komen zijn er een aantal kernideeën die breed kunnen ingezet worden.

Onderstaande kernideeën worden in de literatuur vaak onderscheiden:

* levende wezens bestaan uit cellen met een gelijkaardige structuur;
* organismen evolueren door overerving, variatie en selectie van kenmerken;
* in ecosystemen concurreren organismen om materie en energie;
* materie bestaat uit deeltjes;
* bij elk proces wordt energie omgezet van één vorm in een andere;
* wijziging van beweging vereist interactie met een ander object;
* straling is overal;
* er is een sterke wisselwerking tussen wetenschap, techniek en de samenleving.

In dit leerplan krijgt de aandacht voor kernconcepten over de graden en finaliteiten heen vooral vorm vanuit de leerplanrubrieken. Zij geven de structuur aan waarbinnen een netwerk van begripsvorming zich verder kan uitkristalliseren doorheen het leerproces.

### Samenhang met andere leerplannen binnen de finaliteit

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Elektrotechnieken | Elektromechanische technieken | Mechanische technieken | Voertuigtechnieken |
| Kernwetenschappen: |
| Elektriciteit + elektronica | Elektriciteit + elektronica | Elektrische gelijkstroomkringen | Elektriciteit + elektronica |
| Mechanica | Mechanica | Mechanica + constructieleer | Mechanica |
| Thermodynamica | Thermodynamica | Thermodynamica |  Thermodynamica |
|  Hydrostatica | Hydrostatica |  | Hydrostatica |
| Technologisch denken en vaardig zijn: |
| Elektrotechnische realisaties: huishoudelijke niet-huishoudelijke installaties | Elektrotechnische realisaties: automatisatie niet-huishoudelijke installaties |  | Elektrotechnische realisaties: auto-elektriciteit |
| Programmeerbare sturingen | Programmeerbare sturingen |  | Programmeerbare sturingen |
| Elektropneumatica | Elektropneumatica |  | Elektropneumatica Elektrohydraulica |
| (de)Montagetechnieken | (de)Montagetechnieken | (de)Montagetechnieken | (de)Montagetechnieken |
| Onderhouds- en diagnosetechnieken | Onderhouds- en diagnosetechnieken |  | Onderhouds- en diagnosetechnieken |
|  |  | CAD/CAM |  |
|  |  | Verspanende technieken |  |
|  |  | Niet-verspanende technieken |  |

### Samenhang over de finaliteiten heen

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| D-finaliteit | D/A-finaliteit | A-finaliteit |
| Ontwikkelen van wiskundig, (empirisch) natuur- en technisch-wetenschappelijk denken en vaardig zijn:* onderzoekend;
* experimenterend;
* exploratief.
 | Ontwikkelen van technologisch denken en vaardig zijn (techniek/wetenschap):* onderzoekend;
* toegepaste wiskunde en wetenschappen;
* diagnose.
 | Ontwikkelen van technisch-operationele vaardigheden en kennis van materialen en gereedschappen |
| Transfertgericht in ontwikkeling | Contextgericht in implementatie | Taakgericht in concretisering |
| Denken in functie van het concept, modelleren (prototype) | Denken in functie van het proces | Denken in functie van het product |
| Groei in complexiteit en transfert | Groei in complexiteit van processen | Groei in verfijning van de specialisatie |

## Leerplanformularium

Ter ondersteuning van de leerplandoelen werden de formules eigen aan het leerplan opgenomen in een leerplanformularium. Hierin werd een onderscheid gemaakt in formules met het label ‘te kennen, te begrijpen en toe te passen’ enerzijds en formules ‘te begrijpen en toe te passen’ anderzijds. De formules uit de kolom ‘te begrijpen en toe te passen’ kunnen in een aangepast formularium aangereikt worden in functie van het leertraject van de leerling.

### Mechanica.

De wetten van Newton, bewegingsleer, statisch evenwicht in het vlak, materialenleer.

|  |  |
| --- | --- |
| **Minimum te kennen, begrijpen, toepassen** | **Te begrijpen, toepassen** |
| 2de wet van newton $F=m.a$ | Wrijvingskracht $F\_{w}=μ.F\_{n}$ |
| Zwaartekracht $F=m.g$ | Veerkracht $F=k.∆l$ |
| Constante snelheid $∆x=v.∆t$ | Krachtmoment $M=r.F.sinα$ |
|  | Gemiddelde snelheid $v\_{g}=\frac{∆x}{∆t}$ |
|  | Gemiddelde versnelling $a\_{g}=\frac{∆v}{∆t}$ |

### Arbeid, energie, vermogen en rendement.

|  |  |
| --- | --- |
| **Te kennen** | **Te begrijpen, toepassen** |
| Rendement $η=E\_{nuttig}/E\_{toegevoegd}$ |  |
| Gemiddeld vermogen $P=\frac{∆E}{∆t}$ | Joule-effect $Q=R.I^{2}.∆t$ |
| Vermogen $P=U.I$ |  |
|  | Gravitationele energie $E=m.g.h$ |
|  | Elastische energie $E=\frac{1}{2}.k.(∆l)^{2}$ |
|  | Kinetische energie $E=\frac{1}{2}.m.v^{2}$ |
|  | Elektrische energie $E=Q.V$ |
|  | Stralingsenergie $E=h.f$ |
| Arbeid door constante kracht $W=F.∆x.cosα$ |  |

### Elektriciteit.

Gelijkstroomkringen, elektrostatica, elektromagnetisme en inductie, elektronica.

|  |  |
| --- | --- |
| **Te kennen** | **Te begrijpen, toepassen** |
| Stroomsterkte $I=∆Q/∆t$ |  |
| Wet van Ohm $U=I.R$ | Wet van Pouillet $R= ρ.\frac{l}{A}$ |
| Geleidbaarheid $G=\frac{I}{U}$ |  |
|  | Coulombkracht $F=k.\frac{Q\_{1}.Q\_{2}}{r^{2}}$ |
|  | Elektrische veldsterkte in een punt $E=k.\frac{Q}{r^{2}}$ |
|  | Homogeen elektrisch veld $E=\frac{U}{d}$ |
|  | Capaciteit van een condensator $C=\frac{Q}{U}$ en $C=ε.\frac{A}{d}$ |
|  | Magnetische inductie bij een stroomvoerende rechte geleider $Β=\frac{μ.l}{2π.r}$ |
|  | Magnetische inductie bij een stroomvoerende spoel $B= \frac{μ.I.N}{l}$ |
|  | Kracht op een stroomvoerende geleider in een magnetisch veld $F=B.l.I.\sin(α)$ |
|  | Magnetische flux $ϕ=A.B.\cos(α)$ |
|  | Inductiespanning $U=-N\frac{∆ϕ}{∆t}$ |
|  | Zelfinductie $U=-L\frac{∆I}{∆t}$ |

### Druk in vaste stoffen, vloeistoffen en gassen, thermodynamica.

Hydrostatica, thermodynamica.

|  |  |
| --- | --- |
| **Te kennen** | **Te begrijpen, toepassen** |
| Druk p $=\frac{F}{A}$ | Hydrostatische druk $p=ρ.g.h$ |
| Ideale gaswet $p.V=n.R.T$ | Totale druk in vloeistoffen $p=p\_{0}+ ρ.g.h$ |
|  | Gemiddeld debiet $q\_{v}=\frac{ΔV}{Δt}$ |
|  | Vermogen $P=Δp.q\_{v}$ |

# Leerplandoelen

Generieke onderbouwende competenties: om de leerplandoelen te realiseren werken de leerlingen in teamverband, handelen ze economisch en duurzaam, handelen ze veilig, ergonomisch en hygiënisch en hebben ze oog voor de kwaliteit van hun werk. Die onderliggende elementen zijn fundamenteel; ze zijn belangrijk om de leerplandoelen kwaliteitsvol te realiseren.

## STEM-doelen

1. De leerlingen passen een wetenschappelijke methode toe om kennis te ontwikkelen en om vragen te beantwoorden.
* Scherpstellen en afbakenen van de probleemstelling

Formuleren van een onderzoeksvraag en hypothese

Opstellen en uitvoeren van een onderzoeksplan of experiment

Waarnemen en verzamelen van data

Analyseren van data die grafisch en op andere manieren worden weergegeven

Besluiten formuleren op basis van data die grafisch en op andere manieren worden weergegeven en toetsen aan de hypothese

Bespreken van conclusie(s) als verklaring of antwoord op een onderzoeksvraag

Reflecteren en communiceren over de gekozen methodologie en resultaten

**Samenhang tweede graad:** II-GFL-ddaa LPD 023, 024

**Samenhang eerste graad:** In de eerste graad onderzoeken leerlingen een aantal systemen en verschijnselen in aardrijkskunde, natuurwetenschappen en techniek (NRT LPD 1 t.e.m. LPD 9).

* In wetenschappen is er steeds wisselwerking tussen de creatieve menselijke ideeënwereld (hypothesen, modellen, theorieën) en data uit waarnemingen (observatie, experiment, meting, test) om betrouwbare verklaringen en oplossingen te ontwikkelen. In die wisselwerking staat kritische argumentatie centraal.
Daarom is het van belang dat leerlingen lezen, schrijven en discussiëren over wetenschappelijke ideeën en deze confronteren met waarnemingen. Het aanbieden van taalsteun kan hierbij helpen.
Het is daarom niet de bedoeling om alle mogelijke deelvaardigheden van een wetenschappelijke methode in de klaspraktijk voor te stellen als een vast ritueel of een recept.
* Goede observaties waarin een aantal variabelen kunnen worden onderscheiden geven vaak spontaan aanleiding tot interessante onderzoeksvragen.
* De aandacht van dit leerdoel is gericht op het leren onderzoeken. Je kan in pedagogisch-didactisch aanpak een onderzoekend leerproces hanteren maar dit is geen must op zich.
* Na een wetenschappelijk onderzoek kan je de onderzoeksresultaten visualiseren, neerschrijven in een verslag, onderzoeksrapport, technische handleiding, portfolio.
1. De leerlingen analyseren natuurlijke en technische systemen aan de hand van verschillende [STEM-concepten](#_STEM-concepten).
* STEM-concepten:

stromen en behoud van energie, materie en informatie (getallen, data …)

oorzaak en gevolg, terugkoppeling

patronen

verhouding en hoeveelheid

stabiliteit en verandering

structuur en functie

[systemen](#_Systeem) en [modellen](#_Model)

**Samenhang eerste graad:** In de eerste graad herkennen leerlingen verschillende energievormen (NRT LPD 34) en leiden ze energieomzettingen af in systemen (NRT LPD 37). Daarnaast gebruiken ze aangereikte en zelfgemaakte modellen of simulaties (NRT LPD 12). Aan de hand van het deeltjesmodel verklaren ze eigenschappen van materie. In wiskunde bepalen leerlingen de evenredigheidsfactor bij recht evenredige grootheden: schaal, constante snelheid (wiskunde LPD 42). Leerlingen onderzoeken ook stabiliteit van structuren (NRT LPD 32).

* Een overzicht van de STEM-concepten kan voor de leerlingen een hulpmiddel of leidraad zijn om een breder en dieper inzicht te ontwikkelen van technische systemen en processen. Je kan ze apart of gecombineerd aanwenden.
* Je kan leerlingen stromen zoals de invoer, verwerking, uitvoer en opslag van materie, energie en informatie in een systeem met deelsystemen laten onderscheiden en visualiseren met een blokschema als systeemmodel.
* Oorzaak en gevolg zoals in toestandsveranderingen, fysisch-geografische processen, milieu- en gezondheid, warmteontwikkeling door het Joule-effect.
* Je kan aangeven dat terugkoppeling een grootheid in regelsystemen stabiel houdt zoals de temperatuur in het menselijk lichaam, in een verwarmingssysteem.
* Je kan patronen zoals in kenmerken van organismen, systemen, landschappen laten ontdekken als basis voor classificatie, ordening en optimalisering. Grafieken, diagrammen en kaarten kunnen helpen om patronen te ontdekken.
* Veel grootheden zijn op verhoudingen gebaseerd zoals snelheid, dichtheid, concentratie, vergrotingsfactor.
* Stabiliteit, verandering en de invloed van verstoringen zoals in organismen, biotopen, technische systemen, van continenten…; dynamisch evenwicht wanneer in- en uitstroom elkaar in evenwicht houden zoals het loskomen van een verbinding door trilling, de hoogte van de zeespiegel, bevolkingsgroei, gemiddelde temperatuur op aarde, cycli in de natuur.
* Structuur en functie: functies worden verklaard met de vorm en omgekeerd. Je kan voor een systeem aangeven dat vertrouwde vormen niet willekeurig zijn maar kunnen worden verklaard door de functie (voorbeeld de punt van een nagel).
* Leerlingen hebben reeds een zekere vertrouwdheid opgebouwd met het gebruik van specifieke modellen die een systeem of verschijnsel benaderd weergeven zoals deeltjesmodel, atoommodel, molecuulmodel, periodiek systeem, vectormodel, stroommodel, anatomisch model, terugkoppelingsschema.
* Je kan de STEM-concepten met elkaar combineren in redeneringen.
1. De leerlingen gebruiken met de nodige nauwkeurigheid meetinstrumenten en hulpmiddelen om te observeren, te meten, te experimenteren en te onderzoeken in natuurwetenschappelijke, technologische en STEM-contexten.

**Samenhang tweede graad:** II-GFL-ddaa LPD 018

**Samenhang eerste graad:** In de eerste graad gebruiken leerlingen hulpmiddelen om metingen, lokalisaties, observaties, experimenten en een terreinstudie uit te voeren (NRT LPD 4). In wiskunde leren ze ICT selectief en doelgericht hanteren (Wiskunde LPD 12).

* Meetinstrumenten: multimeter, ampèretang, isolatiemeter, drukmeter, temperatuurmeter, meetkaliber, diagnoseapparatuur.
* Hulpmiddelen: thermometer, gereedschappen, chronometer, dynamometer, manometer, sensoren, camera, fototoestel, ICT.
1. De leerlingen gebruiken op een gepaste manier meetwaarden, grootheden en eenheden in wiskundige, natuurwetenschappelijke, technologische en STEM-[context](#_Context)en.
* Schatten van grootheden aan de hand van referentiepunten

Beduidende cijfers

Meetnauwkeurigheid

Gebruiken van vuistregels voor de bepaling van het aantal beduidende cijfers en de nauwkeurigheid bij bewerkingen met meetresultaten

Herleiden van courante eenheden

Gebruiken van notaties met machten van 10: ingenieursnotatie

Onderscheid tussen vectoriële en scalaire grootheden

**Samenhang eerste graad:** In de eerste graad gebruiken leerlingen juiste grootheden en courante eenheden in een correcte weergave en herleiden in functie van de context: lengte, oppervlakte, massa, inhoud/volume, tijd, spanning, temperatuur, kracht en energie (NRT LPD 14). In wiskunde passen leerlingen benaderingstechnieken toe: zinvol afronden en schatten (wiskunde LPD 11) en passen ze rekenregels van machten met gehele exponenten toe (Wiskunde LPD 20).

* Vuistregels kunnen handig zijn voor de bepaling van het aantal beduidende cijfers en de nauwkeurigheid bij bewerkingen met meetresultaten.
* Je kan de lessen starten met een link naar het mathematische in fysica bijvoorbeeld aan de hand van een film over de machten van 10 en visualisaties van dimensies in de natuur. Je kan aangeven dat fysica is op zoek naar de basiswetten in de natuur die geldig zijn tot in de verste en kleinste uithoeken van het universum. Fysica gaat ervan uit dat de natuur logisch in elkaar steekt, kan begrepen worden met een wiskundige taal, en vrij is van tegenspraak bv. bewegingswetten moeten niet enkel op aarde gelden maar overal, anders hebben we de juiste wetten nog niet gevonden.
* Je kan bewust leren omgaan met nauwkeurigheid van meetresultaten in functie van de gekozen meetinstrumenten en de context.
* Je kan afspraken maken over symboolgebruik over de vakken heen zodat eventuele verschillen kunnen geduid worden.
1. De leerlingen onderzoeken verbanden tussen grootheden op kwantitatieve wijze via grafische en analytische oplossingsmethoden.
* Opstellen en interpreteren van grafieken en formules

**Samenhang eerste graad:** Leerlingen van de eerste graad komen vanuit omtrek, oppervlakte en inhoud/volume (Wiskunde LPD 32) reeds in contact met verschillende verbanden (lineair, kwadratisch en kubisch). Daarnaast leggen leerlingen het verband tussen enerzijds recht- en omgekeerd evenredige verbanden en hun voorstellingswijzen (Wiskunde LPD 41). Daarnaast hebben leerlingen een eenvoudig statistisch onderzoek uitgevoerd (wiskunde LPD 43 tot LPD 48) en hierbij voorstellingswijzen gebruikt en geïnterpreteerd.

* Het is belangrijk dat leerlingen de (vaak meerdere) veranderlijke grootheden in een situatie leren herkennen. Om een verband te bestuderen moeten de andere grootheden constant gehouden worden. Dit is een manier om de werkelijkheid te modelleren.
* Verbanden die in het vak wiskunde aan bod komen in de tweede graad: lineair verband, kwadratisch verband.
* In het vak wiskunde verwerven leerlingen conceptueel inzicht in een spreidingsdiagram en informeel begrip van de correlatiecoëfficiënt.
* Verbanden tussen grootheden zoals:
	+ - tussen massa en volume of inhoud;
		- tussen stroomsterkte en spanning;
		- tussen de grootte van de zwaartekracht en de massa;
		- tussen temperatuurverandering, warmtehoeveelheid en massa.
1. De leerlingen ontwerpen een STEM-oplossing voor een probleem.
* Geïntegreerd aanwenden van natuurlijkwetenschappelijke, technologisch-wetenschappelijke, de computationele en wiskundige concepten en praktijken

Technisch proces

Ontwerp: [concept](#_Concept), [prototype](#_Prototype), ontwerpmethode

Toepassen van [probleemoplossende strategieën](#_Probleemoplossende_strategieën)

Gebruiken van algoritmen en programmeertaal

Gebruiken van aangereikte en zelfontwikkelde [modellen](#_Modelen)

**Samenhang tweede graad:** II-GFL-ddaa LPD 017; II-WisS-da LPD 019, 020, 001

**Samenhang eerste graad:** In de eerste graad: doorlopen leerlingen een probleemoplossend proces waarbij kennis en vaardigheden uit meerdere STEM-disciplines geïntegreerd worden aangewend (NRT LPD 11); ontwerpen leerlingen een systeem (NRT LPD 17); hebben leerlingen reeds een conceptueel inzicht verworven in een technisch proces (NRT LPD 15).

* Je kan aandacht hebben met de leerlingen voor gestructureerd werken en een plan van aanpak.
* Ontwerpen doe je best in team. Naast het ontwikkelen van sociale vaardigheden binnen groepsdynamische processen, wordt hiermee ook - bij het vinden van creatieve oplossingen - het versterkende effect beoogd dat een groep kan hebben op de creativiteit van het individu. Het is de symbiose van ideeën en creatieve ingaven van meerdere leerlingen die een origineel, vernuftig ontwerp tot stand brengen.
* Je kan gericht inzetten van vergadermethodieken en -technieken bij het doorlopen van de verschillende fasen van het leren onderzoeken en probleemoplossend denken.
* Beschikbare hulpmiddelen zoals gereedschappen, machines, robots, computers, grondstoffen, materialen, biologische agentia, energie, informatie, menselijke inzet, geldmiddelen, tijd.
* Bepalen van criteria zoals behoeften, duurzaamheid, klimaat, ecologie, veiligheid, ergonomie, esthetisch, ethisch.
* Ontwerpmethodes zoals design, engineering, productontwikkeling.
* Hedendaagse, relevante, maatschappelijke problemen en uitdagingen:
Voorbeelden in het kader van duurzame ontwikkeling vind je in de transistie doelen en de duurzame ontwikkelingsdoelstellingen (SDG’s).
* Voorbeelden in het kader van veiligheid en gezondheid:
	+ - ontwikkelen van een oplossing om;
		- een veiligheidsrisico te verminderen;
		- mobiliteit te verbeteren.
* Een oplossing kan de gedaante aannemen van een nieuwe of aangepaste werkwijze, een interventie, een technisch systeem.
* De nadruk ligt op het ontwerpproces binnen het technisch proces.
* Evaluatie van het ontwerp zoals debuggen van software, foutzoeken (meten) op hardware …
* Algoritmen zoals geconcretiseerd in een diagram (flowchart/stroomschema) van een werkwijze of een proces.
* Je kan aandacht hebben bij ontwerp voor standaardmaterialen, uniform maken van onderdelen.
* Je kan de link maken met het ICT-leerplan voor het gebruik van tekstuele programmeertaal.
* Na een ontwerpopdracht kan je de resultaten visualiseren, neerschrijven in een verslag, onderzoeksrapport, technische handleiding, portfolio.
1. De leerlingen beargumenteren vanuit verschillende invalshoeken keuzes bij het ontwerp en het gebruik van technische systemen en andere STEM-oplossingen.
* Ontwerpen als scheppend proces waarbij afwegingen en keuzes worden gemaakt

Toepassen van criteria om een geschikte keuze te bepalen

Toelichten vanuit eigen normen en waarden

**Samenhang tweede graad:** II-GFL-ddaa LPD 014, 041

**Samenhang eerste graad:** In de eerste graad beargumenteren leerlingen keuzes die ze maken om een wiskundig, wetenschappelijk, technologisch of STEM-probleem op te lossen (NRT LPD 13).

* Invalshoeken zoals ecologisch, ethisch, cultureel, technisch, economisch, maatschappelijk.
* Je stimuleert de leerlingen om kritisch te kijken naar gemaakte keuzes.
1. De leerlingen onderzoeken aan de hand van concrete maatschappelijke uitdagingen de wisselwerking uit tussen [STEM-disciplines](#_STEM-disciplines) onderling en tussen STEM-disciplines met de maatschappij.
* Relatie tussen maatschappelijke behoeften, keuzes en STEM-toepassingen

Wisselwerking tussen STEM-disciplines: het natuurwetenschappelijke (S), het technisch-wetenschappelijke (TE) en het wiskundige (M)

Wiskunde, wetenschappen en technologie als onderdeel van culturele ontwikkeling

Belang van interdisciplinariteit en multiperspectiviteit bij het aanpakken van grote uitdagingen

Systeemdenken

**Samenhang eerste graad:** In de eerste graad illustreren de leerlingen de wisselwerking tussen STEM-disciplines onderling en met de maatschappij (NRT LPD 21) en geven ze toepassingsvoorbeelden van wiskunde (wiskunde LPD9).

* Je kan gebruik maken van de “duurzame ontwikkelingsdoelen (SDG’s, sustainable development goals)” als referentiekader.
* Invalshoeken zoals ecologisch, ethisch, cultureel, technisch, economisch, maatschappelijk.
* Keuzes in het ontwerp, duurzaam ontwikkelen, kunnen hier een maatstaf zijn. Voorbeeld bij plaatmateriaal het patroon schikken om het snijafval te beperken, vastschroeven i.p.v. lijmen.
* Contexten en maatschappelijke behoeften zoals klimaatverandering, hernieuwbare energie, zorg en gezondheid, onderwijs, watervoorziening, mobiliteit, leefbare en duurzame steden, oceaanvervuiling komen aan bod.
* Je kan dit horizonverruimend illustreren door linken te leggen met actualiteit over ‘onderzoek en ontwikkeling’. Ook historische ontwikkelingen verhelderen deze wisselwerking en laten wiskunde, wetenschappen en technologie zien als culturele ontwikkeling.
* Een bezoek aan een bedrijf, onderzoeksinstelling of vereniging kan veel relaties tussen de samenleving en ‘onderzoek en ontwikkeling’ verhelderen.

## Mechanica - hydrostatica

### De wetten van Newton

1. De leerlingen stellen een kracht, snelheid en versnelling vectorieel voor.
* Vector, grootte, richting, zin, aangrijpingspunt

**Samenhang tweede graad:** II-WisS-da LPD 012, 013

* Je kan dit leerplandoel in sterke samenhang zien met de leerplandoelen over kracht en beweging, link met LPD 10, 11.
1. De leerlingen onderzoeken de drie wetten van Newton:
* traagheidswet, rust en beweging;
* het verband tussen kracht, massa en versnelling;
* actie- en reactiekrachten.
* Soorten krachten: gravitatiekracht, zwaartekracht, wrijvingskracht, normaalkracht, veerkracht

Dynamische effecten van en kracht: versnellen, vertragen en van richting veranderen

**Samenhang tweede graad:** II-WisS-da LPD 019, 020

* Het is belangrijk de leerlingen het verschil weten tussen:
	+ - puntmassa en star lichaam;
		- rotatie en translatie.
* De termen massa en gewicht worden vaak met elkaar verward, het is belangrijk om een goed onderscheid tussen beide te maken.
* Een onderzoek kan gestart worden van uit een ervaring, experiment, videofragment.
* Je kan het verband leggen met het fenomeen zwaartekracht: massa, valversnelling (gravitatiekracht) en zwaartepunt.
* Je kan grootheden opmeten met sensoren.
* Een onderzoek in samenhang met de STEM-doelen kan bestaan uit:
	+ - Klassieke experimenten waarbij verbanden tussen grootheden worden aangetoond en de formules worden opgesteld of bevestigd.

### Bewegingsleer

1. De leerlingen onderzoeken het verband tussen constante snelheid, verplaatsing en tijd.

**Samenhang tweede graad:** II-WisS-da LPD 019, 020

* Het is belangrijk dat leerlingen het verschil weten tussen:
	+ - positie, verplaatsing en afgelegde weg;
		- gemiddelde snelheid/versnelling en ogenblikkelijke snelheid/versnelling;
		- puntmassa en starlichaam;
		- rotatie en translatie;
		- zwaartepunt.
* Je kan grootheden opmeten met sensoren.
* Een onderzoek in samenhang met de STEM-doelen kan bestaan uit:
	+ - Klassieke experimenten waarbij verbanden tussen grootheden worden aangetoond en de formules worden opgesteld of bevestigd.
* Via videoanalyse kan het onderzoekend leren sterk ondersteund worden.
1. De leerlingen berekenen de positie, de grootte van de snelheid en de grootte van de versnelling bij:
* de rechtlijnige beweging;
* de cirkelvormige beweging.

**Samenhang tweede graad:** II-WisS-da LPD 019, 020

* Je kan overbrengingsmechanismen als toepassing inbrengen bij de bespreking van de verschillende bewegingen.
* Bij wijze van differentiatie kan je aandacht hebben voor de veranderlijke beweging en verticale worp.
* Een veranderlijke beweging kan bij wijze van differentiatie opgebouwd worden uit samengestelde bewegingen van versnelling, constante snelheid, vertraging.
* Je kan de grafische voorstelling van snelheid en versnelling in functie van de tijd gebruiken om het begrip cirkelvormige beweging te verduidelijken.
* Je kan werken met videoanalyse om het onderzoekend leren sterk te ondersteunen.
* Je kan grootheden opmeten met sensoren.
* Een onderzoek in samenhang met de STEM-doelen kan bestaan uit:
	+ - Klassieke experimenten waarbij verbanden tussen grootheden worden aangetoond en de formules worden opgesteld of bevestigd.
		- Bewegingen in een mechanisme;
		- positie van een voertuig in functie van de rotatiefrequentie wielen;
		- verband tussen rotatiefrequenties en omtreksnelheden in een overbrengingsmechanisme.

Statisch evenwicht in het vlak

1. De leerlingen berekenen krachten, krachtmomenten en koppels.
* Herkennen krachten met eenzelfde of tegengestelde zin en hoekmakende krachten

Samenstellen van resulterende krachten en krachtmomenten: grafisch – via berekening

Ontbinden van krachten: grafisch – via berekening

**Samenhang tweede graad:** II-WisS-da LPD 12, 13

* Toepassing krachtenmoment: de momentsleutel, cranklengte van een fietstrapas.
* Je kan de link leggen met de leerplan doelen montage-demontage.
1. De leerlingen lichten de voorwaarden tot evenwicht in het vlak toe.
* Zwaartepunt

Krachten, krachtmomenten, koppels

* Je kan de leerlingen een krachtenbalans of momentenbalans laten schetsen om de resulterende kracht of krachtenmoment te bekomen.
* Bij het begrip krachtenmoment kan je als toepassing de momentsleutel, hefbomen, cranklengte van een fietstrapas gebruiken.

### Arbeid - energie

1. De leerlingen onderzoeken de geleverde arbeid bij een constante kracht.
* Toepassen van de wetmatigheid

**Samenhang tweede graad:** II-WisS-da LPD 019, 020

* Geleverde arbeid kan je laten ervaren door een grotere kracht bij een gelijke snelheid:
	+ - een fiets met een platte band, ondergrond zand, ijs;
		- karretje met wielen op lagers of geen lagers;
		- toepassing: een katrol, optillen van zware massa’s;
		- smering: onderhoud bij machines.
* Een onderzoek in samenhang met de STEM-doelen kan bestaan uit:
	+ - klassieke experimenten waarbij verbanden tussen grootheden worden aangetoond en de formules worden opgesteld of bevestigd;
		- het verband tussen toegevoegd vermogen en afgeleverde arbeid in een bepaalde tijd van een systeem (het belasten van een machine).
1. De leerlingen lichten energieomzettingen toe aan de hand van de concepten arbeid, rendement, vermogen, energie, warmte en het verband ertussen.
* Wet van behoud van energie, energiebalans kwantitatief en kwalitatief

Energiedissipatie, open en geïsoleerd systeem

Gravitationele potentiële energie, potentiële elastische energie, kinetische energie, chemische energie, thermische energie, stralingsenergie, kernenergie, elektrische energie

Berekenen van kinetische en potentiële energie

Berekenen van het rendement en vermogen

* Je kan vertrekken van uit een toepassing en de leerlingen inzicht laten verwerven in de verschillende vormen van energie.
* Je kan om inzicht te verwerven bij energieomzettingen de begrippen warmte, energiedissipatie, open en geïsoleerde systemen aanbrengen.
* Het verband tussen arbeid en kinetische energie kan je duiden aan de hand van het arbeid-energietheorema.
* Het opslaan van energie kan je verduidelijken door te verwijzen naar: een waterreservoir, een batterij, veren.
* Het opstellen van een energiebalans kan een ondersteuning zijn bij het bestuderen van energieomzettingen.
* Je kan eenheden die niet voorkomen in het SI-stelsel vermelden: kilowattuur, (kilo)calorie (voedingswaren).

### Hydrostatica

1. De leerlingen passen wetmatigheden toe met betrekking tot de hydrostatica.
* Druk, hydrostatische druk, atmosferische druk, drukverschil, debiet

Beginsel van Pascal

Gemiddeld debiet

Ideale gaswet

**Samenhang tweede graad:** II-WisS-da LPD 019, 020

* In elektrotechnieken in de tweede graad ligt de focus op elektropneumatica.
* Bij de bespreking van de wetmatigheden tot de hydrostatica kan je aandacht hebben voor: overdruk, onderdruk, beginsel van Pascal.
* Je kan de (on)samendrukbaarheid van fluïda aan bod laten komen.
* Je kan werken met een simulatieprogramma om begrippen in de hydrostatica te onderbouwen.

## Elektriciteit - elektronica

### Gelijkstroomkringen

1. De leerlingen onderzoeken aan de hand van metingen en berekeningen het verband tussen de spanning over en de stroom door een verbruiker in elektrische gelijkstroomkringen.
* Geleidbaarheid, geleider, isolator

Spanningsbron, gelijkspanning

Weerstand, wet van Ohm, wet van Pouillet

Lading, stroomsterkte, tijd

Conventionele en werkelijke stroomzin

**Samenhang tweede graad:** II-WisS-da LPD 019, 020

* Je kan de analyse verdiepen door leerlingen de concepten stroom en spanning vooraf te laten bestuderen door metingen en berekeningen.
* Een onderzoek in samenhang met de STEM-doelen kan bestaan uit:
	+ - verschillende weerstanden (lineair en niet-lineair) gebruiken en uitzetten in een spannings-stroomgrafiek (richtingscoëfficient);
		- gebruik maken van een weerstandsdraad (verschillende materialen, lengte, dikte);
		- invloed materiaalsoort op geleidbaarheid.
* Het is wenselijk wisselspanning mee op te nemen in de bespreking van de soorten spanningen als ook het begrip frequentie.
* Je kan bij het gebruik van een spanningsbron kan je verwijzen dat er ook stroombronnen zijn.
* Een simulatie kan een hulpmiddel zijn.
* Je kan de link leggen met meten van grootheden, LPD 3.
1. De leerlingen onderzoeken aan de hand van metingen en berekeningen de concepten arbeid, vermogen en rendement.
* Joule-effect

**Samenhang tweede graad:** II-WisS-da LPD 019, 020

* Je kan aandacht hebben voor de veiligheidscomponenten in verband met elektrocutie, kortsluiting en overbelasting in een elektrische installatie zoals zekeringen, verliesstroomschakelaar, aarding, elektrische isolatie.
* Meten van vermogen met een wattmeter kan een verbreding zijn bij dit leerplandoel.
* Je kan de link leggen met energieomzettingen, LPD 16.
* Een onderzoek in samenhang met de STEM-doelen kan bestaan uit:
	+ - Joule-effect; werken met weerstanddraad;
		- vermogenmetingen uitzetten bij verschillende verbruikers;
		- verband bij energieomzettingen; arbeid (Kilowattuur), opbrengst van een groene stroominstallatie;
		- kostprijsberekening.
* Je kan vermogenmetingen uitzetten bij verschillende verbruikers. Bijvoorbeeld het vermogen meten op een elektrisch voertuig bij verschillende belastingen.
1. De leerlingen realiseren serie-, parallel- en gemengde schakelingen met weerstanden volgens schema.
* Schematische voorstelling

Eigenschappen van serie- en parallelschakeling

Vervangingsweerstand

Onbelaste spanningsdeler

* Je kan door onderzoek, link met LPD 1, de leerling inzicht laten verkrijgen in de wetmatigheden, werking van serie- en parallel- en gemengde schakeling.
* Het komt er hier vooral op aan, via een toepassing in een huishoudelijke en niet-huishoudelijke installatie, de leerlingen inzicht te geven in schakelingen met weerstanden.
* Je kan gebruik maken van een belaste spanningsdeler om het begrip onbelaste spanningsdeler te duiden.
* Dit leerplandoel leent zich tot het meten van: spanning, stroom, weerstand, vermogen, link naar LPD 3.

### Elektrostatica, elektromagnetisme en inductie

1. De leerlingen berekenen Coulombkracht en de potentiaal in een punt van een elektrisch veld.
* Elektrische veldsterkte, elektrische veldlijnen

Elektrische potentiaal, elektrische spanning

Lading

**Samenhang tweede graad:** II-WisS-da LPD 019, 020

* Een vectoriële voorstelling kan ondersteunend zijn in de begripsvorming.
* Je kan elektrische veldlijnen zichtbaar maken met een Vandegraaff-generator, olie en griesmeelkorrels, radiaal en homogeen veld.
* Je kan de leerlingen wijzen op het gevaar van elektrostatische spanning:
	+ - bij het gebruik van halfgeleidermateriaal;
		- het statisch opladen van een voertuig door beweging.
* Je kan de volgende toepassingen aanbod laten komen:
	+ - capaciteit van een condensator;
		- bliksem.
1. De leerlingen lichten het ontstaan van een magnetisch veld langs elektromagnetische weg toe in een:
* rechte geleider;
* winding;
* solenoïde;
* elektromagneet.
* Magnetisch veld, magnetische veldlijnen

Magnetische veldsterkte

**Samenhang tweede graad:** II-WisS-da LPD 019, 020

* Je kan magnetische inductie benaderen als vectoriële grootheid.
1. De leerlingen lichten magnetische inductie toe bij een stroomvoerende geleider en stroomvoerende spoel.

**Samenhang tweede graad:** II-WisS-da LPD 019, 020

* Je kan met de leerlingen een elektromagneet maken en waarbij een onderzoek kan bestaan uit:
	+ - verband tussen het aantal wikkelingen en de magneetkracht;
		- de stroom door de elektrospoel en het verband met de ontwikkelde magneetkracht.
1. De leerlingen lichten het ontstaan van een Lorentzkracht toe bij een stroomvoerende geleider in een magnetisch veld.

**Samenhang tweede graad:** II-WisS-da LPD 019, 020

* Je kan het verband leggen met een elektromotor.
1. De leerlingen lichten het ontstaan van een geïnduceerd en gegenereerde emk toe ten gevolge van een fluxverandering of een bewegende geleider in een magnetisch veld.
* Magnetisch flux

Wetten van Lenz en Faraday

**Samenhang tweede graad:** II-WisS-da LPD 019, 020

* Je kan het verband leggen met het genereren van (wissel)spanning (alternator).
1. De leerlingen realiseren een gelijkstroomschakeling:
* met een weerstand en een condensator volgens schema;
* met een weerstand en een spoel volgens schema.
* Spanning en stroomverloop
* Je stimuleert de leerlingen om de schakeling te realiseren met componenten en de curves zichtbaar te maken met een oscilloscoop.
* Je hebt aandacht voor de oplaad- en ontlaadcurves voor spanning en stroom, het tijdsafhankelijk gedrag, de tijdsconstante en het niet-lineair verloop van de curven.

## Thermodynamica

1. De leerlingen gebruiken het concept druk om fenomenen, toepassingen en veiligheidsaspecten uit het dagelijkse leven te verklaren.
* Hydrostatische en atmosferische druk

Beginsel van Pascal

Omgekeerd evenredig verband tussen druk en oppervlakte

**Samenhang tweede graad:** II-WisS-da LPD 019, 020

**Samenhang eerste graad:** In de eerste graad komen leerlingen vanuit omtrek, oppervlakte en inhoud/volume (WISa LPD 32) reeds in contact met verschillende verbanden (lineair, kwadratisch en kubisch). Daarnaast leggen leerlingen het verband tussen enerzijds recht- en omgekeerd evenredige verbanden en hun voorstellingswijzen (WISa LPD 41).

* Je kan aandacht besteden aan het STEM-concept ‘structuur en functie’ door de nadruk te leggen op het omgekeerd evenredig verband tussen druk en oppervlakte. Door het oppervlak van een systeem aan te passen kan je invloed van een gegeven kracht F=p.A gewijzigd worden. Je kan ook de grafiek p=f(A) opstellen bij F=Cte en zo het wiskundig model opbouwen van het omgekeerd evenredig verband.
* Je kan aandacht besteden aan veiligheidsaspecten waar druk een belangrijke rol speelt: overdrukbeveiliging van een boiler, verlagen of verhogen van de druk op een ondergrond om het effect van de kracht aan te passen zoals bij het plaatsen van een ladder, het perforeren van materiaal, druk op het trommelvlies bij het duiken of vliegen.
* Je kan gasdruk verklaren als de kracht die uitgeoefend wordt door de op wand botsende gasdeeltjes per eenheid van oppervlakte in een bepaald afgesloten volume. Je kan dit het gemakkelijkst illustreren met een simulatie.
* Je kan aangeven dat de hydrostatische en de atmosferische druk veroorzaakt wordt door de zwaartekracht op de massa van de bovenliggende deeltjes en afhangt van de hoogte van de bovenliggende lagen.
* Je kan aangeven dat de luchtdruk kan gemeten worden met een barometer.
* Door een verschil tussen onderdruk en bovendruk ontstaat er een kracht waardoor de bewegingstoestand verandert (bijv. in het weer, in de longen, bloedcirculatie…). Je ingaan op het belang van overdruk in steriele ruimtes en onderdruk in kerncentrales.
* Toepassingen zoals opzuigen van stoffen, rondpompen van vloeistoffen in verwarmingssystemen, ademhaling, watertoren, weersfenomenen.
1. De leerlingen lichten kwalitatief het verband toe tussen warmtehoeveelheid en temperatuursverandering.
* Thermische energie, warmte

Temperatuursveranderingen en faseovergangen aan de hand van het deeltjesmode

**Samenhang tweede graad:** II-WisS-da LPD 019, 020

**Samenhang eerste graad:** In de eerste graad lichten leerlingen aggregatietoestanden van stoffen toe met behulp van een deeltjesmodel (NRTa LPD 46) en verklaren uitzetting van stoffen via een deeltjesmodel (NRTa LPD 47).

* Het is belangrijk om het onderscheid tot te lichten tussen temperatuur en warmte. In de dagelijkse omgangstaal wordt warmte immers vaak als synoniem voor temperatuur gebruikt: “het is hier warm”.
* Je kan aangeven dat de hoeveelheid warmte die nodig is om een temperatuursverandering te veroorzaken ook afhangt van de soort stof en de massa ervan. Denk aan de proef met een gloeiende spijker versus een bakje water.
* Je kan aangeven dat temperatuur geen bovengrens heeft, maar wel een ondergrens: het absolute nulpunt.
1. De leerlingen beredeneren het ontstaan van thermisch evenwicht kwalitatief aan de hand van de warmtebalans.
* Veiligheidsaspecten

**Samenhang eerste graad:** In de eerste graad leggen leerlingen geleiding, stroming/convectie en straling uit als transportmogelijkheden van thermische energie (NRTa LPD 40).

* Veiligheidsaspecten: zoals warmtecapaciteit, isolatie om te beschermen tegen hoge temperatuur, koelvinnen en ventilatoren om oververhitting te vermijden.
* Je kan simulaties rond thermodynamica inzetten.
* Je kan de link leggen met het STEM-concept: systemen en hun modellen (aanduiden van de warmtestroom in een blokschema).

## Elektrotechnieken

1. De leerlingen werken op een veilige en duurzame manier met materialen, chemische stoffen en technische en biologische systemen.
* Veiligheidspictogrammen, H/P-zinnen

Gebruiken en indien nodig onderhouden van technische systemen

Gebruiken van informatie

**Samenhang tweede graad:** II-GFL-ddaa LPD 037

**Samenhang eerste graad:** In de eerste graad gebruiken en onderhouden leerlingen courante systemen duurzaam, doelgericht en veilig (NRT LPD 19).

* Technische systemen zoals handwerkgereedschappen, meetinstrumenten, computers.
* Onderhouden van systemen zoals reinigen, preventief onderhoud door juist gebruik van hulpmiddelen.
* Goede praktijken:
	+ - ordelijk werken, productetiketten interpreteren;
		- alert zijn voor energie die kan vrijkomen onder de vorm van warmte, geluid, straling, elektriciteit;
		- omgaan met chemisch en biologisch afval.
* Gebruik van informatie zoals instructiekaarten voor technische systemen, pictogrammen, symbolen, onderhoudsvoorschriften, handleidingen en (werk)tekeningen.
1. De leerlingen passen veiligheidsvoorschriften en -richtlijnen toe.
* Werkplaatsreglement, veiligheidsinstructiekaarten, brandpreventie

Persoonlijke en collectieve beschermingsmiddelen

BA4 bevoegdheid bij werken aan elektrische installaties

Werken op hoogte

**Samenhang tweede graad:** II-GFL-ddaa LPD 037

* Een veilige houding en werkomgeving wordt versterkt als de leerlingen leren gevaarlijke situaties herkennen en melden.
* De veiligheidshouding van de leerling kan aangescherpt worden door met hen een laatste minuut risicoanalyse (LMRA) uit te voeren alvorens de werkzaamheden te starten. Een aangereikte beknopte checklist is een hulp voor de leerlingen.
* Je kan aandacht hebben voor lock out – tag out – try out (LOTOTO), het is een veiligheidsprocedure die wordt gebruikt in de industrie om ervoor te zorgen dat installaties en machines veiliggesteld worden en niet meer opgestart kunnen worden voorafgaand aan de voltooiing van onderhoud, storing of calamiteit.
1. De leerlingen nemen een ergonomische houding aan bij werkzaamheden.
* Ergonomische knelpunten

Fysieke belasting

Bouwplaats als tijdelijke werkplek

**Samenhang tweede graad:** II-LIOP-ddaa LPD 7, 8

* Je kan de leerlingen wijzen op de Codex over het welzijn op het werk. Het vormt een geheel van technische en organisatorische maatregelen met als doel arbeidsongevallen en beroepsziekten te voorkomen en het verhogen van het welbevinden op het werk.
* De bouwplaats heeft een tijdelijk karakter waardoor soms veiligheidsvoorzieningen niet gebruikt worden.
1. De leerlingen analyseren de opdracht.
* Technisch dossier

Planning en werkvoorbereiding van de werkzaamheden

Voorbereidende werkzaamheden

* Voorbereidende werkzaamheden: beveiliging tegen ongecontroleerd inschakelen, vervangonderdelen bestellen, LMRA, de gouden 8.
* Je kan de leerlingen eens de werktijd laten bepalen bij de analyse, zonder inbreuk te maken op de nodige onderwijstijd om een vaardigheid in te oefenen.
* Keuze van het benodigde en geschikte gereedschap kan een onderdeel zijn van de analyse.
* Planning en werkvoorbereiding kan ook een kostprijsberekening inhouden. Een kostprijsberekening beperkt zich tot het bepalen van de kostprijs van de componenten.
1. De leerlingen gebruiken machines, meetinstrumenten en gereedschappen.
* Controle van de staat van machines, meetinstrumenten en gereedschappen

Veilig en correct gebruik

* Je hebt aandacht voor lock out – tag out – try out (LOTOTO), is een veiligheidsprocedure die wordt gebruikt in de industrie om ervoor te zorgen dat installaties en machines veiliggesteld worden en niet meer opgestart kunnen worden voorafgaand aan de voltooiing van onderhoud, storing of calamiteit.
* Je kan om de veiligheidsattitude aan te scherpen, de leerlingen de gebruikte machines en gereedschappen laten controleren op zichtbare gebreken en degelijkheid voor en na gebruik.
* Een toolboxmeeting, LMRA, veiligheidsinstructiekaarten, en een checklist kan je gebruiken ter ondersteuning.
* Je kan een machine-instructiekaart gebruiken als leidraad bij het correct en ergonomisch hanteren van een machine, gereedschap of meetinstrument.
* Het is belangrijk dat het gereedschap correct gebruikt wordt.
* Breng het correct opbergen van machines en gereedschappen na gebruik onder de aandacht van de leerlingen.
* Je kan de leerlingen kennis bijbrengen van visuele en auditieve kenmerken van slijtage en defecten.
1. De leerlingen lezen en tekenen met tekensoftware technische tekeningen.
* Lezen en schetsen van constructie en samenstellingstekeningen

Grondplannen

Huishoudelijke en niet-huishoudelijke elektrische schema’s

Elektropneumatische schema’s

**Samenhang** **tweede graad:** II-WisS-da LPD 016, 017

* Je kan de leerlingen een eenvoudige handmatig getekende schets laten tekenen als communicatiemiddel.
* Het komt er hier vooral op aan de leerlingen via een opdracht/project inzicht te geven in:
	+ - huishoudelijke en niet-huishoudelijke elektrische schema’s:
* elektrische symbolen en hun opbouw;
* normering, kleurencodes en codering;
* werken met stroombanen;
* soorten schema’s: eendraads-, bedradings-, situatieschema, stuurschema en aardingsplan.
	+ - grondplannen en samenstellingstekeningen:
* symbolen;
* plaats van de onderdelen;
* werking van de onderdelen;
* herkennen van onderdelen.
	+ - elektropneumatische schema’s:
* symbolen en hun opbouw;
* normering en codering.
1. De leerlingen verklaren het doel van beveiligingscomponenten in een technische installatie.
* Elektrisch: kortsluiting, Overstroom, verliesstroom, overspanning

Warmte: thermische beveiliging

Mechanisch: afbreekpen

Pneumatisch: overdruk

* Je kan een link leggen met joule-effect en principewerking van het elektromagnetisme in een spoel bij elektrische beveiligingen.
* Je kan aandacht hebben voor de uitschakelkarakteristieken.

### Elektrotechnische realisaties

Tijdens alle realisaties en uitvoeringen, werk je steeds conform aan het AREI.

1. De leerlingen realiseren stuur- en vermogensschakelingen volgens elektrisch schema en technische documentatie voor huishoudelijke en niet-huishoudelijke installaties.
* Beveiligingscomponenten

Basiscomponenten

* enkelpolige contacten
* dubbelpolige contacten
* wisselcontacten
* stopcontact
* thermostaat
* dimmer
* LED-verlichting
* motor
* draadloos schakelen

Relais en contactorschakelingen

* start-stop
* omkeerschakeling
* impulsrelais
* tijdrelais
* Sensoren en actuatoren
* Connectoren, coax, patchkabel
* Je kan aandacht hebben voor persoons- en toestelbeveiliging in functie van de uitgevoerde schakeling en met beveiligingscomponenten zoals differentieelschakelaar, automaten en smeltveiligheden, overspanningsbeveiliging.
* Je kan werken met een schakelkast of verdeelkast.
* Je kan de leerlingen het verschil laten ervaren tussen snel of traag werkende beveiligingen. Door eens een trage beveiliging te vervangen door een snelle beveiliging. Je kan de leerlingen wijzen hoe dit zichtbaar gemaakt wordt op de beveiligingscomponent.
* Je kan de leerlingen wijzen op het verzorgen van hun elektrische verbindingen: steekklemmen, lasdoppen, stroomrails, solderen en hun labelling in functie van veiligheid.
* Aandacht voor basisschakelingen in verschillende contexten is belangrijk voor een beter inzicht in elektrische schakelingen.
* Je kan een start-stop, omkeerschakeling uitvoeren in een stuurkast.
* Je kan een basisschakeling ook toepassing in een elektropneumatische context.
* Je kan werken met App’s voor kleine sturingen (verlichting).
* Je kan wijzen op IP-normering bij schakelmateriaal.
1. De leerlingen trekken draden en leggen kabels voor verschillende stroombanen en sluiten ze aan voor huishoudelijke en niet-huishoudelijke installaties.
* Kabelwartels, bevestingsmateriaal

Strip en ontmanteltechnieken

Soorten bekabeling en bedrading

* Je houdt best rekening bij het monteren en aansluiten van kabels en draden met:
	+ - welke soort draad of kabel gebruikt moet worden in functie van de component en omgeving;
		- hoe de kabel af te werken en met welk gereedschap;
		- het kiezen van en correct gebruik van wartels.
* Een netwerkkabel hanteren kan een toepassing zijn.
1. De leerlingen sluiten een aardingssysteem en een equipotentiaalverbinding aan.
* Aardingslus, aardelektrode

Aardingsonderbreker

Equipotentiaalverbinding

* Je stimuleert de leerlingen om volgens het AREI een situatieplan van de aardverbinding op te tekenen.

### Elektronica – programmeerbare sturingen

1. De leerlingen realiseren elektronische schakelingen.
* Gedrag van digitale componenten, sensoren en actuatoren

Programmeren van programmeerbare stuureenheden

Principes en elementen van programmeertalen

**Samenhang Tweede graad:** II-GLI-ddaa LPD 001, II-WisS-da LPD 001

* Het komt er hier vooral op aan de leerlingen via een toepassing inzicht te geven in het gedrag van eenvoudige digitale en analoge componenten, sensoren en actuatoren.
* Principes en elementen van programmeertalen: sequentie, herhalingsstructuur, keuzestructuur, variabelen, datatypes, operatoren.
* Een probleem omzetten in een algoritme kan je samen met de leerlingen door het eerst om te zetten in een voorstelling zoals flowchart, toestandsdiagramma, Nassi-schneiderman diagram, pseudocode.
* Aandacht voor het debuggen is aangewezen bij het ontwikkelen van een programma.
* Je kan werken met software voor het tekenen, interpreteren en simuleren van eenvoudige elektronische schakelingen.
* Je kan aandacht hebben omtrent het doel van minimalisatie van digitale logica.
* Je kan de leerlingen laten meten op hardware-fouten, het stimuleert het inzicht in eenvoudige digitale schakelingen.
* Je kan gebruik maken van software of een oscilloscoop om signalen in functie van de tijd te visualiseren.
* Je kan gebruik maken van programmeerbare stuureenheden zoals microcontroller, mini-PLC, domoticasysteem, PC.
* Je kan de link leggen met de STEM-doelen.

### Elektropneumatica

1. De leerlingen realiseren elektropneumatische schakelingen aan de hand van een schema.
* Het komt er hier vooral op aan de leerlingen via toepassingen inzicht te geven in symbolen en schematische voorstelling.
* Je kan eigenschappen en schakelingen van componenten aan bod laten komen.
* Je kan werken met software voor het tekenen, interpreteren en simuleren van schakelingen.
* Je beperkt je hier best tot eenvoudige schakelingen zoals een volgorde cyclus van 2 cilinders.
* Het kan wenselijk zijn de elementen van de pneumatische kring aan te brengen: compressor, waterafscheider, drukmeters, drukregelaar, manometer.
* Je kan aandacht hebben voor de afwerking van leidingen en aansluitingen op elektropneumatische en elektrohydraulische componenten bij het monteren, in het kader van veiligheid, milieuzorg.

### Montage – demontage

1. De leerlingen (de)monteren losneembare verbindingen.
* Je kan verschillende verbindingen aan bod laten komen: bout-moer, sluitringen, veerringen, dichtingen, schroefdraadborging, cilindrische en conische pennen, vlakke en conische inlegspie, klembussen, meervoudige spiebaanverbindingen (splines).
* Je kan een onderscheid maken tussen bewegings- en bevestigingsschroefdraad.
* Heb ook aandacht voor verankering- en bevestigingstechnieken.
* Je kan gebruik maken van technische documentatie.
* Je kan aandacht hebben voor normeringen.
* Een mooie toepassing kan het aandraaimoment van een bout zijn, link met LPD13.
* Je kan hierbij specifieke gereedschappen gebruiken.
1. De leerlingen monteren permanente verbindingen.
* Een permanente verbinding: solderen van elektrische verbindingen, lijmen.

### Onderhoudsacties en diagnosetechnieken

1. De leerlingen diagnosticeert een eenvoudig defect of storing in een elektrotechnische context.
* Visuele en auditieve kenmerken van slijtage

Werking onderdelen en componenten

Gemeten waarden met richtwaarden vergelijken

* Je kan de leerlingen het verschil laten ervaren tussen gemeten waarden en richtwaarden.
* Bij diagnose kan je met de leerlingen aandacht hebben voor:
	+ - visuele en auditieve kenmerken van slijtage;
		- werking van de onderdelen en componenten.
* Je kan met de leerlingen een warmtebeeld nemen van hun schakelkast, elektrische verbindingen om slechte verbindingen op te merken.
1. De leerlingen herstelt of vervangt onderdelen, componenten van elektrotechnische systemen.
* Proefdraaien van de installatie
* Het is belangrijk dat onderdelen en componenten vervangen worden door componenten en onderdelen met dezelfde specificaties.
* Je kan aandacht hebben voor lock out – tag out – try out (LOTOTO), het is een veiligheidsprocedure die wordt gebruikt in de industrie om ervoor te zorgen dat installaties en machines veiliggesteld worden en niet meer opgestart kunnen worden voorafgaand aan de voltooiing van onderhoud, storing of calamiteit.

# Lexicon en pop-ups

## Lexicon

#### ***STEM-concepten***

STEM-concepten worden ook wel vakoverschrijdende denkwijzen of perspectieven genoemd die technici, natuurwetenschappers en ingenieurs hanteren om uitdagingen aan te pakken of vragen te beantwoorden.

#### STEM-disciplines

STEM staat voor de interactie tussen drie disciplines: het natuurwetenschappelijke (S), het technisch-wetenschappelijke (TE) en het wiskundige (M).

#### Concept

Concepten zijn principes, wetten, beginselen, theorieën, structuren of systemen en vormen de basis van kennisopbouw.

#### Context

Contexten zijn concrete situaties of probleemstellingen die voor leerlingen betekenisvol zijn of kunnen worden door de uit te voeren leeractiviteiten. Contexten kunnen het leren betekenisvoller maken en bij leerlingen de motivatie en attitude versterken. Afwisseling in contexten is nodig voor transfer van kennis en vaardigheden. Een context kan een concept verduidelijken of de verbinding vormen tussen verschillende concepten.

#### Model

Voorstellingswijze van een systeem of verschijnsel. Voorbeelden van modellen: schetsen, schema’s, plannen, tekeningen, prototypes, stroomdiagrammen, schaalmodel, wiskundige verbanden, formules…

#### Prototype

Model van een ontworpen systeem om te testen en te evalueren op basis van de ontwerpcriteria. Opeenvolgende versies kunnen door aanpassingen evolueren naar een produceerbaar ontwerp.

#### Systeem

Een orgaan, een organisme, een stelsel, een machine, een constructie … kan worden beschouwd worden als een systeem. Een systeem is een voorstellingswijze van een natuurlijk of technisch verschijnsel om het te onderzoeken of aan te passen. Een systeem kan uit meerdere componenten of onderdelen bestaan. Relaties tussen de componenten in een systeem kunnen samenhang en ordening vertonen. Systemen worden gekenmerkt door stromen en feedback. Men onderscheidt processen binnen het systeem en wisselwerking met de omgeving.

## Pop-ups

#### Probleemoplossende strategieën

* **Oriënteren/analyseren**: leren een probleem ontleden en noden vaststellen
* **Verbeelden**: oplossingsmogelijkheden vooropstellen en bespreken met als doel een doordachte technische-technologische keuze te maken.
* **Plannen**: verschillende bronnen raadplegen om zich te (begeleid) informeren en achtergrondkennis op te doen.
* **Uitvoeren**: met een gekozen techniek een oplossing creëren/vormgeven en de functionaliteit ervan testen.
* **Reflecteren**: over het resultaat en de toegepaste oplossingen/methoden/materiaalgebruik … (begeleid) reflecteren en indien nodig leren bijsturen door het hernemen van bovenstaande fasen in het proces
* **Rapporteren**: over het ontwerpproces en het resultaat rapporteren op basis van een model.

#### Modellen

* Schetsen, schema's, flowcharts, werktekeningen en recepten
* Schaalmodellen, (digitale) 2D- en 3D-modellen
* Prototypes
* Wiskundige modellen

# Basisuitrusting

Basisuitrusting verwijst naar de infrastructuur en het (didactisch) materiaal die beschikbaar moeten zijn voor de realisatie van de leerplandoelen.

## Infrastructuur

Om de leerplandoelen te realiseren dient de school minimaal de hierna beschreven infrastructuur en materiële en didactische uitrusting ter beschikking te stellen die beantwoordt aan de reglementaire eisen op het vlak van veiligheid, gezondheid, hygiëne, ergonomie en milieu. We adviseren de school om de grootte van de klasgroep en de beschikbare infrastructuur en uitrusting op elkaar af te stemmen.

Om kennis en vaardigheden geïntegreerd aan te reiken en het procesmatig werken te versterken is een goed uitgerust competentiecentrum noodzakelijk waarbij de ruimte voor het aanleren van vaardigheden en het instructielokaal één geheel vormen of dicht bij elkaar gelegen zijn.

Voor elke les een instructielokaal

* met een (draagbare) computer waarop de nodige software en audiovisueel materiaal kwaliteitsvol werkt en die met internet verbonden is;
* met de mogelijkheid om (bewegend beeld) kwaliteitsvol te projecteren;
* met de mogelijkheid om geluid kwaliteitsvol weer te geven;
* met de mogelijkheid om draadloos internet te raadplegen met een aanvaardbare snelheid.

## Materiaal, toestellen, machines en gereedschappen beschikbaar in de infrastructuur

* Didactische elektrische installatie:
* beveiligingscomponenten;
* enkelpolige contacten;
* dubbelpolige contacten;
* wisselcontacten;
* stopcontacten;
* thermostaat;
* dimmer;
* draadloze schakelaar;
* (LED-)verlichting;
* elektromotor;
* transformator;
* relais;
* contactoren;
* impulsrelais;
* mini-PLC;
* draden en kabels;
* kabelwartels en bevestigingsmateriaal;
* dozen, buizen en kanalisaties;
* componenten van de aardingsinstallatie.
* Didactische elektropneumatische installatie:
* ventielen;
* cilinders;
* diverse leidingen;
* bedienings- en schakelcomponenten.
* Diverse microcontrollers of mini-plc’s
* Diverse actuatoren en sensoren
* Machines/apparaten/toestellen:
* accu boor-schroefmachine en toebehoren;
* voedingsbron.
* Grondstoffen:
* diverse moeren en bouten;
* diverse borgingen.
* Klein gereedschap:
* om borgingen te (de)monteren;
* diverse schroevendraaiers;
* diverse inbussleutels en bits;
* steek- en ringsleutels;
* dopsleutels;
* momentsleutel.
* Meettoestellen:
* schuifmaat;
* meetlat;
* manometer.
* Persoonlijke en collectieve beschermingsmiddelen:
* vergredelingsystemen voor elektrische en elektropneumatische toepassingen (Lototo);
* Veiligheidshandschoenen.

Het aanwezige materiaal is voldoende voor de grootte van de klasgroep.

## Materiaal en gereedschappen waarover elke leerling moet beschikken

Om de leerplandoelen te realiseren beschikt elke leerling minimaal over onderstaand materiaal. De school bespreekt in de schoolraad wie (de school of de leerling) voor dat materiaal zorgt. De school houdt daarbij uitdrukkelijk rekening met gelijke kansen voor alle leerlingen.

* Meettoestellen:
* multimeter.
* Informatie- en communicatiemedia:
* tekensoftware;
* simulatiesoftware.
* Persoonlijke en collectieve beschermingsmiddelen:
* gehoorbescherming;
* werkkledij;
* veiligheidsbril;
* veiligheidsschoenen.

# Concordantie

**Inhoud**

[1 Algemene inleiding 5](#_Toc65156230)

[1.1 Het leerplanconcept: vijf uitgangspunten 5](#_Toc65156231)

[1.2 De vormingscirkel – de opdracht van secundair onderwijs 5](#_Toc65156232)

[1.3 Ruimte voor leraren(teams) en scholen 6](#_Toc65156233)

[1.4 Differentiatie 7](#_Toc65156234)

[1.5 Opbouw van de leerplannen 8](#_Toc65156235)

[2 Situering 9](#_Toc65156236)

[2.1 Samenhang met de eerste graad 9](#_Toc65156237)

[2.2 Samenhang in de tweede graad 9](#_Toc65156238)

[2.3 Plaats in de lessentabel 9](#_Toc65156239)

[3 Pedagogisch-didactische duiding 10](#_Toc65156240)

[3.1 Elektrotechnieken en het vormingsconcept 10](#_Toc65156241)

[3.2 Krachtlijnen 11](#_Toc65156242)

[3.3 Opbouw 12](#_Toc65156243)

[3.4 Leerlijnen 13](#_Toc65156244)

[3.4.1 Samenhang met de eerste graad 13](#_Toc65156245)

[3.4.2 Samenhang in de tweede graad 13](#_Toc65156246)

[3.4.3 Samenhang met de derde graad 14](#_Toc65156247)

[3.5 Aandachtspunten 14](#_Toc65156248)

[3.5.1 Mogelijke organisatievormen 14](#_Toc65156249)

[3.5.2 Samenhang tussen wetenschappen 15](#_Toc65156250)

[3.5.3 Methodische samenhang tussen wetenschappen vanuit de STEM-doelen 15](#_Toc65156251)

[3.5.4 Onderzoekend leren, leren onderzoeken 15](#_Toc65156252)

[3.5.5 Ontwerpend leren, leren ontwerpen 16](#_Toc65156253)

[3.5.6 Samenhang vanuit het gebruik van STEM-concepten 16](#_Toc65156254)

[3.5.7 Samenhang vanuit inzicht in ‘wetenschappelijke kernideeën’ (Big Ideas) 16](#_Toc65156255)

[3.5.8 Samenhang met andere leerplannen binnen de finaliteit 17](#_Toc65156256)

[3.5.9 Samenhang over de finaliteiten heen 17](#_Toc65156257)

[3.6 Leerplanformularium 18](#_Toc65156258)

[3.6.1 Mechanica. 18](#_Toc65156259)

[3.6.2 Arbeid, energie, vermogen en rendement. 18](#_Toc65156260)

[3.6.3 Elektriciteit. 18](#_Toc65156261)

[3.6.4 Druk in vaste stoffen, vloeistoffen en gassen, thermodynamica. 19](#_Toc65156262)

[4 Leerplandoelen 19](#_Toc65156263)

[4.1 STEM-doelen 19](#_Toc65156264)

[4.2 Mechanica - hydrostatica 25](#_Toc65156265)

[4.2.1 De wetten van Newton 25](#_Toc65156266)

[4.2.2 Bewegingsleer 26](#_Toc65156267)

[4.2.3 Statisch evenwicht in het vlak 27](#_Toc65156268)

[4.2.4 Arbeid - energie 28](#_Toc65156269)

[4.2.5 Hydrostatica 29](#_Toc65156270)

[4.3 Elektriciteit - elektronica 29](#_Toc65156271)

[4.3.1 Gelijkstroomkringen 29](#_Toc65156272)

[4.3.2 Elektrostatica, elektromagnetisme en inductie 31](#_Toc65156273)

[4.4 Thermodynamica 32](#_Toc65156274)

[4.5 Elektrotechnieken 34](#_Toc65156275)

[4.5.1 Elektrotechnische realisaties 37](#_Toc65156276)

[4.5.2 Elektronica – programmeerbare sturingen 39](#_Toc65156277)

[4.5.3 Elektropneumatica 39](#_Toc65156278)

[4.5.4 Montage – demontage 40](#_Toc65156279)

[4.5.5 Onderhoudsacties en diagnosetechnieken 40](#_Toc65156280)

[5 Lexicon en pop-ups 41](#_Toc65156281)

[5.1 Lexicon 41](#_Toc65156282)

[5.2 Pop-ups 42](#_Toc65156283)

[6 Basisuitrusting 42](#_Toc65156284)

[6.1 Infrastructuur 42](#_Toc65156285)

[6.2 Materiaal, toestellen, machines en gereedschappen beschikbaar in de infrastructuur 43](#_Toc65156286)

[6.3 Materiaal en gereedschappen waarover elke leerling moet beschikken 44](#_Toc65156287)

[7 Concordantie 44](#_Toc65156288)