

**De ontwikkeling van het nieuwe praktijkvak Technologie en Toepassing:
ervaringen en aanbevelingen**

Rapport ten behoeve van het Ministerie van Onderwijs, Cultuur en Wetenschappen
2021

Dr. Gerald van Dijk, Marijn van Nijhuis MSc, Geertje Damstra Msc, Dr. Elwin Savelsbergh (lector)

Lectoraat curriculumvraagstukken funderend onderwijs, Hogeschool Utrecht



Inhoud

Leeswijzer	2
Opsomming van aanbevelingen	3
Inleiding	4
Het onderzoek	4
Bevindingen en aanbevelingen	4
Afsluitend	9
Selectie van gebruikte literatuur	10
Enkele impressies van leerlingenvoerwerk	12

Leeswijzer

Gedurende drie schooljaren is de implementatie van het praktijkgerichte programma 'Technologie en Toepassing' in de theoretische leerweg van het VMBO (T&T) onderzocht en ondersteund. Gebleken is dat T&T mogelijkheden schept om leerlingen voor techniek te interesseren en om de werelden van school en daarbuiten met elkaar te verbinden. De implementatie van het vak laat echter nog veel te wensen over.

T&T doet een zwaar beroep op de vakinhoudelijke en vakdidactische expertise van leraren. Dit heeft te maken met de breedte van het vak, met doelstellingen die niet altijd makkelijk verenigbaar zijn, en met het feit dat veel technologie uitdagend is voor gebruik in schoolklassen, en ook snel verandert. Deze combinatie maakt dat het vak alleen succesvol kan zijn als leraren over specifieke expertise beschikken. Er is inmiddels een infrastructuur opgetuigd om die expertise te ontwikkelen. We laten in dit rapport zien hoe deze infrastructuur en de landelijke regelgeving nog zouden moeten worden doorontwikkeld om T&T tot bloei te laten komen.

Het rapport gaat na een inleiding over T&T en het onderzoek in op 4 hoofdthema's:

- 1) Authentieke opdrachten en de rol van externe opdrachtgevers
- 2) Benodigde steun voor leerlingen
- 3) Examenprogramma en overheidsbeleid
- 4) Leraren en professionalisering

Bij ieder van de thema's worden eerst de belangrijkste problemen beschreven, waarna aanbevelingen volgen. Vervolgens wordt iedere aanbevelingen geconcretiseerd. Om een impressie te geven van sterke en minder sterke tastbare producten van leerlingen zijn in een bijlage enkele foto's toegevoegd. Voor de overzichtelijkheid volgt nu eerst een opsomming van alle aanbevelingen.

Opsomming van aanbevelingen

1) Authentieke opdrachten en de rol van externe opdrachtgevers

- 1A. Maak, naast ontwerp opdrachten voor externe opdrachtgevers, ook gebruik van kleinere, meer didactisch gerichte opdrachten die zijn gericht op specifieke leerdoelen (bijvoorbeeld een technische vaardigheid).
- 1B. Zorg dat leerlingen naast interactie met managers en ingenieurs met een achtergrond in het hoger onderwijs ook contact hebben met beroepsbeoefenaren met een MBO-achtergrond, of MBO-studenten.
- 1C. Bespreek met leerlingen expliciet overeenkomsten en verschillen tussen de leerling-activiteiten en de beroepspraktijken behorende bij verschillende contexten/werelden.

2) Benodigde steun voor leerlingen

- 2A. Expliciteer de verwachtingen ten aanzien van het gebruik van kennis uit andere vakken en uit het T&T-examenprogramma en werk op schoolniveau samen met docenten uit de monovakken.
- 2B. Expliciteer specifieke inhoudelijke en procesmatige verwachtingen ten aanzien van de algemene vaardigheden zoals 'projectmatig samenwerken' en 'creatief werken', passend bij 'ontwerpen' en bij de opdracht.
- 2C. Maak voor technologieën als robotica, microcontrollers en digitale fabricage gebruik van apparatuur met een lage instapdrempel, maar met mogelijkheden voor meer complexe toepassingen (zoals gebruikt in beroepspraktijken).

3) Examenprogramma en overheidsbeleid

- 3A. Wees in het examenprogramma expliciet over technische kennis, vaardigheden en houdingen die een afspiegeling zijn van MBO-opleidingen, uiteraard op een haalbaar niveau voor vmbo. Doordenk ook in hoeverre de doelstellingen achter het examenprogramma samenhangend zijn.
- 3B. Besteed naast 'leren ontwerpen' ook aandacht aan andere relevante vaardigheden in het MBO-beroepenveld, zoals installeren, onderhouden, produceren, verkopen (van een apparaat of technisch product), of ten behoeve van het 'technisch werken' in de zorg: het gebruiken en bedienen van technologie.
- 3C. Beperk wildgroei in het aantal praktijkgerichte programma's, zodat het veld niet teveel versnipperd en T&T op voldoende scholen wordt aangeboden om een kwaliteitsstandaard te handhaven.
- 3D. Behoud ook inhoud in het examenprogramma die niet direct aansluiten op beroepspraktijken maar die algemeen vormend van aard zijn, die bijvoorbeeld het verantwoorde gebruik van technologie in het dagelijks leven betreffen.
- 3E. Trek lering uit ervaringen van landen die de laatste 10 jaar succesvol zijn geweest in het realiseren van een gelijksoortig curriculum, dat dus niet eenzijdig is gericht op 'engineering', maar op technologie in een breed scala aan toepassingscontexten waaronder beroepen.

4) Leraren en professionalisering

- 4A. Borg vanuit de overheid de bevoegdheid voor T&T, door middel van de initiële lerarenopleiding en/of een inhoudelijk nascholingsprogramma plus certificering. Dit (na)scholingsaanbod moet substantieel bijdragen aan kennis van vakinhoud, vakdidactiek en kennis van MBO-beroepspraktijken. Hierbij kan een 'teambevoegdheid' worden gehanteerd.
- 4B. Breng regionale en duurzame samenwerking tot stand tussen T&T-docenten, ROC's en bedrijven en beroepsbeoefenaren met een MBO-achtergrond.
- 4C. Oefen onafhankelijke controle uit op het uitgevoerde en gerealiseerde curriculum op schoolniveau, bijvoorbeeld door peer review van examenwerk en certificering van lesmateriaal.

Inleiding

Technologie en Toepassing is een nieuw schoolexamenvak in de theoretische- en gemengde leerweg van het vmbo. Het vak is één mogelijke invulling van de nieuwe praktijkgerichte programma's en het verkeert in de pilotfase. De praktijkgerichtheid van T&T komt tot uitdrukking in¹:

- Het leren met hoofd, hart en handen. Er wordt kennis gemaakt zowel traditionele als met nieuwe technologieën zoals robotica en digitale fabricage.
- Leren op basis van levensechte *ontwerpopdrachten*, waarbij wordt gewerkt aan vraagstukken uit het dagelijks leven of technische- en andere beroepspraktijken, met een opdrachtgever vanuit een bedrijf of instelling. De opdrachten sluiten aan bij bèta-werelden, variërend van 'wetenschap en ontdekken tot 'leefstijl en vormgeving'. Dit maakt onderdeel uit van 'loopbaan oriëntatie en begeleiding (LOB)' richting het MBO.
- Het toepassen van kennis uit andere schoolvakken.

Van een dergelijke benadering van techniekonderwijs wordt verondersteld dat die de interesse in techniek aanwakkert² en dat het samenhang kan creëren in het totale curriculum van een school. Maar hoe pakt dat uit in de praktijk?

Het onderzoek

Het onderzoeksproject '*Ontwerpen, maken... en leren! Aansprekend techniekonderwijs in vmbo-t*' (sept 2019 – juli 2022) kan helpen de vraag naar de kwaliteit van de implementatie te beantwoorden. In dit project is de ontwikkeling en invoering van T&T intensief gevolgd en begeleid. Op twee scholen werden lessen geobserveerd en leraren geïnterviewd. Op één school werden bovendien opdrachten ontwikkeld met de leraren en uitgevoerd. Analyse van de bevindingen leidde tot aanpassingen in de opdrachten en de wijze van uitvoering, waarna nieuwe observaties volgden. Data bestonden uit interviews met leerlingen, leraren en een schoolleider, leerlingenwerk, leerling-enquêtes en observaties van lessen. Ook werd gedurende de gehele onderzoeksperiode veel gesproken met leraren van weer andere scholen en met medewerkers van de SLO en OCW, om de onderzoeksresultaten tegen het licht van hun inzichten te houden.

Bevindingen en aanbevelingen

Ten behoeve van de versterking van T&T zijn hieronder aanbevelingen geformuleerd op basis van geconstateerde knelpunten en succesvolle oplossingen op de scholen. Het onderzoek liet zien dat T&T kansen biedt voor een praktijkgerichte en integratieve curriculumcomponent in VMBO-T. Het T&T-curriculum bleek echter ook kwetsbaar te zijn en dit kan worden verklaard door een scala aan factoren en knelpunten. Voor de knelpunten die voor meerdere scholen relevant zijn, zijn aanbevelingen geformuleerd. In het volgende hoofdstuk wordt na een beschrijving van problemen steeds een aanbeveling geformuleerd. Een toelichting met praktische suggesties per aanbeveling volgt daarna.

1 Authentieke opdrachten en de rol van externe opdrachtgevers

Ontwerpen voor externe opdrachtgevers wordt binnen T&T gezien als belangrijke motor van het leren. In het onderzoek zagen we dat interacties tussen leerlingen en opdrachtgevers motiverend en leerzaam kunnen zijn, maar dat het model met externe opdrachtgevers ook beperkingen kent: regelmatig bleef de bijdrage van de externe opdrachtgever beperkt tot een introductiepraatje en ontbrak betrokkenheid bij het proces, soms interfereerde de rol van de opdrachtgever met die van de leraar, en vaak sloten de opdrachten niet goed aan bij de kennis en vaardigheden van de leerlingen. Daardoor bleef het niveau van de opgeleverde producten vaak laag. Dat was bijvoorbeeld het geval als opdrachten vanuit het bedrijfsleven te

¹ <https://www.slo.nl/handreikingen/vmbo/handreiking-se-tent-vmbo/>

² <https://www.kennisrotonde.nl/vraag-en-antwoord/vmbo-profielkeuze>

abstract en 'high-over' waren. Ten slotte waren de opdrachten vaak niet representatief voor de MBO-beroepspraktijk, waardoor de beoogde LOB-functie van T&T onderbelicht bleef en de leerlingen de relatie met beroepspraktijken ook niet zagen. Dit bleek ook te maken te hebben met het natuurlijke netwerk van T&T-leraren. Zij bewegen zich vaak in kringen van beroepsbeoefenaren met een HBO of WO achtergrond, en van dat netwerk maken ze uiteraard gebruik. Ten aanzien van de rol van de externe opdrachtgevers doen we daarom de volgende aanbevelingen:

- 1A. Maak, naast ontwerp opdrachten voor externe opdrachtgevers, ook gebruik van kleinere, meer didactisch gerichte opdrachten die zijn gericht op specifieke leerdoelen (bijvoorbeeld een technische vaardigheid).
- 1B. Zorg dat leerlingen naast interactie met managers en ingenieurs met een achtergrond in het hoger onderwijs ook contact hebben met beroepsbeoefenaren met een MBO-achtergrond, of MBO-studenten.
- 1C. Bespreek met leerlingen expliciet overeenkomsten en verschillen tussen de leerling-activiteiten en de beroepspraktijken behorende bij verschillende contexten/werelden.

Ad 1A: Een bezoek van een opdrachtgever in de klas, waarbij snelle feedback wordt gegeven in de tussenfase van het ontwerpen, is een haalbare en leerzame vorm, evenals het geven van een presentatie met feedback over het eindproduct. Opdrachten die leiden tot tastbare en potentieel bruikbare producten zijn vaak motiverender dan opdrachten die leiden tot slecht uitgewerkte conceptuele modellen, die niet bruikbaar zijn in de praktijk. Leraren zijn vaak beter in staat om opdrachten om te schrijven naar een haalbare en leerzame vorm voor leerlingen dan externe opdrachtgevers, dus geef hen daarvoor veel ruimte.

Ad 1B: De LOB-functie kan worden versterkt door een MBO-beroepsbeoefenaar of MBO-student (een oud leerling bijvoorbeeld) snelle mondelinge feedback te laten geven op tussenproducten en te laten vertellen hoe een dergelijk ontwerpproces op zijn opleiding verloopt en wat studenten daar maken. Dit kan uiteraard ook worden georganiseerd in de vorm van een bedrijfsbezoek. Leerlingen kunnen ook deelnemen aan activiteiten in beroepsgerichte profielen op de eigen vmbo-school, waardoor ze werkprocessen in beroepen ervaren. In tegenstelling tot de andere suggesties is dit laatste in het onderzoek niet beproefd.

Ad 1C: Een voorbeeld m.b.t. sensortechnologie is dat de leerlingen op school werken met een Micro:Bit waarbij de sensor is ingebouwd in hetzelfde printplaatje als de verwerker. In de gezondheidszorg en techniek zijn de sensoren echter vaak separaat geplaatst. Hoe werk je als professional dan met zo'n sensor en wat zijn de overeenkomsten met de leeractiviteit op school?

2 Benodigde steun voor leerlingen

Het T&T curriculum is open van aard, wat wil zeggen dat leerlingen veel autonomie hebben om zelf het leerproces in te kleuren. Als dat goed gaat, ervaren leerlingen trots dat ze iets hebben gepresteerd en zijn ze trots op hun fysieke product. Het onderzoek liet echter ook zien dat deze openheid bij onvoldoende steun en expertise van de leraren makkelijk ontaardt in richtingloosheid en broddelwerk van laag niveau. Motivatie en zelfvertrouwen van de leerling worden dan snel minder.

T&T beoogt een ruimte in het curriculum te scheppen waarin leerlingen kennis en vaardigheden uit andere schoolvakken en uit het T&T examenprogramma toe kunnen passen. We zien in het onderzoek dat er vaak nog weinig contact is met andere vakken en dat leraren het moeilijk vinden om in de ontwerp opdrachten een beroep te doen op kennis. Vaardigheden worden vaak alleen in algemene zin uitgewerkt (plannen, samenwerken, ontwerpen). Dit gaat ten koste van het niveau, wat nadelig is voor de motivatie en interesse-ontwikkeling van leerlingen en het doet geen recht aan de LOB-functie van het vak. De onderstaande aanbevelingen hebben betrekking op steun aan leerlingen, waardoor deze problemen kunnen worden opgelost.

- 2A. Expliciteer de verwachtingen ten aanzien van het gebruik van kennis uit andere vakken en uit het T&T-examenprogramma en werk op schoolniveau samen met docenten uit de monovakken.
- 2B. Expliciteer specifieke inhoudelijke en procesmatige verwachtingen ten aanzien van de algemene vaardigheden zoals 'projectmatig samenwerken' en 'creatief werken', passend bij 'ontwerpen' en bij de opdracht.
- 2C. Maak voor technologieën als robotica, microcontrollers en digitale fabricage gebruik van apparatuur met een lage instapdrempel, maar met mogelijkheden voor meer complexe toepassingen (zoals gebruikt in beroepspraktijken).

Ad 2A: Als leerlingen bijvoorbeeld een maquette maken, ligt het voor de hand om te rekenen met verhoudingen zoals ze bij wiskunde hebben geleerd. Als leerlingen met sensoren werken kan kennis uit de natuurkunde-les worden gebruikt. Zo zijn er vaak kansen om verbindingen met schoolvakken te realiseren, maar leerlingen hebben stimulans en concrete steun nodig om dit te doen. Functioneel gebruik van deze kennis kan worden gestimuleerd via items in het programma van eisen. Beschikbaarheid van boeken die bij andere vakken worden gebruikt, en concrete verwijzingen vanuit opdrachten naar deze boeken kunnen de leerlingen behulpzaam zijn, maar ook daarbij is stimulans vanuit de leraar nodig. Uitwisseling tussen T&T leraren en vakleraren over mogelijke verbindingen kan de leraar helpen om de mogelijkheden te ontdekken. Daarnaast is in het T&T examenprogramma kennis gespecificeerd die niet in andere vakken is opgenomen, bijvoorbeeld kennis over materialen of ethische kwesties met betrekking tot techniek. Ook het functionele gebruik van die kennis kan op bovenstaande wijze worden gestimuleerd. Ook dit versterkt de LOB-functie van het vak, met name als de leraar voorbeelden geeft hoe in bepaalde beroepen kennis wordt toegepast in projectwerk, vergelijkbaar met de eisen die worden gesteld aan de T&T-opdracht.

Ad 2B: Om tot diepgang te komen, wat leidt tot trots en motivatie bij leerlingen, kunnen specifieke methodieken worden aangeleerd, zoals het opstellen van persona's, een programma van eisen, het werken met een ideeënschema, het systematisch testen van een product. Steun die hiervoor nodig blijkt te zijn, bestaat bijvoorbeeld uit bespreken van uitgewerkte voorbeelden van die methodieken³ en oefeningen om ze te gebruiken⁴. In het onderzoek leidde dit tot meer diepgang, zonder dat sprake was van een belastende vorm van dossiervorming voor de leerlingen.

Ad 2C: Het werken met robotica, microcontrollers en digitale fabricage (bv lasersnijder, 3D-printer) kan voor leerlingen en leraren frustrerend uitpakken. De keuze voor apparatuur blijkt daarbij zeer bepalend te zijn. Een lasersnijder met ingebouwde camera en eenvoudige tekensoftware maakt het werk bijvoorbeeld veel laagdrempeliger, terwijl het toch mogelijk is om de technologie ten behoeve van een ontwerp op een creatieve manier en op een hoog niveau toe te passen. Voor het gevoel van competentie van leerlingen, en dus voor de motivatie, is dit beslissend. Laagdrempelige technologie kan echter de kloof met professionele praktijken vergroten, wat uiteraard ten koste gaat van de LOB-functie. Een aanvullende aanbeveling is daarom om overeenkomsten en verschillen tussen op school gebaseerde technologieën en hun professionele equivalenten expliciet te maken. Daarbij tekenen we aan dat ook in beroepspraktijken de technologie steeds gebruikersvriendelijker wordt. Zo lijken professionele programmeertalen voor industriële robots en drones steeds vaker op talen die ook op school worden gebruikt (Scratch etc).

³ Voorbeelden van lesmateriaal dat binnen het onderzoek is ontwikkeld en waarin dergelijke steun is verwerkt, zijn op aanvraag beschikbaar.

⁴ <https://www.tudelft.nl/wetenschapsknooppunt/lesmateriaal/werkvormen-your-turn>

3 Examenprogramma en overheidsbeleid

Het bereiken van de LOB-doelstelling vraagt om duidelijkheid ten aanzien van de inhoud die worden geleerd en het niveau. Een al te open examenprogramma maakt het leraren moeilijk om kennisrijke ontwerp opdrachten te construeren, die enigszins vooruitwijzen naar het leren op het MBO. Daarbij is er sprake van spanning tussen die gewenste duidelijkheid en de wens om het curriculum enigszins open te houden, zodat er voldoende te kiezen is voor leerlingen en daarmee zelfsturing te bevorderen. Bovendien is bij technisch ontwerpen lang niet altijd duidelijk welke kennis een leerling nodig zal hebben om het ontwerp probleem op te lossen. Het is wenselijk om naast ontwerptaken ook gebruik te maken van andere taaktypen die logischerwijze passen bij de LOB-functie van T&T.

Een ander probleem is dat T&T ten gevolge van de brede doelstelling geen natuurlijke counterpart heeft in een bepaalde technische branche en dat er dus geen duidelijke praktijken zijn om de gewenste kennis en vaardigheden op te enten. Inmiddels heeft dit knelpunt ook tot uitbreiding van het aantal praktijkgerichte programma's geleid, met versnippering en mogelijk verzwakking van de infrastructuur tot gevolg.

Het onderzoek liet zien dat het examenprogramma (versie 2021) wel bekend was gemaakt aan leraren via de infrastructuur voor nascholing die was opgetuigd en dat de leraren bij alle items uit het examenprogramma mogelijke invulling van leeractiviteiten konden noemen, maar dat het examenprogramma in het onderwijsontwerp en uitvoering toch vaak naar de achtergrond verdween. Het examenprogramma werd door een aantal leraren in het onderzoek ook als vrijblijvend ervaren. Sommige items werden in het uitgevoerde en geleerde curriculum helemaal niet aangetroffen, bijvoorbeeld de items die betrekking hebben op maatschappelijke vraagstukken rond techniek en die algemeen vormend van aard zijn.

- 3A. Wees in het examenprogramma expliciet over technische kennis, vaardigheden en houdingen die een afspiegeling zijn van MBO-opleidingen, uiteraard op een haalbaar niveau voor vmbo. Doordenk ook in hoeverre de doelstellingen achter het examenprogramma samenhangend zijn.
- 3B. Besteed naast 'leren ontwerpen' ook aandacht aan andere relevante vaardigheden in het MBO-beroepenveld, zoals installeren, onderhouden, produceren, verkopen (van een apparaat of technisch product), of ten behoeve van het 'technisch werken' in de zorg: het gebruiken en bedienen van technologie.
- 3C. Beperk wildgroei in het aantal praktijkgerichte programma's, zodat het veld niet teveel versnipperd en T&T op voldoende scholen wordt aangeboden om een kwaliteitsstandaard te handhaven.
- 3D. Behoud ook inhoud in het examenprogramma die niet direct aansluiten op beroepspraktijken maar die algemeen vormend van aard zijn, die bijvoorbeeld het verantwoorde gebruik van technologie in het dagelijks leven betreffen.
- 3E. Trek lering uit ervaringen van landen die de laatste 10 jaar succesvol zijn geweest in het realiseren van een gelijksoortig curriculum, dat dus niet eenzijdig is gericht op 'engineering', maar op technologie in een breed scala aan toepassingscontexten waaronder beroepen.

Ad 3A: Het examenprogramma versie 2021 is tot stand gekomen in samenwerking tussen de SLO, ondergetekende onderzoekers en leraren die het programma hebben gevalideerd. Het is momenteel nog ambitieus voor veel scholen, maar het geeft houvast en zou haalbaar moeten zijn, ook omdat de inhoud het niveau en de omvang van het '*richtinggevend leerplankader technologie vmbo onderbouw*' nauwelijks overstijgen. Dit examenprogramma kan dus de basis vormen voor doorontwikkeling. Het risico is echter aanzienlijk dat na de pilotfase het examenprogramma verwatert als leraren en bestuurders met beperkte inhoudelijke expertise pleiten voor een meer open curriculum.

Ad 3B: In het examenprogramma 2021 is summier aandacht aan geschonken aan dergelijke werkwijzen, die kenmerkend zijn voor veel technisch werk, dat zich bijvoorbeeld ook voordoet in de verpleging. Met T&T- en

MBO-leraren kan worden besproken welke mogelijkheden er zijn om deze items te versterken. Daarbij moet overladenheid van het programma uiteraard worden voorkomen.

Ad 3C: Voor het versterken van de infrastructuur voor kwaliteitsbewaking, lerarenopleidingen en nascholing is het ongunstig als er veel praktijkgerichte programma's bestaan. Voor lerarenopleidingen en nascholingsinstituten wordt het dan lastig om in de behoeften van T&T-leraren te voorzien en voor bijvoorbeeld schooldirecties en de inspectie is het dan ook lastig de kwaliteit van het onderwijs te kunnen beoordelen, simpelweg omdat er teveel varianten bestaan. In die zin wordt het door de onderzoeksgroep als onfortuinlijk gezien dat naast T&T inmiddels het TIV programma is ontstaan.

Ad 3D: De praktijkgerichte programma's zijn ingebed in algemeen vormend onderwijs. Het onderzoek liet zien dat het goed mogelijk is om via T&T bij te dragen aan taal, rekenen en burgerschapsvorming. Voorbeelden zijn respectievelijk dat leerlingen kort beargumenteren waarom ze tot bepaalde ontwerpkeuzen zijn gekomen, dat ze rekenen met schaal, dat ze nadenken over de waarde die hun ontwerp toevoegt aan de samenleving. De algemeen vormende functie van T&T is het waard om te behouden en versterken, maar onder druk van de LOB-functie kunnen de betreffende inhoud en het onderspit delven. De onderzoekers stellen voor dat daarom niet alleen bedrijven en experts met beroepsgerichte expertise meedenken over het examenprogramma, maar ook deskundigen met een bredere pedagogische blik.

Ad 3E: Een interessant voorbeeld is Ierland, waar technologie een stevige plaats heeft gekregen in het V.O., deels algemeen vormend en deels beroepsoriënterend. Voor een aantal van de beschreven knelpunten heeft men daar inmiddels oplossingen gevonden die zicht kunnen geven op de gewenste doorontwikkeling van T&T.

4 Leraren en professionalisering

T&T wordt gegeven door leraren met uiteenlopende vak-achtergronden, vaak zonder specifieke techniekachtergrond en zonder ervaring in de technische beroepssector. Uit de literatuur is bekend dat het lesgeven in een ander vak dan waarvoor de leraar is opgeleid ten koste gaat van de onderwijskwaliteit. Dit is in het onderzoek ook gebleken en daar komt bij dat de voor T&T benodigde vakdidactische expertise (zie aanbevelingen onder 1 en 2) meer is dan de som van vakdidactiek van monovakken. Op sommige scholen zien we dat een stabiel team van docenten zich in de loop van de jaren kan ontwikkelen richting de benodigde vakdidactische teamexpertise. Dit blijft echter vooralsnog een uitzondering. Het beeld van de gewenste samenstelling van een T&T-team is nog pril, en het huidige (na)scholingsaanbod is nog te algemeen en beperkt qua diepgang.

- 4A. Borg vanuit de overheid de bevoegdheid voor T&T, door middel van de initiële lerarenopleiding en/of een inhoudelijk nascholingsprogramma plus certificering. Dit (na)scholingsaanbod moet substantieel bijdragen aan kennis van vakinhoud, vakdidactiek en kennis van MBO-beroepspraktijken. Hierbij kan een 'teambevoegdheid' worden gehanteerd.
- 4B. Breng regionale en duurzame samenwerking tot stand tussen T&T-docenten, ROC's en bedrijven en beroepsbeoefenaren met een MBO-achtergrond.
- 4C. Oefen onafhankelijke controle uit op het uitgevoerde en gerealiseerde curriculum op schoolniveau, bijvoorbeeld door peer review van examenwerk en certificering van lesmateriaal.

Ad 4A: Momenteel is formeel iedere bevoegdheid toegestaan, in combinatie met nascholing, die deels algemeen van aard is (bijvoorbeeld over algemene kwaliteitscriteria bij een 'programma van toetsing en afronding', of over een feedbackcultuur). Een team heeft echter ten minste een bevoegde techniekleraar nodig. Ook dan is doorgaande ontwikkeling van leraren nodig om T&T tot bloei te laten komen. Algemene noties over bijvoorbeeld 'formatief handelen' dienen in een nascholingsaanbod voor T&T docenten vakspecifiek te worden ingekleurd, hetgeen momenteel slechts beperkt het geval is. Voor een deel kan er

overlap zijn met andere praktijkgerichte programma's, bijvoorbeeld waar het gaat over het werken met externe opdrachtgevers, maar de uitdagingen voor T&T docenten liggen toch ook zeker bij de techniek en passende vakdidactiek, ook omdat de techniek zich zo razendsnel ontwikkelt. Verdere inrichting van 'professionele leergemeenschappen' en 'docent ontwikkelteams' met medewerking van vakdidactici kan hier goede diensten bewijzen

Ad 4B: Meerjarige samenwerking is nodig om opdrachtgevers en andere betrokkenen vanuit bedrijven inzicht te geven in de rol die zij kunnen spelen in het onderwijsproces, en om leraren inzicht te laten ontwikkelen in de wereld van beroepen. Kortlopende samenwerkingsverbanden blijken op dat punt tekort te schieten.

Ad 4C: Collegiale consultatie tussen leraren van verschillende scholen is momenteel nog te vrijblijvend om de kwaliteit van het gerealiseerde curriculum (wat leerlingen daadwerkelijk hebben geleerd) te borgen. De inspectie kan hierin een rol spelen. Maar er kunnen ook vormen van certificering van lesmateriaal worden ingevoerd, zoals men dat heeft gedaan bij het vak NLT op HAVO-VWO. Uiteraard spelen de leraren daar zelf een belangrijke rol in, maar ook de inbreng van vakdidactisch experts is nodig.

Afsluitend

De bovenstaande aanbevelingen zijn bedoeld om bij te dragen aan de levensvatbaarheid van T&T op termijn. Eerdere pogingen, ook internationaal, om techniek en technologie een volwaardige plaats in te laten nemen in het AVO zijn vaak gestrand, niet alleen in Nederland. T&T heeft de potentie om de lacune van een praktijkgericht en breed technisch vak wél op te vullen, maar gezien de bovenstaande uitdagingen is het gat tussen het beoogde en het gerealiseerde curriculum nog aanzienlijk.

Ten slotte willen we benadrukken dat we veel te danken hebben aan de bereidwilligheid van docenten T&T om mee te werken aan dit onderzoek. Waar we knelpunten signaleren in het uitgevoerde curriculum, schrijven we dat niet toe aan hun individuele functioneren maar aan het bredere systeem waarbinnen zij opereren.

Deze samenvatting heeft betrekking op een deel van het onderzoek, namelijk waar het de implementatie van Technologie en Toepassing betreft, waarbij de grootstedelijke context buiten beschouwing wordt gelaten. Op dat punt heeft het onderzoek ook belangrijke inzichten opgeleverd en op aanvraag kan daarover een aanvulling worden geschreven. Een meer uitgebreide verantwoording van het onderzoek zal worden gepubliceerd in een wetenschappelijk tijdschrift, onder de werktitel 'Re-inventing technology education for general secondary education in an urban context'. Het onderzoek werd gefinancierd door SIA en stond op naam van de eerste auteur van deze samenvatting in zijn aanstelling als postdoc onderzoeker.

Selectie van gebruikte literatuur

- Ardies, J., De Maeyer, S., & Gijbels, D. (2013). Reconstructing the pupils attitude towards technology-survey. *Design and Technology Education: An International Journal*, 18, 8-19.
- Bakker, A. (2018). *Design research in education: A practical guide for early career researchers*. Abingdon: Taylor and Francis Ltd.
- Barlex, D. (2007). Assessing capability in design & technology: The case for a minimally invasive approach. *Design and Technology Education: An International Journal*, 12(2), 49-56.
- Blikstein, P. (2013). Digital fabrication and 'Making' in education: The democratization of invention. In J. Walter-Herrmann, & C. Büching (Eds.), *FabLabs: Of machines, makers and inventors*. (pp. 203-223)
- Boeijen, A. v., Daalhuizen, J., & Zijlstra, J. (2020). *Delft design guide*. Delft: BIS Publishers.
- Breukelen van, D. (2017). Teaching and learning science through design activities. (PhD, Delft University of Technology).
- Dijk, G., van, Graft, M. v., 't Hart, J., Slangen, L., Sijbers, J., & Vries, M. d. (2017). *Technologie in de leergebieden: Advies over de positie van techniek en technologie in primair en voortgezet onderwijs*. Amersfoort: SLO.
- Dijk van, G., Meij van der, A., & Savelsbergh, E. (2020). Maker education: Opportunities and threats for engineering and technology education. In P. J. Williams, & D. Barlex (Eds.), *Pedagogy for technology education in secondary schools: Research informed perspectives for classroom teachers* (pp. 83-98). Cham: Springer International Publishing.
- Kimbell, R., & Stables, K. (2008). *Researching design learning: Issues and findings from two decades of research and development*. Dordrecht: Springer.
- Martinez, S. L., & Stager, G. (2013). *Invent to learn* Constructing Modern Knowledge Press.

Ottevanger, W., et al. (2014). *Kennisbasis natuurwetenschappen en technologie voor de onderbouw vo: Een richtinggevend leerplankader.*, 2014, from <http://www.slo.nl/downloads/2014/kennisbasis-natuurwetenschappen-en-technologie-voor-de-onderbouw-vo.pdf/>

Rossouw, A., Hacker, M., & De Vries, M. J. (2011). Concepts and contexts in engineering and technology education: An international and interdisciplinary delphi study. *International Journal of Technology and Design Education*, 21(4), 409-424.

Rouse, R., & Rouse, A. G. (2022). Taking the maker movement to school: A systematic review of preK-12 school-based makerspace research. *Educational Research Review*, 35, 100413.

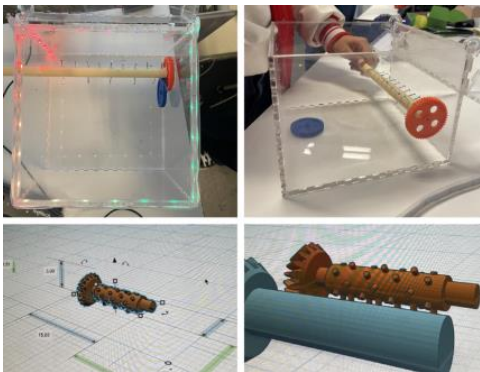
Ryan, R. M., & Deci, E. L. (2020). Intrinsic and extrinsic motivation from a self-determination theory perspective: Definitions, theory, practices, and future directions. *Contemporary Educational Psychology*, 61, 101860.

Savage, J. (2012). Moving beyond subject boundaries: Four case studies of cross-curricular pedagogy in secondary schools. *International Journal of Educational Research*, 55, 79-88.

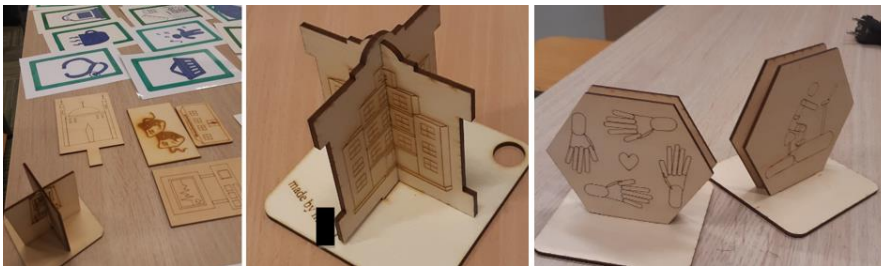
SLO (2021). *Handreiking SE technologie en toepassing*.
<https://www.slo.nl/handreikingen/vmbo/handreiking-se-tent-vmbo/>

Enkele impressies van leerlingenwerk

Een model van een muziekdoosje, in opdracht van een museum, met als doel om de werking voor bezoekers zichtbaar te maken. Beoordeling onbekend.



Spelfiguurtjes in opdracht van een gamedesigner, met objecten uit de eigen woonwijk. Deze uitwerking kreeg een voldoende.



Een oplossing voor wateroverlast in de eigen wijk, in opdracht van het hoogheemraadschap. Over deze uitwerking waren de leraren en de onderzoekers zeer ontevreden.



Een programma van eisen voor een kastje met een fijnstofmeter, voor gebruik op de fiets. Opdrachtgever was het RIVM.

PROGRAMMA VAN EISEN EN WENSEN

- FUNCTIES:
 - ② Het moet de hoeveelheid fijnstof meten, de gebruiker laten weten hoeveel er in de omgeving plaatsvindt.
 - ③ De informatie moet via het apparaat (de gegevens) naar de RIVM site.
 - ③ Het moet MAKKELIJK gebruikbaar zijn en leesbaar voor de gebruiker.
- 1. Doelgroep: De doelgroep bestaat uit de leeftijd van 17 ^{af} JAAR ~~tot 70~~.
- 3. VORM: De vorm NATUURLIJK, kleurgebruik en een display op het apparaat ~~en~~ en een RGB led ~~in~~ hand in het apparaat, dit ALLEMAAL om het aantrekkelijk te maken voor de humanen.
- LEVENSDUUR: Het apparaat moet inclusief met ~~updates~~ updates. 82 JAAR LEVEN, PERSOONLIJKE SCHADE'S WORDEN NIET GINCLUEEED.
- MATERIALEN: ERWORDEN GEEN MATERIALEN GEBRUIKT DIE VERWESFLAAR ZIJN. EN ER WORDEN FLEXIBELE MATERIALEN GEPLAAT.