

Computational thinking bij Geschiedenis, wiskunde en talen

Een vakoverstijgende aanpak op de lerarenopleiding

Author(s)

Logtenberg, Albert; Sweep, Josefien; Calor, Sharon

Publication date

2024

Document Version

Final published version

Published in

Dimensies: Tijdschrift voor didactiek van de Mens- en Maatschappijvakken

[Link to publication](#)

Citation for published version (APA):

Logtenberg, A., Sweep, J., & Calor, S. (2024). *Computational thinking bij Geschiedenis, wiskunde en talen: Een vakoverstijgende aanpak op de lerarenopleiding*. *Dimensies: Tijdschrift voor didactiek van de Mens- en Maatschappijvakken*, (8), 45-67.
<https://dimensies.nu/computational-thinking-bij-geschiedenis-wiskunde-en-talen-nr-8-mei-2024/>

General rights

It is not permitted to download or to forward/distribute the text or part of it without the consent of the author(s) and/or copyright holder(s), other than for strictly personal, individual use, unless the work is under an open content license (like Creative Commons).

Disclaimer/Complaints regulations

If you believe that digital publication of certain material infringes any of your rights or (privacy) interests, please let the Library know, stating your reasons. In case of a legitimate complaint, the Library will make the material inaccessible and/or remove it from the website. Please contact the library: <https://www.amsterdamuas.com/library/contact>, or send a letter to: University Library (Library of the University of Amsterdam and Amsterdam University of Applied Sciences), Secretariat, Singel 425, 1012 WP Amsterdam, The Netherlands. You will be contacted as soon as possible.

Computational thinking bij Geschiedenis, wiskunde en talen

Een vakoverstijgende aanpak op de lerarenopleiding

Computational Thinking (CT), een onderdeel van digitale geletterdheid, is een vaardigheid die aandacht vraagt in het onderwijs. Bij docenten in opleiding (dio's) is nog weinig kennis en expertise over CT, terwijl er mogelijkheden zijn om dit aspect van digitale geletterdheid te integreren in alle schoolvakken en hiermee die schoolvakken te verrijken. Drie lerarenopleiders (Nederlands/moderne vreemde talen, geschiedenis en wiskunde) hebben een vakoverstijgende cursus gegeven en onderzocht in een verkennend onderzoek. Het doel van de cursus is bij te dragen aan kennis en attitude met betrekking tot CT en CT te integreren in een lesontwerp. Deelnemers aan de cursus waren 21 tweedegraadsdocenten geschiedenis, wiskunde en talen die een masteropleiding tot eerstegraadsdocent volgden. In interdisciplinaire leerteams werkten de docenten in opleiding aan een beroepsproduct waarin ze een vakoverstijgende aanpak ontwierpen rond het thema CT.

Verschillende data (vragenlijsten, *learner reports* en beroepsproducten) zijn verzameld om de opbrengst van de module te beschrijven. Uit de data blijkt dat kennis over CT is toegenomen en dat dio's na het volgen van de cursus een positievere houding hebben ten opzichte van het integreren van CT in hun onderwijs. Uit de analyse van de beroepsproducten blijkt dat dio's deels in staat zijn om CT te integreren in hun ontwerpen van (vakoverstijgend) onderwijs.

Albert Logtenberg (Hogeschool van Amsterdam, Universiteit Leiden)

Josefien Sweep (Hogeschool van Amsterdam)

Sharon Calor (Hogeschool van Amsterdam, Vrije Universiteit Amsterdam, Universiteit van Amsterdam)

Kernwoorden: Computational Thinking, kennis, vaardigheden, exploratief onderzoek, vakoverstijgend, geschiedenis, wiskunde, talen

Inleiding

We leven in een digitale wereld, waarin artificiële intelligentie (AI) en digitale technologie steeds prominenter worden. Het is de vraag in hoeverre leerlingen en docenten voldoende toegerust zijn om met deze ontwikkelingen om te gaan. Onderwijs in digitale geletterdheid zou ervoor moeten zorgen dat jongeren beter en eerder zijn toegerust om toekomstige uitdagingen en vraagstukken rond AI en digitale technologie te kunnen behappen. In plaats van passief gebruik zouden leerlingen bewuster en doelgerichter kunnen omgaan met digitale technologie. Naast aspecten als mediawijsheid, ICT- en informatievaardigheden wordt computational thinking (CT) als een belangrijke vaardigheid gezien, omdat deze kan bijdragen

aan het bewustzijn van de werking, mogelijkheden, beperkingen en risico's van digitale technologie (SLO, 2023).

Voorafgaand aan de vraag hoe CT het beste aangeboden kan worden op school, moet helder zijn wat CT omvat en of CT in een specifiek vak aangeboden wordt (bijvoorbeeld bij informatica) of dat het bij verschillende vakken aan bod komt. In de volgende paragraaf wordt op deze vragen ingegaan. Ook wordt beargumenteerd dat het waardevol is om CT in bestaande vakken te integreren. Het geïntegreerd onderwijzen van CT-vaardigheden vergt bereidheid en vaardigheid van docenten om er in hun schoolvak mee aan de slag te gaan. Onder vakdocenten is er nog weinig kennis over CT en weinig ervaring met het onderwijzen van CT-vaardigheden.

Dat roept de vraag op hoe (toekomstige) docenten op een master lerarenopleiding kunnen worden opgeleid in het lesgeven in CT-vaardigheden.

Om die reden is een exploratief beschrijvend onderzoek gedaan naar een nieuw ontwikkelde vakoverstijgende cursus over het thema CT. In deze cursus ontwerpen docenten in opleiding (dio's) wiskunde, geschiedenis en talen (Engels, Frans en/of Nederlands) gezamenlijk een beroepsproduct rond CT. De kennis en houding van dio's met betrekking tot CT worden onderzocht. Daarnaast wordt beschreven hoe de dio's CT-vaardigheden integreren in de door hen ontworpen opdrachten.

CT-vaardigheden geïntegreerd onderwijs

CT aanbieden in het onderwijs

Het is een opgave om een eenduidige definitie van CT te geven, aangezien hier verschillende ideeën over bestaan, die ook door de tijd heen verschuiven (Børsen Hansen e.a., 2024). Selby & Woollard (2013) benadrukken precies hierom de noodzaak van een duidelijke definitie van CT. Volgens hen is vooral het denkproces van belang: CT is gericht op het oplossen van problemen, waarbij denkprocessen zoals abstractie, decompositie, algoritmisch denken, evalueren en generaliseren worden ingezet (Selby & Woollard, 2013). Volgens SLO is het voor leerlingen vooral van belang om denkstrategieën hiertoe aan te leren. Zij spreken in de recent

verschenen conceptkerndoelen dan ook niet over CT maar over 'computationele denkstrategieën', gedefinieerd als "strategieën waarbij werkwijzen en concepten uit de informatica gebruikt worden om problemen op te lossen of taken uit te voeren" (SLO, 2024, p 45).

Het is de vraag of een dergelijke manier van denken onderwezen moet worden in een geïsoleerd vak als informatica. CT is lang het domein geweest van vooral de computerwetenschappen, totdat Wing (2006) betoogde dat CT ook kan betekenen dat concepten uit de computerwetenschap gebruikt worden in andere vakgebieden om problemen op te lossen, systemen te ontwerpen en gedrag te verklaren. Deze definitie vond veel weerklank in onderzoek dat CT toepaste in andere schoolvakken, vooral bij wiskunde, natuurkunde en scheikunde. Bij het leren van een taal of geschiedenis zijn minder voorbeelden van toepassingen en deze voorbeelden lijken ook minder rekening te houden met de specifieke redeneerwijzen van het betreffende vak (McClynn Manfra et al., 2022), terwijl het bij CT ook gaat om denkvaardigheden waarmee de wereld geïnterpreteerd en verklaard kan worden in termen van informatie- en computationele processen (Denning & Tedre, 2021). Daarbij zijn vaardigheden als abstractie, generalisatie en patroonherkenning filosofische concepten, die een rol spelen in allerlei disciplines (Børsen Hansen e.a., 2024). Door CT breed aan te bieden, kan het onderzoekend leren

ondersteunen en betekenisvol aangeleerd worden (Wing, 2006). Ook kan het nieuwe vraagstellingen en manieren van onderzoeken binnen een schoolvak mogelijk maken (Hammond et al., 2019), waarmee vakinhoudelijke kennis verdiept kan worden (Grgurina & Yeni, 2021; Kennisnet, 2022; Van Bruggen et al., 2016). Het vertrekpunt van dit onderzoek is daarom het idee dat CT het beste kan worden onderwezen binnen bestaande schoolvakken. Integratie van CT in bestaande vakken kan van grote meerwaarde zijn, omdat CT in de praktijk vaak wordt toegepast in de context van een bepaald domein of schoolvak (Calor et al., 2022). Dit laatste idee heeft geleid tot de definitie van Barendsen & Bruggink (2019) die het uitgangspunt vormt voor dit artikel. CT wordt door hen gedefinieerd als “een denkproces om problemen te formuleren en oplossingen te beschrijven, zódanig dat die met behulp van een computer kunnen worden uitgevoerd” (Barendsen & Bruggink, 2019, naar Wing 2006).

CT-vaardigheden

Wat precies wordt verstaan onder CT is, zoals uit het voorafgaande bleek, afhankelijk van de context waarin CT wordt toegepast (Zhang & Specht, 2022; Ezeamuzie & Leung, 2022). Vaak worden hetzelfde soort deelvaardigheden genoemd, zoals abstractie, decompositie, algoritmisch denken en patroonherkenning. Calor e.a. (2023) beschrijven een door Grover & Pea (2013) en Shute et al. (2017) voorgestelde

indeling van CT-vaardigheden, waarbij het samengevat voornamelijk om de volgende deelvaardigheden gaat.

- ◆ *Decompositie*: een probleem opdelen in kleinere, behapbare delen;
- ◆ *Patronen herkennen*: zoeken naar overeenkomsten tussen en binnen problemen;
- ◆ *Abstractie*: alleen focussen op de belangrijke informatie en irrelevante details negeren;
- ◆ *Algoritmes*: het ontwikkelen van een stapsgewijze oplossing voor het probleem, of de regels die moeten worden gevolgd om het probleem op te lossen.

Deze vaardigheden zijn te integreren in verschillende vakken en kunnen het leren van vakinhoudelijke kennis verdiepen (Grgurina & Yeni, 2021; Kennisnet, 2022; Van Bruggen et al., 2016). Leerdoelen kunnen gaan over het verzamelen en interpreteren van (omvangrijke) data, maar ook over het visualiseren en ordenen van gegevens met behulp van een computer (concrete verschijnselen beschrijven met abstracte begrippen). Grgurina en Yeni (2021) benoemen verschillende benaderingen, bijvoorbeeld door digital storytelling, modelleren met een computer of met robotica. Er bestaan volgens hen ook zogenaamde ‘unplugged’ activiteiten waarbij een leerling wel de oplossing bedenkt, maar deze niet noodzakelijkerwijs hoeft uit te voeren met behulp van een programma. Dit kan ingezet

worden wanneer leerlingen nog niet zo ervaren zijn met software of als de docent de keuze maakt om les te geven zonder digitale technologie. Op die manier kan ook worden nagedacht en geleerd over bepaalde procedures, stappenplannen en algoritmes die nodig zijn om een computer in te zetten. Tot slot is het van belang dat leerlingen de voor- en nadelen inzien van automatisering en het inzetten van een computer bij vakspecifieke problemen.

Integratie van CT in vakken

Om de integratie van CT in vakken te onderzoeken, wordt voortgebouwd op een raamwerk van Calor e.a. (2022) waarin het model van Barendsen en Bruggink (2019) en de integratieniveaus van Yeni e.a. (2022) worden gecombineerd bij de vakken biologie, geschiedenis, Nederlands, natuurkunde en wiskunde. Het model van Barendsen en Bruggink (2019) beschrijft vier categorieën van denkactiviteiten bij de integratie van CT binnen een vak, zoals wiskunde (Kallia et al. 2021). Eerst wordt een levensecht probleem of situatie omgezet in data of processen, zodat een computer een oplossing kan geven. Vervolgens bedenken leerlingen een computationele oplossing met behulp van een bestaand of zelfontwikkeld programma. Leerlingen volgen geen vooraf bedacht stappenplan, maar worden uitgedaagd om dit zelf te bedenken voor een (denkbeeldige) computationele toepassing. Daarna wordt de computationele oplossing weer bekeken vanuit het vak (generaliseren).

Tot slot wordt er gecontroleerd of het probleem adequaat is opgelost (evaluatie). Deze fasering helpt bij het integreren van CT-elementen in vakspecifieke elementen en de verwachting is dat dit zorgt voor dieper begrip van de vakinhoud (Grgurina & Yeni, 2021). Domeinspecifieke vragen en kenmerken bepalen dus welke CT-vaardigheden relevant zijn.

Een voorbeeld bij het schoolvak geschiedenis is het interpreteren van informatie in grote historische datasets, die vragen oproepen die niet zonder een computer kunnen worden opgelost. Bij het bedenken van dat stappenplan moet een leerling rekening houden met de manier waarop een computerprogramma kan helpen bij het verwerken en interpreteren van data. Een voorbeeld betreft een artikel van data-analisten De Korte en Sprinkhuizen (2018) die een dataset met Amsterdamse straatnamen met behulp van een script 'filteren' op mensen, vrouwen en historische periodes. De vraag hierbij is hoe je op basis van een database met straatnamen uitspraken kunt doen over wanneer welke personen belangrijk genoeg werden bevonden om te eren met een straatnaam (problematiseren). Hiervoor is een script bedacht dat is toegepast op de dataset (CT denken). Op die manier kunnen uitspraken gedaan worden over wat en wie in bepaalde tijden belangrijk gevonden werd (generaliseren). Tot slot is bekeken welke foutjes er nog in het script (en dus de resultaten) kunnen zijn gemaakt (evalueren). Deze manier van historisch onderzoek doen voegt

een nieuwe dimensie toe aan het (school)vak doordat de computer het mogelijk maakt om met ander bronmateriaal te werken. Tegelijkertijd heeft dit voorbeeld ook betrekking op belangrijke vaardigheden van het schoolvak, zoals het interpreteren en contextualiseren van bronnen en het nadenken over historische significantie. Ten slotte illustreert dit voorbeeld ook algemene onderzoeksvaardigheden omdat een complex probleem wordt opgedeeld in deelproblemen, data worden gevisualiseerd en conclusies worden getrokken.

Er is nog weinig onderzocht of deze toepassing een aanvulling is voor het leren binnen een schoolvak zoals geschiedenis. De studie van McClinn Manfra et al. (2022) is een uitzondering. Zij beschrijven een studie waarin leerlingen historisch onderzoek doen door computationele oplossingen te bedenken aan de hand van een zogenaamde 'data-patroon-regels heuristiek'. Aan de hand van deze heuristiek analyseren leerlingen historische gegevens, gaan op zoek naar patronen in de gegevens en ontwikkelen regels om problemen op te lossen. Dit probleemoplossingsproces omvat 1) abstractie en symbolische representatie (gegevens), 2) abstractie, decompositie en parallel denken (patronen) en 3) algoritmisch denken, patroongeneralisatie en voorwaardelijke logica (vuistregels). McClinn Manfra e.a. beschrijven dat leerlingen werkten met recente en historische datasets, toenemend in complexiteit en omvang. Aan de hand

van de heuristiek namen ze computationele elementen mee in het historisch onderzoek. Leerlingen visualiseerden data (bijvoorbeeld aan de hand van een dataset uit 1866 over lonen en prijzen tussen 1200 en 1400), analyseerden deze met Excel en trokken hun eigen conclusies aan de hand van patronen en zelfbedachte regels. De auteurs concluderen dat sommige leerlingen de taal van data - patronen-regels gebruikten om de processen te verwoorden die ze volgden, terwijl ze bezig waren met CT. Deze heuristiek bleek niet alleen een nuttige scaffold voor het ontwikkelen van de taken, maar het was ook bruikbaar om CT van leerlingen te toetsen en te vormen (McClinn Manfra et al., 2022, p. 287).

Er zijn dus aanwijzingen en argumenten dat CT kan worden ingezet bij het aanleren van zowel domeinspecifieke als generieke, probleemoplossende vaardigheden. Van docenten en leerlingen vergt dit dat ze kunnen omgaan met complexe, ongestructureerde taken en problemen. Børsen Hansen e.a. (2024) roepen op om telkens te bedenken wanneer en hoe het CT-kader betekenisvol wordt ingezet. Enerzijds kunnen CT-vaardigheden crosscurriculair ingezet worden om bepaalde vakspecifieke concepten betekenis te geven. Anderzijds is een transcurriculaire aanpak meer zinvol wanneer het gaat om het oplossen van complexe problemen aan de hand van decompositie, patronen en algoritmes. Dit leidt tot onderzoeksmatig

begrip van de aard van problemen en het oplossen hiervan.

Opvattingen en kennis over CT bij docenten

Over het algemeen krijgt CT nog niet veel aandacht op de lerarenopleiding, mede doordat het nog niet zo expliciet in het curriculum is verwerkt (Yadav et al. 2017). De verwachting is echter dat dit onderwerp steeds meer op de agenda komt vanwege actuele ontwikkelingen. De snelle ontwikkeling van bijvoorbeeld AI zorgt voor een disruptieve innovatie waarbij bestaande onderwijsmethodes niet meer passen en er onbegrip en onvoorspelbaarheid kan bestaan (Last & Sprakel, 2023). Daarom dienen dio's te worden voorbereid op het zien van de kansen en keerzijden van dit soort ontwikkelingen en moeten ze leren hierbij bewuste keuzes te maken. Yadav e.a. (2017) betogen dat aandacht voor CT in een lerarenopleiding kan helpen om een genuanceerd begrip van toepassingsmogelijkheden in de les te ontwikkelen. In een eerder onderzoek toonden zij aan dat een relatief korte introductie van CT in de lerarenopleiding bijdroeg aan het begrip van de docenten en aan ideeën om CT in hun eigen onderwijs te implementeren (Yadav et al., 2014). Andere onderzoeken tonen aan dat het verwerven van CT-vaardigheden in lerarenopleidingen leraren kan helpen zich zekerder te voelen bij het integreren ervan in het onderwijs (Jaipal-Jamani & Angeli, 2017).

Onderzoeksvragen

Voor dit praktijkgerichte onderzoek zijn de uitkomsten beschreven van een cursus waarin dio's van verschillende schoolvakken samen onderwijs ontwerpen. Het uitgangspunt hierbij is dat hierdoor zowel hun kennis en opvattingen over CT als hun zicht op domeinspecifieke toepassingen worden beïnvloed. Daarnaast willen de lerarenopleiders weten hoe CT kan worden verweven in een curriculum op een lerarenopleiding en wat dit oplevert aan kennis en opvattingen van dio's. Ten slotte worden de uitkomsten beschreven aan de hand van de door dio's gemaakte beroepsproducten. De onderzoeksvragen zijn als volgt:

- ◆ *Wat zijn de leeruitkomsten (kennis en opvattingen) van een cursus CT voor docenten in opleiding bij geschiedenis, wiskunde en talen?*
- ◆ *Hoe hebben docenten in opleiding CT-denken in hun beroepsproducten geïntegreerd?*

Onderzoeksopzet

Omdat het een nieuwe module betreft in een nieuw ontwikkelde leerlijn op een lerarenopleiding, betreft dit een verkennend beschrijvend onderzoek gericht op de leeruitkomsten van de module. De focus ligt op de kennis en opvattingen en het kunnen toepassen van CT in een lesontwerp.

Deelnemers

Deelnemers waren 22 derdejaars dio's aan een eerstegraadsopleiding in deeltijd. De gemiddelde leeftijd was 36 (22-65). De dio's gaven de vakken Engels (5), Frans (1), Nederlands (3), wiskunde (7) en geschiedenis (6). De cursus is onderdeel van een leerlijn vakdidactiek en onderzoek in relatie tot de schoolpraktijk. In eerdere modules is binnen de schoolvakken gewerkt aan de vakdidactische visie, toetsing, onderzoekende houding en vakdidactisch ontwerpen en evalueren. In deze module is het doel dat dio's aan de hand van een actueel thema de samenwerking met een ander schoolvak ervaren, verkennen en evalueren. Tijdens de cursus van een semester hebben de studenten gewerkt in multidisciplinaire leerteams met daarin ten minste een docent talen, wiskunde en geschiedenis. Aan het begin van de cursus zijn de deelnemers geïnformeerd over de studie en is er toestemming gevraagd. Alle deelnemers hebben ingestemd met deelname.

Opzet van de cursus

De cursus was een onderdeel van een grotere vakoverstijgende cursus. Computational Thinking was naast Burgerschap en Maakonderwijs een thema waar studenten voor konden kiezen. Na een algemene introductie over vakoverstijgend werken vormden de studenten leerteams. De drie lerarenopleiders met expertise in talen-, geschiedenis- en wiskundeonderwijs hebben door middel van teamteaching de

cursus ontworpen en uitgevoerd. Dat betekent dat de bijeenkomsten gezamenlijk zijn voorbereid en dat de docenten tijdens de bijeenkomsten elkaar aanvulden en vanuit verschillende (vak)perspectieven feedback en kennis aandroegen. De auteurs van dit artikel zijn ook betrokken bij onderzoek naar CT in het middelbaar onderwijs.

De leerteams kregen de opdracht om gezamenlijk een beroepsproduct te maken waarin CT is verwerkt. Beroepsproducten zijn diensten of producten die een professional moet kunnen leveren in het uitoefenen van zijn beroep (Losse, 2016). Een beroepsproduct kan een analyse of advies zijn, maar ook een lesontwerp of (half)fabrikaat behoren tot de mogelijkheden. De leerteams kozen er allemaal voor om lessen en praktische opdrachten te ontwerpen.

Omdat er bij de studenten nog weinig vertrouwdheid was met het begrip CT en toepassingen hiervan in het vakonderwijs, is ervoor gekozen om aan het begin van de cursus samen met de studenten een voorbeeld van een toepassing te verkennen. Hierbij is voortgebouwd op een eerder project. In dat project hadden leerlingen de taak om content te schrijven voor een chatbot die het mogelijk maakt om vragen te stellen aan een meisje uit de Romeinse Oudheid. Aan de hand van dit project is gemodelleerd hoe de ontwerpfasen van Barendsen en Bruggink (2019)

kunnen worden toegepast en hoe tegelijkertijd domeinspecifieke doelen behaald kunnen worden. Bij het maken van een chatbot is het historisch perspectief bijvoorbeeld: welke bronnen zijn bruikbaar, hoe neem je een historisch perspectief in en welke vragen kunnen daarbij worden gesteld? Vanuit een talig perspectief kan een leerling kijken naar de kenmerken van natuurlijke taal en gesprekken: wat is eigenlijk een goed antwoord op een vraag? Vanuit de wiskunde bekijkt men hoe een computer antwoorden genereert en welk algoritme daarvoor het meest geschikt is.

Studenten lazen Barendsen & Bruggink (2019) en Touretzky & Gardner-McCune (2022). De leerteams mochten een eigen uitwerking in een beroepsproduct bedenken. De leerteams gingen zelfstandig aan de slag om zo te oefenen met vakoverstijgend werken. Tijdens het restant van de cursus ontvingen de leerteams mondelinge feedback van elkaar en de docenten. In een afsluitende bijeenkomst met alle thema's zijn de beroepsproducten aan elkaar gepresenteerd en werd er feedback op het beroepsproduct gevraagd.

Instrumenten en analyse

Om de onderzoeksvragen te beantwoorden zijn verschillende data verzameld met verschillende instrumenten. Voor de cursus (september 2022) en na de cursus (januari 2023) is een vragenlijst afgenomen. Drie dio's waren niet aanwezig bij de nameting. De vragenlijst is gebaseerd op een

instrument ontwikkeld door Yadav e.a. (2014). Het betreft 21 stellingen met een 5-punts Likertschaal in vijf categorieën (zie Tabel 2) en is oorspronkelijk afgenomen bij studenten onderwijskunde die aan een cursus over CT deelnamen. Om het instrument voor de dio's geschikt te maken, zijn de stellingen vertaald, zijn termen als 'computer applications', 'computer science' en 'computing courses' veranderd in 'computationeel denken'. Ook zijn er stellingen geschrapt, samengevoegd of juist toegevoegd. De vijf categorieën hebben zijn intact gelaten: definitie (bijvoorbeeld "CT kun je inzetten om problemen op te lossen"), comfort (bijvoorbeeld "ik voel me onbekwaam als ik denk aan CT"), interesse (bijvoorbeeld "CT vind ik saai"), gebruik in de klas (bijvoorbeeld "ik denk dat CT bij mijn schoolvak gebruikt kan worden") en carrière (bijvoorbeeld "het hebben van kennis over CT is op zichzelf waardevol"). De afgenomen vragenlijst bevat twee open vragen over wat studenten verstaan onder CT en welke ideeën ze hebben voor toepassingen. Aan de hand van een codeerschema van Yadav is door twee onderzoekers gekeken of de studenten na afloop een bredere definitie konden geven van CT en (meer) toepassingen hiervan konden benoemen.

De beroepsproducten van de zes leerteams zijn verzameld. Tabel 1 geeft een overzicht van de leerteams en de beroepsproducten. Voor de analyse is voortgebouwd op een codeerschema

(Calor et al., 2023) ontwikkeld op basis van het fasemodel van Barendsen en Bruggink (2019) en aspecten van CT (decompositie, patronen herkennen, abstractie en algoritmes). Bij de analyse van deze beroepsproducten beschrijven we 1) de mate waarin een computer nodig is om vragen op te lossen en 2) in hoeverre CT-vaardigheden expliciet benoemd worden in het beroepsproduct (zie Tabel 3).

De zes beroepsproducten zijn samengevat in een schema met daarin de doelen,

opbouw en opdrachten. Daarnaast is een korte beschrijving gemaakt van ieder beroepsproduct (zie appendix).

Vervolgens hebben drie onderzoekers onafhankelijk van elkaar de volledige beroepsproducten bekeken en codes gegeven bij criterium 1 (1: Onnodig 2: Deels nodig 3: Noodzakelijk) en criterium 2 (1: Impliciet 2: Deels expliciet en 3: Expliciet). Daarna is deze codering in één sessie met elkaar besproken en gekalibreerd wanneer de scores niet overeenkwamen.

Tabel 1 *Overzicht met beroepsproducten van de leerteams **

Leer-team	Titel	Korte beschrijving	Vorm	School-vakken
1	'In gesprek met Catherina of Jan'	Leerlingen ontwerpen een chatbot waarmee leerlingen van de onderbouw kunnen communiceren met een kind dat leefde tijdens de industriële revolutie.	Lessenserie op Padlet	WIS, ENG, GES
2	De poëtische machine	Een activiteitenmiddag over CT voor 5 vwo. Het onderwerp (oorlogs-)poëzie is gekozen omdat gedichten lastig door een vertaalmachine te vertalen zijn.	Website	NE, ENG, WIS (2)
3	'Konijn van Olland'-project	Hoe kun je verschillende perspectieven een stem geven uit het verleden met behulp van moderne technologie? Chat-ten vanuit de perspectieven van Napoleon en Lodewijk V.	Docenten-handleiding	NE, GS, WIS, FA
4	'Het creëren van een dataset'	Hoe kunnen leerlingen CT inzetten bij het analyseren van spotprenten van de Koude Oorlog?	Lesplannen op Padlet	WIS, ENG, GES
5	Chatten met Anne frank	Vakoverstijgend project: Hoe voer je een historisch kwalitatief goed gesprek met Anne Frank?	Website	WIS, GES, NL
6	The Enigma	Engelstalige website over het leven van Alan Turing	Website	WIS, GES, ENG (2)

* De beroepsproducten zijn op aanvraag in te zien.

Met een *learner report* wilden de onderzoekers in kaart brengen wat volgens de dio's de leeruitkomsten van deze module zijn. Tevens kan een *learner report* helpen bij het reflecteren op de uitkomsten (Van Kesteren, 1993). Tot slot hebben de dio's individueel een *learner report* ingevuld na afloop van de cursus. Aan de dio's is gevraagd om te omschrijven wat ze in deze cursus hebben geleerd, wat ze er goed aan vonden en wat er volgens hen beter

kan. Deze uitspraken zijn samengevat in inhoudelijke categorieën.

Resultaten

Kennis en opvattingen van docenten in opleiding

In Tabel 2 staan de scores op de items uit de vertaalde en aangepaste vragenlijst van Yadav e.a. (2014).

Tabel 2 *Houding tegenover CT, gemiddelde scores voormeting (VM) en nameting (NM) en Standard Deviaties (SD) (N=18).*

Items		VM M(SD)	NM M(SD)
Definitie	Computationeel denken heeft vooral met computers te maken. *	2.56 (.86)	2.72 (.96)
	Computationeel denken heeft vooral met wiskunde te maken. *	3.00 (.91)	3.61 (.92)
	Computationeel denken kun je inzetten om problemen op te lossen.	1.83 (.51)	1.39 (.50)
	Computationeel denken heeft te maken met het opdelen van een probleem in kleinere stappen.	2.00 (.59)	1.61 (.61)
	Bij computationeel denken moet je vooral logisch nadenken. *	2.17 (.51)	2.22 (1.00)
	Computationeel denken kan toegepast worden in verschillende contexten.	1.83 (.86)	1.56 (.62)
Gem		2.66 (.45)	2.33 (.35)
Comfort	Ik twijfel eraan of computationeel denken gebruikt kan worden bij het oplossen van veel problemen. *	3.33(.77)	3.72 (1.02)
	Ik voel me onbekwaam als ik denk aan computationeel denken. *	2.61(.85)	3.39 (1.10)
	Ik begrijp wat computationeel denken is.	3.94(1.00)	2.11 (.47)
	Ik zou veel kunnen leren over computationeel denken.	1.94(.94)	2.28 (.57)
	Ik gebruik computationeel denken niet in het dagelijks leven. *	2.94(.80)	3.06 (1.21)
	Ik twijfel eraan of ik een probleem kan bedenken waarvoor ik computationeel denken nodig heb. *	3.11(1.08)	3.61 (.85)
	Ik twijfel eraan of ik computationeel denken kan inzetten voor het oplossen van een probleem. *	3.44(.98)	3.72 (.83)
Gem		2.92 (.53)	2.41 (.59)
Interesse	Computationeel denken vind ik saai. *	3.56 (.78)	3.72 (.83)
	Problemen oplossen met computationeel thinking spreekt me aan.	2.33(.77)	2.72 (.96)
	Computationeel denken vind ik interessant.	2.33 (.59)	2.39 (.98)
	Ik zou best een bij-/nascholing over computationeel denken voor leerlingen willen volgen.	2.50 (.71)	2.78 (1.26)
Gem		2.40 (.57)	2.54(.94)

Onderwijs	Ik denk dat computationeel denken mijn leerlingen gaat helpen bij hun toekomstige loopbaan.	2.22 (.65)	1.94 (.54)
	Ik denk dat computationeel denken bij mijn schoolvak gebruikt kan worden.	2.17 (.51)	1.89 (.471)
	Ik denk dat computationeel denken bij mijn schoolvak gebruikt moet worden.	2.72 (.75)	2.50 (1.04)
Gem		2.37 (.48)	2.11 (.59)
Loopbaan	Ik denk dat kennis over computationeel denken voor mij als docent nuttig is.	2.11 (.68)	1.89 (.68)
	Het hebben van kennis over computationeel denken is op zichzelf waardevol.	2.06 (.54)	1.72 (.57)
		2.08 (.52)	1.81 (.51)

1 = sterk mee eens - 5 = sterk mee oneens. Negatieve items met een * zijn omgecodeerd.

Zowel de scores uit de voor- en nameting staan vermeld. De opvattingen van de dio's met de betrekking tot de definitie van CT zijn iets genuanceerder en breder geworden. De studenten zijn bij de naming namelijk minder instemmend met de items die CT vooral in de hoek van wiskunde en logisch denken positioneren. Ze zien CT als breder inzetbaar. Daarnaast zijn dio's positiever over de waarde, het nut en de toepassingen in hun onderwijs. Als het gaat om gevoelens van comfort en kennis van CT is er een positieve ontwikkeling. Onzekerheden en twijfels over CT zijn afgenomen en begrip en kennis van CT zijn toegenomen. Op het gebied van interesse lijkt de cursus wat minder invloed te hebben gehad en lijkt de interesse te zijn afgenomen.

Definities en toepassingen van CT

In de antwoorden op de vraag 'Wat is volgens jou CT?' is er een verandering. Aan het begin geven studenten voornamelijk antwoorden die vallen onder de noemer 'gebruik van technologie/computer'.

Voorbeelden van dit soort antwoorden zijn:

"Digitale middelen gebruiken in lessen. Leerlingen helpen digitale vaardigheden te ontwikkelen." (Engels)

"Gebruik van computer (ICT) als ondersteuning in het leerproces." (Wiskunde)

Er waren vier docenten die nog geen idee hadden wat CT is. Aan het einde van de cursus noemen dio's vaker dat CT kan worden gezien in de context van problemen oplossen en het gebruiken van logisch denken daarbij. Alleen sommige wiskundedocenten in opleiding gebruiken hierbij de term algoritme. Een uitspraak is bijvoorbeeld:

"Het systematisch in kleine stapjes kunnen uitsplitsen van een groter probleem. Zodat het zo behapbaar wordt. Dat zelfs een computer het kan begrijpen." (Geschiedenis)

Wat opvalt is dat kritisch denken (een categorie uit het onderzoek van

Yadav (2014)) niet vaak expliciet wordt genoemd. Een voorbeeld van zo'n definitie is:

"Computationeel denken is dat je weet hoe een computer denkt en dat je realiseert dat er verschillen zijn tussen denken als een computer."

Na afloop kunnen de dio's ook meer (specifieke) toepassingen noemen van CT voor hun vak, voorbeelden van uitspraken zijn:

"In mijn vak is het gebruik van taal belangrijk. Welke woorden en/of zinsconstructies heb je nodig. Wat zijn de achterliggende betekenissen van woorden en zinnen etc. Hiermee zou je bijvoorbeeld een chatbot of een database kunnen vullen." (Engels)

"Voor het vak geschiedenis zelf is het een goede uitdaging. Zaak is dat dan per vaardigheid en onderwerp gekeken wordt in welke mate dat denkproces van toegevoegde waarde is. Desondanks denk ik dat er wel toegevoegde waarde in zit voor bijvoorbeeld bronnenkritiek. In welke mate zijn computers te vertrouwen bij het zoeken van geschikte bronnen voor hetgeen de leerling wil onderzoeken?" (Geschiedenis)

"Het uitleggen van de werking van een matchingsalgoritme van een chatbot vind ik een aansprekend onderwerp om in de lessen te behandelen. Kan

leerlingen erg aanspreken om zich verder te verdiepen in wiskunde/ informatica/ AI. Daarnaast is ChatGPT erg populair onder jongeren. Deze onderwerpen liggen mooi bij elkaar." (Wiskunde)

Er was ook een docent geschiedenis die twijfelde aan de meerwaarde van CT bij geschiedenis:

"Het gebruik van CT tijdens geschiedenis is van minimale waarde als je kijkt naar de (kern)doelen die de overheid stelt. Je kan er wel veel leuke dingen mee doen waardoor je het vak aantrekkelijker maakt. Het maken van een chatbot is één maar ook het verwerken van data voor een onderzoek zou vergemakkelijkt kunnen worden door CT. Ik denk dat ik dit op het VO minder snel toepas al zou het voor het VWO misschien wat toegevoegde waarde kunnen hebben." (Geschiedenis)

Over het algemeen noemen de dio's talen toepassingen om het te hebben over computertaal. Wiskundedocenten vinden de chatbot en algoritmes betekenisvolle contexten en de dio's geschiedenis zien mogelijkheden voor het oefenen van vaardigheden.

Learner reports

In de *learner reports* geven dio's vooral aan dat ze wat hebben geleerd met betrekking tot het samenwerken met andere vakken, hoe chatbots werken en

wat CT is. Voorbeelden van antwoorden op de vraag wat ze geleerd hebben:

“Het meest belangrijkste aspect was het vakoverstijgend onderdeel. CT was het middel waarmee we het doel vakoverstijgend werken aanvlogen. Wat voor mij een belangrijk leerpunt is gebleken, is het feit dat er ook vakoverstijgende projecten mogelijk zijn met vakken waar het vooraf onmogelijk mee lijkt. In mijn geval met wiskunde. Daarnaast zijn inzichten en opvattingen die vanuit andere disciplines komen om mee te denken over een didactisch probleem bij mijn eigen vak erg nuttig. Hierom zal ik vaker collega's bevragen of lessen van hen observeren van andere disciplines wanneer ik lessen uitdagender wil maken.” (Geschiedenis)

“Ik heb geleerd om rekening te houden met andere vak-perspectieven en deze hebben wij gezamenlijk weten te verwerken in een lessenserie. Ik heb verschillende bronnen over CT verkend en me daarin verdiept in de inhoud van CT.” (Engels)

Een duo Nederlands antwoordde:

“Ik heb geleerd wat computational thinking is en hoe ik het in kan zetten bij Nederlands. Ik heb geleerd dat het meerwaarde heeft om samen te werken met andere vakken en dat dat met computational thinking goed mogelijk is.”

Daarnaast wordt de begeleiding van docenten bij het werken aan een beroepsproduct gewaardeerd die vooral ruimte liet voor eigen inbreng van de leerteams. Een docent Engels vat dit zo samen:

“Aandacht voor verschillende aspecten van CT. De informele sfeer, werkt creativiteit in de hand. Groeps sessies met eigen vakgenoten tussendoor. Goede en leuke begeleiding.” (Engels)

Beroepsproducten

Zes leerteams hebben verschillende beroepsproducten gemaakt tijdens de cursus (zie Tabel 1). Sommige leerteams (1, 3, 4 en 6) bleven dicht bij het voorbeeldproject ‘chatten met het verleden’ en hebben daar een vakoverstijgende invulling aangegeven. In Tabel 3 (op de volgende bladzijde) staat de typering van de producten aan de hand van de drie criteria en bijbehorende scores. In de appendix zijn uitgebreide omschrijvingen van de beroepsproducten opgenomen.

Tabel 3 Typering van beroepsproducten

Leerteam Criterium	1 'In gesprek met Catharina of Jan'	2 De poëtische machine	3 'Konijn van Olland'-project	4 'Het creëren van een dataset'	5 Chatten met Anne frank	6 The Enigma
In hoeverre is de computer een logisch middel om de vraag/vragen op te lossen? <i>Onnodig (1)</i> <i>Deels nodig (3)</i> <i>Noodzakelijk (5)</i>	3	5	1	3	3	3
In hoeverre worden er expliciet CT-vaardigheden genoemd in de doelen/toetsing/reflectie op opdracht <i>Impliciet (1)</i> <i>Deels expliciet (3)</i> <i>Expliciet (5)</i>	1	5	3	1	3	5

Het eerste criterium gaat over de mate waarin een computer een rol speelt. Als de opdracht, zoals bij leerteam 3, ook zonder technologie kan, is de computer eigenlijk onnodig. Deels nodig slaat op zogenaamde 'unplugged' lessen waarbij leerlingen iets bedenken wat een computer kan uitvoeren, maar geen software gebruiken om het toe te passen. Leerteam 2 werkte met een vertaalmachine en ChatGPT, wat het gebruik van een computer noodzakelijk maakt. Daarnaast is bekeken in hoeverre CT-vaardigheden expliciet worden benoemd in de beroepsproducten. Tijdens de bespreking

bleek dit de lastigste categorie te zijn. Worden CT-vaardigheden aangereikt (bijvoorbeeld stappenplannen) of moeten leerlingen zelf een probleem opdelen zodat er een algoritme gemaakt kan worden? En in hoeverre is dat zichtbaar in de lessen en worden CT-vaardigheden daadwerkelijk getoetst? Leerteam 6 maakte CT-vaardigheden expliciet in hun ontworpen lessen in een bijpassende rubric. Bij leerteam 1 en 4 zijn de CT-vaardigheden impliciet verwerkt in de lessen. In alle beroepsproducten van de leerteams zit een opbouw van de les(sen) rond een centrale vraag en komen CT-vaardigheden

in meer of mindere mate terug. Leerteams 1, 3, 5 en 6 zijn verdergegaan met het voorbeeld van de chatbot en hebben hier een eigen variant op bedacht. Zij ontwierpen een beroepsproduct rond het idee van een chatbot, maar de mate waarin CT-vaardigheden expliciet worden benoemd en geoefend verschilt. Dit roept de vraag op in hoeverre dit voorbeeld afdoende was om docenten in opleiding vertrouwd te maken met het concept CT. Leerteams 2 en 4 hebben gekozen voor een andere invulling; leerteam 2 door te werken met computers en poëzie en leerteam 4 door leerlingen te laten nadenken over zoektermen bij spotprenten (zie appendix). Samenvattend bevatten alle beroepsproducten taken waarbij soms een computer nodig is en waarbij CT-vaardigheden, deels impliciet en deels expliciet, worden genoemd.

Conclusie en discussie

Het doel van dit verkennend onderzoek was het onderzoeken van de opbrengsten van een vakoverstijgende cursus waarin dio's van verschillende schoolvakken samen onderwijs hebben ontworpen met als thema CT. Een tweede doel was om te onderzoeken wat de kennis en opvattingen over CT zijn na het volgen van de cursus. De door dio's gemaakte beroepsproducten zijn geanalyseerd, waarbij gekeken is naar hoe CT-vaardigheden zijn geïntegreerd in hun ontwerp.

Dio's kunnen na de module een bredere definitie geven van CT en specifiekere

toepassingen benoemen. Uit de vragenlijst blijkt ook een licht positieve ontwikkeling op het gebied van kennis en comfort met betrekking tot CT, interesse lijkt niet te zijn toegenomen. Uit de *learner reports* blijkt dat de dio's vooral toepassingen voor hun eigen vak kunnen benoemen.

Uit de analyse van de beroepsproducten blijkt dat dio's hun kennis over CT hebben kunnen toepassen en dat ze leervragen en leeractiviteiten voor leerlingen kunnen ontwerpen die leerlingen vaardiger kunnen maken in computational thinking. Daarbij ligt de nadruk nog wel op het aanreiken van stappen en minder op het uitdagen van leerlingen om zelf een oplossing te bedenken door het probleem op te delen in kleine stappen.

Dit onderzoek laat zien dat het mogelijk is om een relatief onbekend concept als CT te integreren in vakoverstijgend onderwijs en de houding van dio's ten opzichte van CT te beïnvloeden. Dit sluit aan bij de bevindingen van Yadav e.a (2014) en Jaipal-Jamani & Angeli (2017). Onze cursus daagde dio's uit om toepassingen in hun eigen vak te bedenken en tegelijkertijd was het voor de lerarenopleiders uitdagend om de cursus te begeleiden. Ontwikkelingen op dit gebied volgen elkaar snel op. De lerarenopleiders zijn hierin zelf ook aan het leren en hier hebben zij de dio's in meegenomen. Het fasemodel van

Barendsen en Bruggink (2019) is hierbij een bruikbaar kader.

Vanwege het kleinschalige en exploratieve karakter van dit onderzoek blijven er nog veel vervolgvragen openstaan die samenhangen met de beperkingen van dit onderzoek. Het is bijvoorbeeld nog niet helder welke aspecten van de cursus precies hebben bijgedragen aan de leeruitkomsten. In een vervolgonderzoek zou bekeken kunnen worden hoe de verhouding tussen vakintegratie (Gresnigt et al.) en integratie van CT-vaardigheden precies vormgeven zou kunnen worden in de cursus. Het is mogelijk dat het werken met meerdere schoolvakken zoals wiskunde, talen en geschiedenis zowel belemmerend als bevorderend kan werken afhankelijk van een *crosscurriculaire* of juist *transcurriculaire* benadering van CT (Børsen Hansen e.a., 2024). Als er domeinspecifieke redeneerwijzen moeten worden aangeleerd is het misschien zinvoller om CT binnen een schoolvak aan te bieden, maar anderzijds kan CT vakoverstijgend aanbieden er wellicht voor zorgen dat bepaalde redeneerwijzen worden geëxpliciteerd door zowel docenten als leerlingen.

Onderzoekers betogen dat het integreren van CT in domeinspecifieke contexten het vakspecifiek leren van leerlingen kan verdiepen (Grgurina & Yeni, 2021). De beroepsproducten die studenten hebben gemaakt lijken deze potentie in zich te hebben, maar het blijft de vraag of deze

leiden tot een dieper begrip van docenten en leerlingen van het vak wiskunde, geschiedenis of een taal. Een andere te onderzoeken kwestie is of een vakoverstijgende aanpak bij het aanleren van een nieuw concept ook nadelige effecten kan hebben, bijvoorbeeld omdat het veel van beginnende docenten vraagt en veel vakdidactische kennis vereist (Tuithof, 2018). Ook is gericht ontwerp- en onderzoek nodig naar andere aspecten van de cursus zoals *teamteaching*, het werken in leerteams en het werken met beroepsproducten (Losse, 2016).

De dio's hebben in deze cursus alleen een beroepsproduct ontworpen om te oefenen met vakoverstijgend werken, maar dit nog niet in de praktijk voorgelegd aan leerlingen of collega's. De vraag blijft dus nog in hoeverre de opdrachten in de praktijk haalbaar zijn. Studenten gaven zelf aan dat de combinatie van vakken niet altijd praktisch is en dat sommige toepassingen van CT in de praktijk nog lastig blijken te zijn. Ook het gebruik van het chatbot voorbeeld kan heroverwogen worden. Bij gebrek aan andere voorbeelden had dit voorbeeld een grote invloed op het denken van de leerteams. In een volgende ontwerp- en onderzoek kan gebruik worden gemaakt van andere voorbeelden en toepassingen om zo de integratie van digitale geletterdheid in schoolvakken te bevorderen.

Het onderzoek laat evenwel zien dat de kennis en opvattingen over CT, een relatief onbekend aspect van digitale

geletterdheid, positief beïnvloed kunnen worden in een cursus op een lerarenopleiding.

Referenties

Calor, S., Dekker, I., Pennink, D., & Bredeweg, B. (2022). Solving Domain-Specific Problems with Computational Thinking . *CTE-STEM 2022 Conference*.

<https://doi.org/10.34641/cte-stem.2022.470>

Calor, S.M., Dekker, I., Dekken, M., Logtenberg, A., Kragten, M., Pennink, D., Sweep, J., Bouwer, A., Bredeweg, B. (2023). *Integrating Computational Thinking into Domain-Specific Subjects*, [Manuscript in voorbereiding]. Faculteit Onderwijs en Opvoeding, Hogeschool van Amsterdam.

Barendsen, E., & Bruggink, M. (2019). Het volle potentieel van de computer leren benutten: over informatica en computational thinking. *Van Twaalf tot Achttien*, 29(10), 16-19. <https://onderwijstijdschriftenplein.nl/tplein/van-twaalf-tot-achttien-jrg-29-december-2019-nr-10/>

Børsen Hansen, S., Hachmann, R., & Dohn, N. B. (2024). Computational thinking beyond computer science. In S. Harnow Klausen, & N. Mård (Eds.), *Developing a Didactic Framework Across and Beyond School Subjects: Cross- and Trans-curricular Teaching* (pp. 232-242). Routledge.

<https://doi.org/10.4324/9781003367260-21>

De Korte, L. & Sprinkhuizen, S. (2018). Van Pythagoras tot Amalia: Hoe wij 5.400 Amsterdamse straatnamen analyseerden. *De Correspondent*. <https://decorrespondent.nl/7838/van-pythagoras-tot-amalia-hoe-wij-5-400-amsterdamse-straatnamen-analyseerden/63df2744-22cf-0eef-174b-8b5ea7561671>

Denning, P. J., & Tedre, M. (2021). Computational thinking: A disciplinary perspective. *Informatics in Education*, 20(3), 361-390.

Ezeamuzie, N. O., & Leung, J. S. C. C. (2021). Computational Thinking Through an Empirical Lens: A Systematic Review of Literature. *Journal of Educational Computing Research*, 60 (2), 481-511. <https://doi.org/10.1177/07356331211033158>

Gresnigt, R., Slangen, L., & Brouwer, W. (2017). *Vakkenintegratie: daar kun je op rekenen! Vakoverstijgend werken aan creatief, kritisch en probleemoplossend denken*. In: M. van Zanten (red.). *Rekenen-wiskunde in de 21e eeuw. Ideeën en achtergronden voor primair*

onderwijs (pp. 33-42). Utrecht / Enschede: Panama, Universiteit Utrecht / NVORWO / SLO https://hbo-kennis-bank.nl/details/sharekit_fontys:oai:surfsharekit.nl:a5a5bfc4-1ace-4531-abd1-cca67de44be6

Grover, S., & Pea, R. (2013). Computational thinking in K-12: A review of the state of the field. *Educational Researcher*, 42(1), 38-43.
<https://doi.org/10.3102/0013189X12463051>

Grgurina, N., & Yeni, S. (2021). Computational thinking in context across curriculum: students' and teachers' perspectives. *Informatics In Schools. Rethinking Computing Education*, 3-15.
https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-030-90228-5_1

Klausen, & N. Mård (red.), *Developing a Didactic Framework Across and Beyond School Subjects: Cross- and Transcurricular Teaching* (pp. 232-242). Routledge.

Hammond, T.C., Oltman, J., & Salter, S. (2019). Using computational thinking to explore the past, present, and future. *Social Education*, 83, 118-122.

Jaipal-Jamani, K. & Angeli, C. (2017). Effect of Robotics on Elementary Preservice Teachers' Self-Efficacy, Science Learning, and Computational Thinking. *Journal of Science Education and Technology*, 26(2), 175-192.

<https://doi.org/10.1007/s10956-016-9663-z>

Kallia, M., van Borkulo, S.P., Drijvers, P., Barendsen, E., Tolboom, J. (2021). Characterising computational thinking in mathematics education: A literature-informed Delphi study. *Research in Mathematics Education*, 23(2), 159-187.

Kennisnet (2022). *Handboek digitale geletterdheid 2021- 2022*.
<https://www.kennisnet.nl/app/uploads/kennisnet/digitale-geletterdheid/Documenten/Kennisnet-Handboek-digitale-geletterdheid-2021-2022.pdf>

Last, B., & Sprakel, T. (2023). *Chatten met Napoleon. Werken met generatieve AI in het onderwijs*. Boom

Losse, M. (2016) De relevantie van onderzoekend vermogen. *Thema Hoger onderwijs*, 2016 (1), 57-62.

McGlinn Manfra, M., Hammond, T.C. & Coven, R.M. (2022). Assessing computational thinking in the social studies, *Theory & Research in Social Education*, 50 (2), 255-296.
<https://doi.org/10.1080/00933104.2021.2003276>

Selby, C., Woollard, J. (2013). Computational thinking: the developing definition. <https://eprints.soton.ac.uk/356481/>

Shute, V. J., Sun, C., & Asbell-Clarke, J. (2017). Demystifying computational thinking. *Educational Research Review*, 22, 142-158.
<https://doi.org/10.1016/j.edurev.2017.09.003>

SLO (2023). Digitale geletterdheid.
<https://www.slo.nl/sectoren/vmbo/digitale-geletterdheid-vmbo/digitale-geletterdheid-vo/digitale-geletterdheid/>

SLO (2024). Conceptkerndoelen burger-schap en digitale geletterdheid.

Touretzky, D.S. & C. Gardner-McCune (2022). Artificial Thinking in K-12. In S.-C. Kong & H. Abelson (Red.) *Computational Thinking in K-12: Artificial Intelligence, Literacy and Physical Computing*. Cambridge, Massachusetts, MIT Press.

Tuithof, J. I. G. M. (2018). Wat werkt als je samenwerkt: Voorbeelden van samenwerking tussen gammavakken. Landelijk Expertisecentrum Mens- en Maatschappijvakken. http://www.expertisecentrum-mmv.nl/wp-content/uploads/Tuithof_2018_watwerktalsjesamenwerkt.pdf

Van Kesteren, B. J. (1993). Applications of de Groot's 'Learner Report': a tool to identify educational objectives and learning experiences. *Studies in Educational Evaluation*, 19, 65-86.

Wing, J. M. (2006). Computational thinking. *Communications of the ACM*, 49(3), 33-35.
<http://www.cs.cmu.edu/afs/cs/usr/wing/www/publications/Wing06.pdf>

Yadav, A., Good, J., Voogt, J., Fisser, P. (2017). Computational Thinking as an Emerging Competence Domain. In: Mulder, M. (eds) *Competence-based Vocational and Professional Education. Technical and Vocational Education and Training: Issues, Concerns and Prospects*, vol 23. Springer, Cham.
https://doi.org/10.1007/978-3-319-41713-4_49

Yadav, A., Mayfield, C., Zhou, N., Hambrusch, S., and Korb, J. T. (2014) Computational thinking in elementary and secondary teacher education. *ACM Trans. Comput. Educ.* 14, 1, Article 5 (March 2014), 16 pages.

Yeni, S., Grgurina, N., Hermans, F., Tolboom, J., & Barendsen, E. (2021, October). Exploring Teachers' PCK for Computational Thinking in Context. In *The 16th Workshop in Primary and Secondary Computing Education* (pp. 1-10).
<https://doi.org/10.1145/3481312.3481320>

Zhang, X., & Specht, M. (2022). Towards a computer-assisted Computational Thinking (CT) assessment system in higher education. *CEUR Workshop Proceedings*, 3292, 12-21.

Appendix; beschrijving van de beroepsproducten per leerteam

Leerteam 1 formuleerde als centrale vraag voor leerlingen ‘Hoe kunnen wij meer te weten komen over het leven van een kind dat leefde tijdens de industriële revolutie?’ Dit beroepsproduct bestaat uit een lessenserie gebaseerd op uitgangspunten van het zogenaamde *International Middle Years Curriculum* (IMYC) ingebracht door de docent Engels in het leerteam. Het thema CT wordt overkoepelend geïntroduceerd en de afzonderlijke lessen kunnen in samenhang of los van elkaar gegeven worden. In de les wiskunde staat de werking van (eerste generatie) chatbots centraal. De les Engels gaat enerzijds over het ‘logisch ordenen en analyseren van informatie’ en maakt anderzijds leerlingen vaardiger in het stellen van vragen. Ook bij de les geschiedenis komt het procesmatig verzamelen van informatie aan de orde. Dit wordt gedaan in het kader van het verzamelen van informatie voor een chatbot. Het project eindigt met een loopbaanoriëntatie-opdracht waarin leerlingen gevraagd wordt om na te denken over hoe ze CT-vaardigheden in kunnen zetten in hun vervolgonderwijs. In de vaklessen wordt niet expliciet gemaakt welke CT-vaardigheden er nu precies geoefend worden door leerlingen. De centrale vraag lijkt zich meer te richten op het verwerven van informatie en op communicatie en het wordt niet duidelijk (naast het idee dat deze informatie in een chatbot verwerkt dient te worden) hoe de computer kan worden ingezet bij het aanpakken van deze vraag.

Leerteam 2 heeft een website gebouwd waarop zij een idee uiteenzetten voor een dagprogramma over vertaalmachines vanuit de schoolvakken Nederlands en wiskunde. Ook benoemen ze de mogelijkheid om te koppelen aan gedichten over WWI. Er is geen centrale vraag geformuleerd maar wel vakoverstijgende doelen: leerlingen leren de kracht en zwakte van een vertaalmachine benoemen door een probleem op te delen, patronen te herkennen, te abstraheren en algoritmes vast te leggen. Vragen waar leerlingen vervolgens mee aan de slag gaan zijn bijvoorbeeld ‘Hoe werkt de achterkant van een vertaalmachine?’, ‘Wat gaat er mis bij de vertaling door een mens of door een machine?’, ‘Wat is beter, de vertaling door een mens of de vertaling door een machine?’ en ‘Hoe kunnen de vertaalmachines worden aangepast zodat ze een betere vertaling kunnen genereren?’. In de les Nederlands leren leerlingen in een activerende werkvorm nadenken over het verschil tussen vertalingen van mensen en machines (Google Translate, ChatGPT). Bij wiskunde leren leerlingen over algoritmes aan de hand van voorbeeldzinnen met vertaling gegeven om de cosinusgelijkenis te onderzoeken. Leerlingen moeten het algoritme aanpassen zodat het werkt voor deze zinnen. In een afrondende opdracht presenteren leerlingen elkaars bevindingen. In deze lessen is er minder samenhang met een overkoepelende vraag. Aan de hand van verschillende problemen met betrekking tot vertalingen door machines leren leerlingen over de werking van AI. Daarbij wordt expliciet gemaakt hoe CT-vaardigheden worden geoefend, namelijk door iteratief een oplossing met een computer te testen en door de oplossing vanuit een vakperspectief te beoordelen.

Leerteam 3 werkt ook aan een chatbotproject en legt het accent op multiperspectiviteit. Het gaat dus niet om het chatten met één persoon. De centrale vraag voor leerlingen luidt: ‘Hoe kun je verschillende perspectieven een stem geven uit het verleden met behulp van moderne technologie?’ In afzonderlijke, op elkaar voortbouwende vaklessen werken leerlingen in deeltaken aan deze vraag en krijgen ze input vanuit het vak. In de les geschiedenis leren leerlingen feiten uit bronnen halen en verschillende perspectieven te formuleren. In de les Nederlands leren leerlingen het verschil tussen

computertaal en mensentaal en leren ze vragen te formuleren, wat ook gedaan wordt in de les Frans aan de hand van Franse bronteksten. Tot slot leren leerlingen aan de hand van de cosinus similarity hoe een chatbot antwoorden op vragen formuleert. De leerlingen sluiten het project af met het maken van een vlog waarin ze antwoord geven op de centrale vraag. In dit beroepsproduct wordt het idee van het ontwikkelen van een chatbot ingezet om verschillende vakinhouden aan elkaar te koppelen, waarbij de geschiedenisvraag centraal staat. Het wordt weinig expliciet hoe de computer wordt ingezet om het probleem van multiperspectiviteit aan te pakken en in hoeverre er in de lessen leerlingen oefenen met specifieke CT-vaardigheden. Ook is niet duidelijk in hoeverre de makers van het beroepsproduct zicht hebben op hoe CT-denken zichtbaar wordt in de vlog die leerlingen maken.

Leerteam 4 heeft een beroepsproduct opgebouwd waarin de vraag ‘Hoe kunnen leerlingen computational thinking inzetten bij het analyseren van spotprenten van de Koude Oorlog?’ centraal staat. Bij geschiedenis gaat de les over het beoordelen van spotprenten met tegenstrijdige perspectieven. Bij Engels denken leerlingen na over de vraag ‘Hoe kan de koppeling gemaakt worden tussen 1984 en de context van de Koude Oorlog?’ In de wiskundeles gaan leerlingen aan de slag met het matchingsalgoritme van een chatbot. Dit doen zij aan de hand van de input die leerlingen hebben verkregen vanuit de lessen Engels en geschiedenis.

Bij geschiedenis is het CT-doel dat leerlingen inzien dat ze een computer nodig hebben om de juiste spotprent bij de juiste stelling te koppelen. Nadat bij geschiedenis deze aanleiding is besproken, formuleren de leerlingen bij Engels steekwoorden bij spotprenten. Bij Engels creëren de leerlingen een woordenlijst die de input vormt voor het wiskundige onderdeel. Leerlingen maken kennis met het wiskundig inproduct en weten op welke manier dit samenhangt met het algoritme van een chatbot.

In deze opzet is er voor een domeinspecifieke invulling gekozen, namelijk het koppelen van zoektermen aan spotprenten en de vakken Engels en wiskunde zijn hierbij ondersteunend. Nadenken over hoe een computer kan worden ingezet bij deze opdracht kan leerlingen aan het denken zetten over CT.

Leerteam 5 heeft een vakoverstijgend project uitgewerkt waarin leerlingen werken aan een (fictieve) chatbot voor Anne Frank. De centrale vraag is hoe je een historisch kwalitatief goed gesprek met Anne Frank voert. Het project bestaat uit een kick-off-les, drie op zichzelf staande lessen geschiedenis, wiskunde en Nederlands en twee afsluitende lessen. In de vaklessen denken leerlingen na over de inhoud en vragen. Ook onderzoeken ze het verschil tussen mensentaal en computertaal aan de hand van vragen. Bij wiskunde leren leerlingen hoe een chatbot antwoord geeft op vragen. Het idee is dat leerlingen op een poster antwoord geven op de centrale vraag aan de hand van de input die tijdens de lessen is gegeven. Leerlingen gaan als afsluiting in discussie over de vraag of een dergelijke chatbot wel gemaakt mag worden. Als overkoepelende doelen formuleert dit leerteam: de leerling kan in een context mogelijkheden zien voor het inzetten van ICT, mogelijkheden en beperkingen van ICT inschatten en in diverse vakgebieden procedures en processen in de vorm van een algoritme beschrijven. Vooral in de lessen Nederlands en wiskunde krijgen leerlingen informatie over hoe een chatbot functioneert. Er wordt echter niet expliciet benoemd welke CT-vaardigheden worden geoefend. Leerlingen denken wel na over hoe een gesprek met een chatbot verloopt, maar bedenken niet hoe hier een computer voor kan worden ingezet.

Leerteam 6 heeft een website gemaakt over Alan Turing. Leerlingen krijgen de taak om een script van een gesprek met Alan Turing met behulp van een chatbot te ontwerpen aan de hand van vier subthema's (de Enigmacode, moreel oordelen, homoseksualiteit en het dagelijks leven tijdens WWII). Uit de analyse van deze website blijkt dat dit leerteam alle drie stappen grotendeels heeft verwerkt in het ontwerp. Dat blijkt uit het domeinspecifiek probleem (ontwerp een chatbot waarmee je met Turing kunt praten), het uitsplitsen van deeltaken in CT-termen en een terugkoppeling aan de hand van een rubric waarin leerlingen worden gevraagd te reflecteren op hun CT-oplossing. Aansturing op reflectie op het domeinspecifieke probleem ontbreekt.

In dit ontwerp heeft het leerteam doelen en leeractiviteiten geformuleerd die zijn gekoppeld aan het schrijven van een script. Zo moeten leerlingen bij het specificeren van hun probleem een onderzoekje doen naar relevante informatie voor het gesprek dat ze willen nabootsen. Het nadenken over een logische volgorde in hoofd- en deelvragen wordt gezien als een stapsgewijze algoritmische oplossing bij het schrijven een script.