

Excel in de klas bij probleemoplossen

Computational thinking

als gereedschap bij reken-wiskunde problemen

Jos van den Bergh, Avans Hogeschool Pabo Breda &

Malmberg: De Wereld in Getallen 5

Inleiding

Bloom onderscheidt lagere en hogere denkniveaus. Het denken van lagere orde, zoals onthouden en reproduceren, begrijpen en toepassen, is voorwaardelijk voor het hogere orde-denken. Hogere orde-denkvragen gaan over analyseren, evalueren en creëren. Deze denkactiviteiten zijn voor begaafde leerlingen essentieel, maar voor alle kinderen aan te bevelen. Alle kinderen dienen immers in hun denken uitgedaagd te worden. Vandaar de aandacht voor de zogeheten 21e eeuwse vaardigheden waarin de hogere-orde denkvaardigheden prominent vertegenwoordigd zijn (Janson, 2014). Binnen reken-wiskundedidactiek wordt al jarenlang gepleit voor meer aandacht voor probleemoplossen in de klas als middel om kinderen te leren denken (Treffers, 1989).

In dit hoofdstuk schets ik aan de hand van twee voorbeelden hoe leerkrachten hun leerlingen kunnen stimuleren om bij het oplossen van rekenwiskundige problemen de computer succesvol in te zetten. Het gaat hierbij om het uit handen nemen van het achterliggende rekenwerk, niet zoals bij het hanteren van een rekenmachine, maar op een geavanceerder niveau. Door gebruik te maken van formules in een *spreadsheet* programma kan het ambachtelijke rekenwerk allemaal in één keer gedaan worden, zodat de kinderen hun aandacht volledig kunnen richten op het interpreteren van de resultaten en daardoor op het oplossen van problemen. Met het oplossen van problemen komen tegelijkertijd vaardigheden uit de categorie *computational thinking* in beeld. Om de kinderen op een niveau te brengen dat ze Excel als gereedschap kunnen inzetten, is een minicursus toegevoegd. Deze bestaat uit een oefenbestand en een docentenhandleiding. De opbrengst is dus tweeledig: enerzijds krijgen de kinderen gereedschappen in handen waarmee problemen opgelost kunnen worden en anderzijds leren de kinderen enkele grondbeginselen van het programmeren kennen.

Het belang van leren programmeren

Je kunt geen boek of website over onderwijs in de 21^e eeuw openen zonder als lezer gewezen te worden op het belang van programmeren. Programmeren is een vaardigheid die steeds belangrijker wordt in onze maatschappij. Het verbetert het creatief en logisch denken en stimuleert het probleemoplossend vermogen. Het zou niet geïsoleerd aandacht moeten krijgen, maar geïntegreerd binnen een of meer vakgebieden. De combinatie met rekenen-wiskunde is daarvoor een goede kandidaat.

Diverse landen hebben inmiddels hun ict-onderwijs vernieuwd. Zo krijgt in het Verenigd Koninkrijk elke leerling van 5 tot en met 16 jaar sinds september 2014 les in informatica (*computing*). Wie kan programmeren heeft (later) betere kansen op de arbeidsmarkt en in een groeiende technologiesector is dat belangrijk, zo is de gedachte hierachter. Ook in Nederland heeft het nadenken over *computational thinking* geleid tot een leerlijn programmeren (SLO, 2013). Veel van de onderdelen van die leerlijn zijn vertaald in zogeheten *unplugged* activiteiten¹. Dat zijn activiteiten waarbij geen gebruik wordt gemaakt van ict of *devices*, zodat scholen er op een laagdrempelige manier mee aan de slag kunnen. Maar voor kinderen is het natuurlijk ook inspirerend om direct het effect van hun programmeerinspanningen te kunnen zien. Dit hoofdstuk laat zien hoe dergelijke succeservaringen vorm gegeven kunnen worden.

Bij de ontwikkeling van *spreadsheet* programma's enkele decennia geleden, hadden de bedenkers niet voor ogen om een bestaande praktijk te automatiseren, maar vooral om de nieuwe mogelijkheden die computers konden bieden te benutten. Het ging om een dynamische toepassing. In een grote tabel worden de cellen door middel van formules met elkaar in verband gebracht. Door vervolgens een enkel getal in de grote tabel te veranderen, worden daarna direct alle formules in het werkblad opnieuw doorgerekend. En kunnen daarmee op een eenvoudige manier de gevolgen van verschillende scenario's doorgerekend worden.

Programmeren in Excel, wat bedoelen we daar eigenlijk mee?

De meeste gebruikers van Excel beperken zich tot de handige tabelmogelijkheden. Ook het gebruik van de somfunctie om een aantal getallen bij elkaar op te tellen en de snelle grafiekenmaker zijn voor veel gebruikers niet vreemd. Maar de meer geavanceerde mogelijkheden waarbij allerlei fundamentele programmeerprincipes kunnen worden toegepast zien we slechts bij een gering percentage gebruikers. Zeker in het primair onderwijs blijven die mogelijkheden vaak onbenut. Voor kinderen biedt Excel echter uitgelezen kansen om kennis te maken met het verschijnsel coderen. Met programmeren in Excel bedoelen we het aanbrenge van gecodeerde opdrachten in de vorm van formules, waarmee complexe doorrekeningen kunnen worden gemaakt.

Om de kinderen een rekentool als Excel te laten leren gebruiken bij het oplossen van problemen, is het nodig hen eerst een beetje vertrouwd te maken met de formulemogelijkheden van Excel. Voor dat doel is in de bijlage bij dit hoofdstuk een oefenbestand en een handleiding toegevoegd waarmee elke leerkracht in groep 7 of 8 zijn leerlingen op speelse wijze kan laten werken. Wanneer die basis is gelegd kunnen kinderen leren sommige rekenwiskundige problemen op te lossen met behulp van Excel.

¹ Zie de hoofdstukken van Rens Gresnigt, Lou Slangen & Wim Brouwer en van Vincent Jonker & Monica Wijers.

Twee mooie verjaardagproblemen

Als wiskundeleraar was ik in de gelukkige omstandigheid dat mijn dochter op mijn dertigste verjaardag werd geboren. In de eerste plaats was ik voor de tweede keer vader geworden en op de tweede plaats leverde dit kansen op mooie rekenvragen op, want elk jaar op onze verjaardagen kon ik de vraag stellen (maar niet aan mijn dochter hoor) hoeveel keer zo oud ik was (geworden) als mijn dochter. In sommige jaren leverde dat een mooi geheel getal op, zoals bijvoorbeeld op haar derde verjaardag omdat $33 : 3 = 11$, dus met een rest van 0. In andere jaren was dat niet het geval, zoals op haar vierde, want $34 : 4 = 8$ rest 2. De voor de hand liggende vragen die opborrelen zijn de volgende: hoe vaak gebeurt het dat mijn leeftijd een geheel aantal keer haar leeftijd is? En dan natuurlijk: hoe komt dat, hoe zit dat precies?

Een ander mooi probleem met leeftijden is het volgende. Mijn broer merkte tijdens onlangs op dat zijn leeftijd, 59, en die van mijn moeder, 95, als het ware omgekeerd waren. *Ja, zei mijn moeder, maar ik herinner me dat het 33 jaar geleden ook zo was. Toen was ik namelijk 62 en jij 26.* De batterij vragen die nu om een antwoord schreeuwen zijn: Hoe komt dat, of is het toeval? Gebeurt dat nog vaker? Is het bij elke twee leeftijden op den duur een keer zo dat je beide getallen kunt omkeren?

Leren over de werking van de computer door problemen op te lossen met behulp van de computer

Beide problemen zijn heel goed met eenvoudige wiskunde op te lossen, maar leerlingen in het basisonderwijs beschikken nog niet over voldoende wiskundig arsenaal om zo'n probleem onmiddellijk te lijf te gaan. Wel is het gewoonweg proberen (aankommelen) en onderzoeken een kansrijke aanpak. En als je dan al het nodige rekenwerk kunt uitbesteden is dat een welkome omstandigheid, omdat je je dan helemaal kunt concentreren op het probleem zelf. Dat is de kracht van de in dit hoofdstuk beschreven werkwijze. De leerlingen uit groep 7/8 leren bij probleemoplossen gebruik te maken van de computer en wel van de programmeermogelijkheden ervan. Dus niet alleen is de inzet van de computer bedoeld om het afzonderlijke rekenwerk uit te besteden, maar vooral om te leren hoe je dat heel efficiënt kunt doen.

De ontdekking dat het aantal keer dat het verjaardagsverschijnsel zich voordoet overeen komt met het aantal delers van dertig, doet het vermoeden rijzen dat dit voor andere leeftijden ook op zal gaan. Dit vermoeden kan opnieuw getest worden door het in Excel te programmeren.

Om dit probleem op te lossen zijn verschillende wegen te bewandelen. Je kunt natuurlijk eerst gewoon wat proberen en dan besluiten om alle mogelijkheden uit te zoeken door er een lijstje van te maken. Je zou ook direct een meer wiskundige oplossing kunnen proberen te vinden. Kinderen die ik dit probleem voorlegde, gingen als vanzelf aan de slag met het samenstellen van een lijstje. Bij deze aanpak kun je mooi gebruik maken van de technische hulpmiddelen die tegenwoordig alom

beschikbaar zijn. Ik beschrijf hieronder hoe je met Excel het bedoelde lijstje kunt laten ontstaan.

Bij probleemoplossen gaat het uiteraard niet alleen over de zoektocht naar het antwoord, maar vooral ook om na te denken over de zelfbedachte en zelf geconstrueerde hulpmiddelen om dat antwoord te vinden. De strekking van dit hoofdstuk is dan ook handreikingen te bieden om leerlingen zich bewust te maken van de onder handbereik liggende gereedschappen en de manier waarop deze ingezet kunnen worden.

De uitwerking van het leeftijdenprobleem

We beginnen met twee kolommen waarin de leeftijden van vader en dochter komen, dus typen we (Afb. 1):

	A	B
1	leeftijd	
2	dochter	vader
3	0	30

Afb. 1. Twee kolommen.

Nu zou je eronder in rij 4 de getallen 1 en 31 kunnen typen, in de volgende rij 2 en 32 en zo verder, maar in plaats daarvan laten we liever Excel het werk doen. Dus in plaats van de getallen die zojuist werden voorgesteld typen we formules die die getallen opleveren. Dus onder de 0 in cel A3 plaatsen we in cel A4 de formule $=A3+1$ (cel boven plus 1), gevolgd door **Enter**. In cel A3 verschijnt dan 1, de uitkomst van de formule die we zojuist hebben geplaatst. In de werkbalk zie je de formule $=A3+1$ nog staan. Je kunt de formule in zijn geheel via het toetsenbord invoeren, dus typen, maar er zijn ook andere manieren. Meestal zijn andere manieren aan te bevelen omdat typewerk gemakkelijk tot fouten kan leiden. Alles wat je typt moet immers volledig correct zijn. Nadat je op **=** hebt gedrukt, kom je in de formule-invoermodus en leidt het klikken op een cel tot het plaatsen van de naam van die cel in de werkbalk.

In cel B4 komt een formule die de leeftijd van vader berekent, gegeven de leeftijd van de dochter. Dus een geschikte formule is hier: $=A4+30$ (cel links plus 30). Maar iemand zou kunnen opmerken dat in de kolom van de leeftijden van vader evengoed de formule $=B3+1$ (cel boven plus 1) zou kunnen komen te staan. Dat is volkomen juist; soms blijken er meer wegen naar Rome. Nu in de cellen A4 en B4 de juiste formules staan, is de rest een kwestie van kopiëren. Dus selecteer beide cellen A4 en B4 (dat heet in Excel een cellenbereik en wordt genoteerd als $A4:B4$) en gebruik de vulgreep² om de formules gelijktijdig naar beneden te kopiëren. Het gevolg is (Afb. 2):

² Zie de bijlage bij dit hoofdstuk *Zoek de formule – Handleiding voor de leerkracht*.

	A	B
1	leeftijd	
2	dochter	vader
3	0	30
4	1	31
5	2	32
6	3	33
7	4	34
8	5	35
9	6	36
10	7	37

Afb. 2. Het begin is er...

Nu de leeftijden netjes in twee rijen naast elkaar staan kunnen we zien hoe de situatie elk jaar op de verjaardag is. De volgende stap is om Excel te instrueren om die gevallen waarbij het getal in kolom B deelbaar is door het getal in kolom A eruit te vissen. Dat gaat eenvoudig door gebruik te maken van twee standaard in Excel aanwezige functies. De ene functie berekent de rest bij een deling en de andere functie, de zogeheten **ALS**-functie, beschrijft een voorwaardelijke situatie. De opbouw van het werkblad gaat nu stapsgewijs, waarbij elke keer als er iets berekend is er een nieuwe kolom wordt benut om dat tussenresultaat te noteren. In een latere fase gaan we deze tussenresultaten combineren zodat een overzichtelijk werkblad ontstaat waarbij het onderliggende rekenwerk aan het zicht wordt onttrokken.

We beginnen met de rest bij deling door een getal. Deze functie heet in Excel **REST** en heeft twee variabelen. De eerste variabele is het getal dat gedeeld gaat worden, de tweede het getal waardoor gedeeld wordt. De functie levert dan als resultaat niet de deling zelf op, maar alleen de rest bij die deling. Dus de formule **=REST(B4;A4)** levert als uitkomst **0** op want B4 (**31**) gedeeld door A4 (**1**) geeft als uitkomst 1 met rest 0. Kopieer deze formule in C4 naar beneden met de vulgreep.

Nu we weten wat de rest is bij deling, kunnen we zien in welke gevallen die rest 0 is (en de deling dus opgaat). In die gevallen wil je niet alleen de rest zien maar ook de uitkomst van de deling, namelijk hoeveel keer zo oud de vader is als de dochter. Voor situaties als deze waarbij afhankelijk van de uitkomst van een bewerking een vervolgberekening moet worden uitgevoerd of niet, gebruiken we de **ALS**-functie van Excel. Elke programmeertaal kent een dergelijke voorwaardelijke functie. In Excel heeft ie de gedaante: **=ALS(<voorwaarde>;<dan dit>;<anders dit>)**, waarbij tussen de gebroken haakjes **<** en **>** opdrachten staan die Excel kan uitvoeren. In ons geval is de voorwaarde om na te gaan of in de vorige kolom een 0 staat, in welk geval de deling B4/A4 moet worden uitgerekend. Als in de vorige kolom echter geen nul staat, dan hoeft er nu niets te gebeuren. In Excel geven we dat aan met **""** (dubbele aanhalingstekens openen, onmiddellijk gevolgd door dubbele aanhalingstekens sluiten). Als je die laatste opdracht weglaat, wat ook mag, dan geeft Excel echter als uitkomst **0** en dat vind ik minder fraai, vandaar. Ook deze **ALS**-formule kopiëren we weer omlaag met behulp van de vulgreep.

Nu is het werkblad bijna volledig ingericht. Er zijn nog twee zaken die de aandacht vragen. Ten eerste hoe ver het werkblad moet doorlopen naar beneden en ten slotte hoe veel keer de deling een heel getal heeft opgeleverd. Een antwoord op de eerste vraag is indachtig de leeftijdencontext dat 100 voldoende zou moeten zijn, maar een oplettende leerling zal opmerken dat wanneer het moment is gepasseerd dat vader precies twee keer zo oud is als zijn dochter er niet meer verder hoeft te worden gezocht. Immers, je realiseren dat *één keer zo oud* hetzelfde betekent als *even oud* is voldoende om in te zien dat dat natuurlijk nooit gaat gebeuren. Dus is kopiëren tot het moment dat vader twee keer zo oud is als zijn dochter voldoende. Wanneer dat is, zal hopelijk een leerling opmerken, is natuurlijk “als dochter de leeftijd heeft die vader had toen dochter geboren werd.” Omwille van de bruikbaarheid verderop kiezen we er toch voor om de leeftijd van de dochter door te laten lopen tot 100 in cel A103. Ten slotte moet er nog iets geteld worden. Ook dat kan eenvoudig met de functie **AANTAL**, die het aantal cellen in een bereik telt dat getallen bevat. De werkwijze is om onder de kolom waarin de getallen staan die aangeven hoeveel keer zo oud vader is als zijn dochter cel C104 te vullen met de formule **=AANTAL(C3:C103)**.

Tot besluit geven we nog een paar tips om het werkblad zo overzichtelijk mogelijk te houden (Afb. 3). Het is verstandig om boven elke kolom kort aan te geven wat de getallen in die kolom voorstellen, zodat je later in een oogopslag nog kunt zien wat het werkblad doet. Het aantal kolommen is nog wat terug te brengen door handige combinaties van functies te gebruiken. Zo kun je kolom C en kolom D samenvoegen door in C4 de beide formules te vervangen door deze ene: **=ALS(REST(B4;A4)=0;B4/A4;””)**

	A	B	C
1	leeftijd		aantal keer
2	dochter	vader	keer zo oud
3	0	30	
4	1	31	31
5	2	32	16
6	3	33	11
7	4	34	

Afb. 3. Overzichtelijk gemaakt.

De oplossing van het probleem is nu onderin het werkblad te vinden, maar dat kun je met een eenvoudig trucje ook bovenin zichtbaar maken door een verwijzing naar de cel die het aantal hits telt (Afb. 4). Zo hoef je niet naar beneden te scrollen om het resultaat te zien. In D1 type je dus **=C104**.

Als laatste stap kun je, zoals in de afbeeldingen te zien is, het startgetal 30 in cel B3 een kleurtje geven. Door in deze cel een ander getal te typen zie het hele werkblad onmiddellijk veranderen en is daarmee het werkblad een soort experimenteerruimte geworden.

D1				: ✕ ✓ <i>fx</i> =C104	
	A	B	C	D	
1	leeftijd		aantal keer	8	
2	dochter	vader	keer zo oud		
3	0	30			
4	1	31	31		
5	2	32	16		
6	3	33	11		

Afb. 4. Aantal keer.

Reflectie

Nu je in een handomdraai kunt zien hoe vaak het verschijnsel voorkomt bij een willekeurige leeftijd van vader, ontstaat de behoefte aan een verklaring voor dat verschijnsel.

Je kunt jezelf afvragen of het toeval is dat in kolom C precies acht keer een geheel getal voorkomt, en dat het aantal delers van dertig ook precies acht is. Welnu, dit zijn de acht delers van dertig: 1, 2, 3, 5, 6, 10, 15, 30, en dat zijn precies de getallen uit kolom A waar een getal uit kolom C bij hoort. Dat is geen toeval. Laten we bijvoorbeeld eens naar rij 5 kijken. Daar staan de getallen 2, 32 en 16. Nu geldt:

$$32 : 2 = (30 + 2) : 2 = 30 : 2 + 2 : 2 = 15 + 1 = 16.$$

En kijken we bijvoorbeeld naar rij 13, dan staan daar: 10, 40 en 4. Nu geldt:

$$40 : 10 = (30 + 10) : 10 = 30 : 10 + 10 : 10 = 3 + 1 = 4.$$

En dit kun je steeds zo doen elke keer als je een deler van dertig tegenkomt. Dus het aantal keer dat de leeftijd van vader precies een geheel aantal keer de leeftijd van dochterlief is, is precies gelijk aan het aantal delers van de leeftijd van vader (bij de geboorte van zijn dochter). Dus we hebben met dit werkblad een methode in handen om snel alle delers van een getal onder de 100 te vinden. Door in cel B3 een ander startgetal in te voeren, verschijnt in het gele vakje D1 onmiddellijk het aantal delers van dat ingevoerde getal. Het werkblad is nu geschikt om op een hoger niveau een verdiepingsslag te maken. Bijvoorbeeld om antwoord te krijgen op vragen als *welke getallen onder de honderd hebben precies acht delers?*

Extra uitdaging

Een kleinzoon is op dezelfde dag jarig als zijn grootvader. Op de dag dat hij zes jaar wordt, ontdekt zijn moeder dat de leeftijd van haar zoon voor het zesde achtereenvolgende jaar een deler is van de leeftijd van zijn opa nu. Hoe oud is opa op dat moment?

Het probleem van de omkeercijfers

Het tweede probleem laat zich ook eenvoudig programmeren, zoals we nu laten zien. Je richt het werkblad weer zo in dat je later nog begrijpt wat de getallen voorstellen. Dan komt bijvoorbeeld in A5 de leeftijd van de zoon en in B5 de leeftijd van de moeder (Afb. 5). Om te ontdekken of deze omkering in het verleden ook optrad, komen er formules in A6 en B6 die ervoor zorgen dat de tijd terugloopt. Dus in A6 komt $=A5-1$ en in B6 komt $=B5-1$. Omdat beide formules hetzelfde zijn, kun je de eerste formule ook kopiëren naar de cel ernaast met behulp van de vulgreep. Met diezelfde vulgreep kopieer je vervolgens beide formules naar beneden en zie je direct de omkeergegetallen 48 en 84 verschijnen, dus elf jaar eerder. Dit is een eerste versie waarmee je de omkeergegetallen nog zelf eruit pikt en bijvoorbeeld een kleurtje geeft. Wie meer wil kan de omkeergegetallen ook door Excel laten opsporen.

Om dit voor elkaar te krijgen laat je Excel van de getallen in kolom A en B het aantal tientallen en het aantal eenheden uitrekenen. Vervolgens dient Excel te controleren of het aantal tientallen in het ene getal gelijk is aan het aantal eenheden in het andere getal en tegelijkertijd het aantal eenheden in het eerste getal gelijk is aan het aantal tientallen in het andere getal. In dat laatste geval blijken de beide getallen op dezelfde rij namelijk omkeergegetallen te zijn. Bij deze stappen kun je gebruik maken van de functie $REST(a;b)$ die de rest van een geheel getal a bij deling door een geheel getal b berekent. Met deze functie kun je het aantal eenheden van een getal bepalen, dat is namelijk de rest bij deling door tien van dat getal. Daarna is het cijfer van de tientallen te vinden door eerst het zojuist gevonden eindcijfer van het oorspronkelijke getal af te halen en daarna de uitkomst te delen door tien. Bij 48 worden de tussenresultaten dan:

$REST(48;10) = 8$, $48 - 8 = 40$, $40 : 10 = 4$. Dit idee bouwen we als volgt in in kolom C, D en E: in C5 komt $=REST(A5;10)$, in D5 komt: $=A5-C5$. En in E5 komt: $=D5/10$. Hetzelfde doen we in de kolommen F, G en H met het getal in kolom B, dus F5 wordt $=REST(B5;10)$, G5 wordt: $=B5-F5$ en H5 wordt: $=G5/10$. Nu kan eenvoudig getest worden of de getallen in A en B omkeergegetallen zijn. We gebruiken de volgende kolom I voor deze test. De programmeercode die hiervoor nodig is lijkt veel op gewone taal: $=EN(C5=H5;E5=F5)$. De EN-functie kan slechts twee mogelijke antwoorden opleveren: WAAR of ONWAAR. Het antwoord WAAR treedt op als beide condities waar zijn. Dit betekent dat in deze kolom het woordje WAAR komt te staan als de getallen omkeergegetallen blijken te zijn en ONWAAR wanneer dat niet het geval is. Wil je ook nog weten hoe vaak het omkeerverschijnsel optreedt, dan noteren we in

	A	B	C
1	Leeftijden die je kunt omkeren		
2			
3			
4	Zoon	Moeder	
5	59	95	
6	58	94	
7	57	93	
8	56	92	
9	55	91	
10	54	90	
11	53	89	
12	52	88	
13	51	87	
14	50	86	
15	49	85	
16	48	84	
17	47	83	
18	46	82	
19	45	81	

Afb. 5. Lijst met omkeercijfers.

kolom J de formule =ALS(I5;1;0). De betekenis van deze code is: als de inhoud van de vorige cel (I5) WAAR is dan wordt de uitkomst 1 en anders wordt de uitkomst 0.

Finishing touch

Nu je met zorg de formule in rij 5 hebt aangebracht kun je de vruchten van je werk plukken. Selecteer de cellen over de gehele breedte van C5 tot en met J5 en kopieer de formules met behulp van de vulgreep naar beneden. Je ziet nu dat alle cellen zich razendsnel vullen met passende inhoud en dat in de laatste kolom een 1 staat wanneer er sprake is van omkeertallen. Die blijken elke elf rijen op te treden, dus wat moeder zei over 33 jaar geleden klopte wel, maar het gebeurde nog veel vaker.

Tot besluit

In een kort bestek is hier een aantal basale programmeerinstructies is langsgekomen. Naast de bekende hoofdbewerkingen +, -, * (voor vermenigvuldigen) en / (voor delen) zijn dat ook de functies REST, EN, SOM en ALS. Met dit stelletje aan coderingsmogelijkheden zijn voor kinderen al ongelooflijk veel toepassingen te bouwen, en is een krachtig gereedschap onder handbereik gekomen om Excel in te zetten bij het oplossen van rekenwiskundige problemen. Een probleem dat ook heel mooi opgelost kan worden op deze manier is *het rijtje van 100*. Een uitwerking hiervan staat in de bijlage van dit hoofdstuk.

Voor wie de smaak te pakken heeft gekregen staat in de tweede bijlage van dit hoofdstuk nog een aantal problemen uit het *Ei van Columbus*, de vaste problemenrubriek in het rekentijdschrift *Volgens Bartjens*, die ook uitnodigen om geprogrammeerd te worden.

Computational thinking

Computational thinking is onderdeel geworden van de 21e eeuwse vaardigheden. Programmeren is een manier waarop leerlingen aan hun *computational thinking* vaardigheden kunnen werken. De definitie van SLO van *computational thinking* is:

Computational thinking is het procesmatig (her)formuleren van problemen op een zodanige manier dat het mogelijk wordt om met computertechnologie het probleem op te lossen. Het gaat daarbij om een verzameling van denkprocessen waarbij probleemformulering, gegevensorganisatie, -analyse en -representatie worden gebruikt voor het oplossen van problemen met behulp van ICT-technieken en -gereedschappen (<http://curriculumvandetoekomst.slo.nl/>).

Verder lezen?

Meer informatie over *computational thinking* is te vinden op de website Curriculum van de Toekomst van SLO: <http://curriculumvandetoekomst.slo.nl>.

Literatuur

Janson, D. (2014). Leren denken als basis voor succes op school. <http://wij-leren.nl/leren-denken.php>
SLO. (2013). Leerlijn programmeren stoomt kinderen klaar voor de toekomst. <http://www.slo.nl/nieuws/persbericht-leerlijn-programmeren/>
Treffers, A. & De Moor, E. (1989). *Proeve van een nationaal programma voor het Reken-Wiskunde-onderwijs op de basisschool. Deel 1: Overzicht Einddoelen*. Tilburg: Zwijzen.

Van den Bergh, Jos. (2017). Excel in de klas bij probleemoplossen. Computational thinking als gereedschap bij reken-wiskundeproblemen. In: M. van Zanten (red.). *Rekenen-wiskunde in de 21^e eeuw. Ideeën en achtergronden voor primair onderwijs* (pp. 151-159). Utrecht / Enschede: Panama, Universiteit Utrecht / NVORWO / SLO.