

Maarten Müller

Scholengemeenschap Marianum

Groenlo

m.muller@marianum.nl

Onderwijs

Op weg naar een nieuw curriculum

In ieder land ter wereld wordt er op gezette tijden bekeken of het curriculum nog voldoet aan de eisen die de huidige maatschappij stelt aan leerlingen. Ook in Nederland is recentelijk weer zo'n proces in gang gezet en loopt er sinds 2017 een traject om te komen tot modernisering van de kerndoelen en examenprogramma's van primair onderwijs en voortgezet onderwijs. Dit traject heet curriculum.nu en kan ook op de website met die naam gevolgd worden. Net als voor acht andere leergebieden is er voor rekenen en wiskunde een ontwikkelteam samengesteld uit leraren die als taak kregen bouwstenen te ontwikkelen voor nieuwe curricula. Een verslag van Maarten Müller, lid van het ontwikkelteam en zelf eerstegraads docent wiskunde op scholengemeenschap Marianum te Groenlo.

Na een proces waarin iedereen in verschillende rondes feedback kon leveren, werd op 10 oktober 2019 het eindproduct aangeboden aan minister Slob, waarna nu de politiek aan het woord is over hoe het vervolg eruit zal zien. Door de coronacrisis zit er op dit moment even geen schot in de zaak, dus het is nog onbekend wanneer er duidelijkheid komt over dat vervolg. Het eindproduct heeft wel een andere status dan in het begin beoogd werd. Zo is het niet gelukt om binnen de gestelde tijd een curriculum voor het gehele primair en voortgezet onderwijs te schrijven. Voor de bovenbouw van havo en vwo is op dit moment een aantal aanbevelingen gedaan, maar er is nog veel te bespreken voordat de examenprogramma's daadwerkelijk geactualiseerd kunnen worden. In een vervolgt traject zal het curriculum voor de bovenbouw van havo en vwo alsnog nader ingevuld worden. Uiteraard kan dit ook weer gevolgd hebben voor de on-

derbouw van havo en vwo en het primair onderwijs. Bovendien moeten nog andere aspecten bekeken worden die ook invloed kunnen hebben op het curriculum. Hierbij valt te denken aan het onderzoeken van de haalbaarheid van de voorgestelde modernisering door middel van pilots. Ook moet nagedacht worden over toetsing van de nieuw opgestelde leerdoelen.

In dit artikel wil ik, als lid van het ontwikkelteam Rekenen & Wiskunde van curriculum.nu, antwoord geven op de vraag wat we kunnen verwachten aan veranderingen in de onderbouw van het voortgezet onderwijs en alvast enkele vragen neerleggen die in een vervolgt raject beantwoord moeten worden. Ik zal me in dit artikel beperken tot havo en vwo, met de kanttekening dat er nog een hoge mate van onzekerheid is over hoe het geheel er uiteindelijk uit zal zien. De richting van de modernisering is wel al zichtbaar en die toon ik u in dit artikel.

Ik begin met een beschrijving van de problemen die het curriculum beoogt op te lossen, waarna de achterliggende overwegingen om tot praktische invulling te komen besproken worden. Ik sluit af met voorbeelden van voorgestelde wijzigingen in twee wiskundige kennisdomeinen en twee wiskundige denk- en werkwijzen.

Problemen en oplossingen

Het ontwikkelteam heeft eerst een visiedocument opgesteld. Daarin is een aantal redenen opgesomd om voor het vakgebied rekenen en wiskunde tot een nieuw curriculum te komen. Deze zijn

1. De veranderende positie van wiskunde in de maatschappij [12].
2. Een dalend beheersingsniveau bij de betere leerlingen [7,8].
3. Manco's in de doorlopende leerlijnen (in het bijzonder van primair onderwijs naar voortgezet onderwijs en van vmbo naar havo [14].
4. Gebrek aan samenhang en afstemming met andere vakken [10,13].
5. Gebrek aan motivatie onder leerlingen voor het vak wiskunde [7,8].

De genoemde redenen hebben geleid tot doelstellingen die met het nieuwe curriculum behaald moeten worden. Ik heb hierbij zelf het volgende lijstje gemaakt. Dit zijn niet de enige zes doelstellingen, maar voor

mij persoonlijk wel de meest in het oog springende

- Een goede balans tussen wiskundige kennisdomeinen en wiskundige denk- en werkwijzen.
- Zowel aandacht voor formele wiskunde als voor functionele wiskunde en de juiste balans daartussen.
- Het introduceren van reken- en wiskundeconcepten binnen de vakken rekenen en wiskunde voordat ze nodig zijn bij andere vakken.
- Een basis aan wiskunde voor iedereen, met daarin rekenen, verbanden en statistiek.
- Op elkaar aansluitende en vloeiend in elkaar overgaande leerlijnen en 'opstroomlijnen' (bijvoorbeeld van vmbo naar havo).
- Voldoende mogelijkheden tot uitdaging voor alle leerlingen op elk moment in hun onderwijsloopbaan.

Voor een uitvoerige bespreking van deze doelstellingen en mogelijke consequenties voor het curriculum, verwijs ik naar het eindproduct van het ontwikkelteam [3]. De reden om ze hier toch te noemen is dat de inhoudelijke keuzes die gemaakt zijn volgen uit deze doelstellingen.

Visie op wiskundeonderwijs

Wij vonden in het wiskundeonderwijs veel overeenstemming over de visie dat het doel van wiskundeonderwijs enerzijds is dat leerlingen de basiskennis beheersen en anderzijds ervaren 'hoe wiskunde werkt'

en hoe ze dat in leven en beroep kunnen toepassen. In lijn daarmee heeft het ontwikkelteam gekozen voor een raamwerk dat recht doet aan beide aspecten: de leerlingen leren de nodige basiskennis op beheersingsniveau, maar krijgen ook vaardigheden om op een wiskundige manier te werk te gaan in bijvoorbeeld kwantitatieve probleemsituaties en toepassingen. Dit raamwerk wordt zichtbaar in het wiskundeweb in Figuur 1.

In het wiskundeweb is de inhoud, ingedeeld in dertien domeinen, zichtbaar. De lijnen geven aan dat alle inhoud in samenhang kunnen worden aangeboden. In echte situaties is het nauwelijks mogelijk om geheel binnen één domein te blijven. Deze domeinen hebben in het rapport de naam 'grote opdrachten' gekregen.

De wiskundige kennisdomeinen zijn soms doel, terwijl de wiskundige denk- en werkwijzen middel zijn. Op andere momenten is dit precies andersom.

De wiskundige kennisdomeinen (in het donkerblauw) kennen een traditionele indeling. De indeling in de denk- en werkwijzen (in het lichtblauw) verenigt de toetskaders van TIMSS [9] en PISA [11], het Referentiekader rekenen [5] en de wiskundige denkactiviteiten uit de bovenbouw van havo en vwo [2].

Voor veel leerkrachten en docenten is dit niet nieuw, maar Drijvers en Kodde-Buitenhuis [4] beschrijven dat het toch erg lastig is om de denk- en werkwijzen blijvend prominent in de examens terug te zien. Dat maakt dat het belangrijk blijft

om ze te noemen en expliciet op te nemen in het curriculum. Zeker ook omdat het onderwijs zich in sterke mate richt op hetgeen getoetst wordt.

Voor een meer uitvoerige beschrijving van de wiskundige kennisdomeinen en de wiskundige denk- en werkwijzen wil ik wederom verwijzen naar het eindproduct van het ontwikkelteam [3] en naar de voorbeelden die volgen in het tweede deel van dit artikel.

Leidend bij het maken van keuzes is steeds geweest wat de veranderende maatschappij vraagt van toekomstige deelnemers aan deze maatschappij in zowel hun werk- als hun privéomgeving. Ook dit maakt dat de expliciete aandacht voor wiskundige denk- en werkwijzen van belang is en hiermee wordt ook aangesloten bij eerder ingezette ontwikkelingen, zowel in Nederland als internationaal.

De veranderende maatschappij

In de huidige maatschappij is het minder van belang goed cijferend te kunnen rekenen of standaardprocedures te kunnen uitvoeren. Dat betekent dat de reden om zich deze vaardigheden eigen te maken een andere is dan voorheen. De balans verschuift daarmee van louter procedurele kennis naar meer conceptuele kennis over bewerkingen.

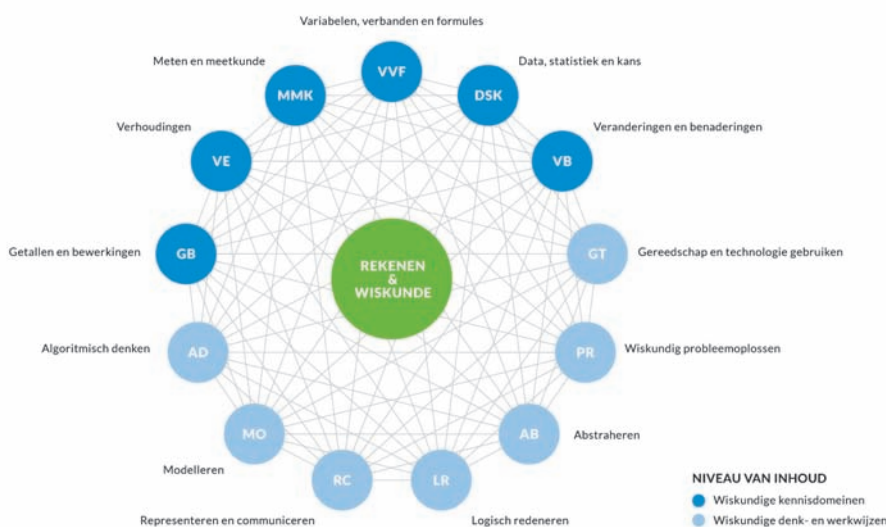
Om vervolgstappen te kunnen maken, is het van groot belang een solide procedurele basis te hebben die gebaseerd is op begrip. Als je bijvoorbeeld de regels van algebra goed wilt kunnen toepassen, moet je eerst goed snappen hoe je met getallen kunt rekenen. Hieronder twee voorbeelden.

Voorbeeld 1

Om $6 \cdot \frac{x-2}{3}$ te kunnen herleiden tot $2(x-2)$, is het belangrijk dat leerlingen weten dat je de volgorde van de bewerkingen vermenigvuldigen en delen kunt omdraaien en op welke manier je dat doet. Ze zullen zich er dus bijvoorbeeld bewust van moeten zijn dat $12 \times 43 : 6$ veranderd mag worden in $12 : 6 \times 43$.

Voorbeeld 2

Het herleiden van $\frac{x+3}{x-2}$ tot $\frac{(x-1)(x+3)}{(x-2)(4+x)}$ lukt alleen als leerlingen weten dat je teller en noemer van een breuk met dezelfde factor mag vermenigvuldigen of dat delen door een breuk hetzelfde is als vermenigvuldigen met het omgekeerde van een breuk.



Figuur 1 Twee typen leerdoelen volgens het ontwikkelteam Rekenen & Wiskunde van curriculum.nu [3].

De basis moet op orde zijn om het netwerk van wiskundige kennis verder op te bouwen. Probleemoplossend vermogen, wiskundig modelleren en abstraheren worden echter steeds belangrijker voor de burger en voor de beroepsbeoefenaar. In de beschrijving van het curriculum komen deze dus ook prominenter naar voren dan bij eerdere beschrijvingen, zoals door Commissie Toekomst Wiskunde Onderwijs [2].

Gebruik van digitale hulpmiddelen

Alvorens toe te komen aan de veranderingen binnen de wiskundige kennisdomeinen wil ik nog iets zeggen over de rol van ICT binnen het nieuw beschreven curriculum. De toenemende mogelijkheden van het gebruik van ICT bieden namelijk veel voordelen. Een voorbeeld uit mijn eigen lespraktijk in 5 vwo wiskunde B maakt dit mooi duidelijk.

Bij het introduceren van het concept integreren was het voorheen noodzakelijk om leerlingen te leren primitiveren. Pas als leerlingen konden primitiveren, kon je beginnen met de verschillende toepassingen van integreren, ervan uitgaande dat je leerlingen ook met die toepassingen wilde laten oefenen.

Ik heb nu in de eerste les dat we het over dit onderwerp hadden, mijn leerlingen met een Riemannsom de inhoud van een piramide laten bepalen. In de tweede les hebben ze kennis gemaakt met de integraalnotatie, de betekenis daarvan en het gebruiken van de grafische rekenmachine. Ze hebben in die les samen met mij oppervlaktes tussen grafieken en de x -as of y -as bepaald en ook al de inhoud van omwentelingslichamen bepaald bij wentelen om beide assen. Hierna konden ze er een tweetal lessen zelf mee aan de slag. Het primitiveren kwam pas in les vijf.

Op deze manier kon ik al mijn leerlingen gezamenlijk door het concept integreren loodsen, waar dat waarschijnlijk niet gelukt zou zijn als ik eerst het primitiveren had gedaan, omdat de voortgang van de leerlingen dan al snel uiteen zou zijn gaan lopen. In dit geval is het natuurlijk een didactische keuze en daar gaat curriculum.nu niet over, maar het geeft wel aan dat er mogelijkheden zijn om belangrijke concepten al eerder voorbeeldmatig en begripmatig te introduceren, voordat de bijbehorende formele notaties en procedures ingesleten hoeven te zijn. Dit biedt als extra voordeel dat het beter mogelijk is om

concepten binnen rekenen en wiskunde te introduceren voordat ze nodig zijn bij andere vakken.

Daarnaast is dit een mooi voorbeeld om te laten zien hoe de wiskundige denk- en werkwijzen en de wiskundige kennisinhouden samen optrekken. De grote opdrachten ‘Veranderingen en benaderingen’ (hoe moet ik integreren en primitiveren?), ‘wiskundig probleemoplossen’ (welke integraal moet ik eigenlijk berekenen?) en ‘gereedschap en technologie gebruiken’ (doe ik dit met primitiveren of zet ik software in om de integraal te berekenen?) komen hier aan bod. Verder is het zo dat leerlingen hebben geleerd dat het integreren om een oppervlakte te bepalen en het integreren om een inhoud te bepalen beide terug te brengen zijn tot het optellen van oneindig veel infinitesimaal kleine getallen (‘abstraheren’).

Variabelen, verbanden en formules

Een van de grote opdrachten die door het ontwikkelteam beschreven is, heeft de naam ‘Variabelen, verbanden en formules’. Deze benaming is gekozen om recht te doen aan de verschillende niveaus (vmbo, havo en vwo) en de verschillende varianten van wiskunde (A, B, C en D). Verbanden hebben verschillende verschijningsvormen. Hierbij moet gedacht worden aan een beschrijving in tekst, een tabel (numeriek), een grafiek (grafisch) en een formule (symbolisch). Algebra is hier een onderdeel van.

Op dit moment is er, met name in de onderbouw van het voortgezet onderwijs, in de meeste methodes vooral aandacht voor procedurele kennis met betrekking tot deze grote opdracht. De denk- en werkwijzen kunnen daarbij onderbelicht blijven. Leerlingen leren bij een formule tabellen en grafieken maken volgens vaste stappenplannen, maar er worden weinig vragen gesteld waarbij het nodig is flexibel te zijn in het kiezen van de juiste representatie van het verband. In de bovenbouw zie je af en toe wel dit soort vragen. Een mooi voorbeeld hiervan uit *Getal & Ruimte* zien we in Figuur 2.

In de onderbouw hebben leerlingen geleerd dat je het aantal oplossingen van een vergelijking kunt vinden door de discriminant te bepalen en deze te vergelijken met 0, maar dat werkt uiteraard niet bij deze vergelijking.

Hier is de geijkte aanpak om van de symbolische beschrijving over te stappen op de grafische. Als leerlingen dan gezien hebben dat ze iets moeten met de raaklijn aan de grafiek, kunnen ze weer terugschakelen naar de symbolische beschrijving. Hier komen minimaal drie grote opdrachten samen; ‘variabelen, verbanden en formules’ (vergelijkingen oplossen), ‘veranderingen en benaderingen’ (differentiëren) en ‘wiskundig probleemoplossen’; dit is immers geen routineopgave. Overigens is het bij deze opgave ook mogelijk om volledig in het symbolische te blijven. Het is mooi om de leerlingen te laten zien dat er wat te kiezen valt. Leerlingen moeten al veel stappen in het ‘abstraheren’ gemaakt hebben, voordat ze toe zijn aan dit soort opgaven. Let daarbij op de verschillende betekenissen van het isgelijktteken. De eerste keer dat de leerlingen ‘ $f(x) =$ ’ lezen wordt er een functie gedefinieerd, terwijl de andere twee uitdrukkingen een vergelijking voorstellen. Ook is het belangrijk dat ze snappen dat x in de eerste regel een variabele is en in de laatste regel een onbekende, terwijl a een parameter is.

Het ontwikkelteam beschrijft in de voorstellen dat er expliciete aandacht moet komen voor het verschil tussen een onbekende, een variabele en een parameter en ook de verschillende betekenissen van het isgelijktteken, zoals beschreven door Arcavi, Drijvers en Stacey [1]. Dit is een belangrijke stap in het abstraheren. Wie veel ervaring heeft met algebra zal zich niet eens meer bewust zijn van dit onderscheid, maar voor leerlingen kan dit tot veel verwarring leiden.

In het eindproduct van het ontwikkelteam [3] staat beschreven dat leerlingen ook al in de onderbouw ICT kunnen inzetten om te kiezen tussen een numerieke, grafische of algebraïsche wijze van oplossen.

A67 Gegeven is de functie $f(x) = x\sqrt{2x+6}$.

Bereken exact voor welke

a p de vergelijking $f(x) = p$ precies twee oplossingen heeft.

b a de vergelijking $f(x) = ax$ precies twee oplossingen heeft.

Figuur 2 Flexibel omgaan met verschillende verschijningsvormen van verbanden in *Getal & Ruimte* (2015).

Ook bij het oplossen van vergelijkingen is het op dit moment zo dat er voornamelijk procedurele kennis gevraagd wordt. Leerlingen leren de uitgebreide balansmethode, kruiselings vermenigvuldigen, ontbinden in factoren en de *abc*-formule (en sommige leerlingen ook kwadraatplitsen). Overige technieken komen in de bovenbouw aan de orde. Vergelijkingen worden vaak ingedeeld in categorieën lineair, macht, gebroken en wortel. In de bovenbouw komen daar dan nog exponentieel, logaritmisch en goniometrisch bij.

Het ontwikkelteam pleit voor een andere benadering van het indelen en oplossen van vergelijkingen. Vergelijkingen waarbij de variabele maar op één plek voorkomt, kunnen alle op een soortgelijke manier worden opgelost. Bij de grote opdracht 'Getallen en bewerkingen' wordt al om meer aandacht gevraagd voor inverse bewerkingen. Conceptuele kennis over bewerkingen kan hier ingezet worden om al dit soort vergelijkingen op te lossen.

Door goed te kijken naar de structuur van vergelijkingen kunnen nog veel meer vergelijkingen opgelost worden. Het betreft dan vergelijkingen van de vorm $A \cdot B = 0$, $\frac{A}{B} = 0$ en $f(A) = f(B)$, zoals $\sqrt{x-2} = \sqrt{4-x}$ of $(x^2 + 2)^2 = 9$.

Door op deze manier naar vergelijkingen te kijken, kunnen leerlingen op het oog heel verschillende vergelijkingen samenbrengen tot één klasse van vergelijkingen. Ook dit is weer een mooie stap in het abstraheren.

Ook de samenhang tussen de lineaire, exponentiële, logaritmische en machtsverbanden wordt beschreven in de voorstellen, waarbij in een tabel mooi te zien is dat bij elk van deze vier verbanden geldt dat het beschreven kan worden met 'als de onafhankelijke variabele toeneemt met een vaste hoeveelheid/factor, neem de afhankelijke variabele met een vaste hoeveelheid/factor toe of af'.

Data, statistiek en kans

In de grote opdracht met de naam 'Data, statistiek en kans' worden alle onderwerpen al op een eerder moment geïntroduceerd bij de leerlingen dan nu het geval is. Daarnaast wordt voorgesteld statistiek aan te bieden aan alle leerlingen, dus ook aan leerlingen met wiskunde B.

In het primair onderwijs moeten leerlingen op een speelse manier kennis maken met combinatoriek in relatie tot kansen.

Ook worden ze al uitgedaagd om na te denken over steekproef en populatie, opzet van een onderzoek en het trekken van conclusies (onder andere *fact checking*). Bij elk van de genoemde onderwerpen is het een eerste kennismaking. Het is belangrijk dat leerlingen zien welke zaken allemaal een rol spelen, zonder dat ze al allerlei ingewikkelde berekeningen uit kunnen voeren.

In het voortgezet onderwijs gaan leerlingen vooral ook praktisch aan de slag met het doen van statistisch onderzoek, waarbij beschrijvende statistiek een belangrijke rol speelt. Ook maken ze vervolgstappen in het beoordelen van gedaan onderzoek door anderen (onder andere *fact checking*).

Over de invulling van de bovenbouw is nog veel onduidelijk. De tijd om de bovenbouw goed uit te werken was niet toereikend. Er zijn contacten gelegd met de VVSOR (Nederlandse Vereniging voor Statistiek en Operations Research), die hebben aangeboden aangesloten te willen blijven bij een eventueel vervoltraject. In dat vervoltraject moet een en ander verder uitgewerkt worden. De keuzes die tot nu toe zijn gemaakt sluiten aan bij de aanbevelingen van de VVSOR [15]. Of het daadwerkelijk deze kant op gaat, moet nog blijken.

Het ontwikkelteam heeft beschreven dat de nadruk zou moeten liggen op het leren begrijpen wanneer getallen in een context wel en niet kloppen of betrouwbaar zijn. Dit vanwege het feit dat iedereen in het dagelijks leven steeds meer te maken krijgt met kwantitatieve uitspraken. Slechts een deel van deze uitspraken blijkt te kloppen door allerlei verschillende fouten die gemaakt worden.

Het gevoel krijgen voor onzekerheid zou volgens de VVSOR veel beter gaan door zelf gegevens te verzamelen met meerdere steekproeven, dan via het rekenen aan bijvoorbeeld betrouwbaarheidsintervallen

of het vergelijken van Cramers Phi met een waarde van 0,4 om te concluderen dat het verschil tussen twee groepen groot is. Het platslaan van statistisch denken tot stappenplannen met vuistregels moet dus verdwijnen, als het aan het ontwikkelteam ligt.

Wiskundig modelleren en probleemoplossen

Er is een grote discrepantie tussen hoe wiskunde er in schoolboeken en in het echte leven uitziet. Wolfram [17] weet dit inspirerend te verwoorden in een TEDtalk. Hij doet hierin een tweetal interessante observaties, die relevant zijn in de context van dit artikel. Deze zijn:

1. In de wiskundelessen focussen we ons heel veel op het uitvoeren van berekeningen, terwijl dat slechts een klein deel is van wat wiskunde is.
2. We voeren deze berekeningen vaak uit met de hand, terwijl in het echte leven juist voor dit deel ICT wordt ingezet.

De tweede observatie van Wolfram betekent overigens niet dat leerlingen berekeningen niet meer met de hand moeten kunnen uitvoeren. Dit is nodig om vervolgstappen te kunnen maken binnen de wiskunde en ook om te voorkomen dat de ICT die ingezet wordt, een toverdoos wordt en wiskunde verwordt tot een knoppencursus. Om ICT goed in te kunnen zetten is het van belang de achterliggende wiskunde goed te beheersen.

Eerder beschreef ik hoe de wiskundige kennisdomeinen op het ene moment doel en op het andere moment middel kunnen zijn. Op die momenten dat ze middel zijn, is het het overwegen waard om de berekeningen uit te besteden aan ICT, zodat de focus op de denk- en werkwijzen ligt; in het bijzonder op het wiskundig probleemoplossen en modelleren.

In de Figuren 3 en 4 staat de beschrijving van deze grote opdrachten volgens

Bij wiskundig probleemoplossen gaat het om toepassen van reken-wiskundige (basis)kennis en vaardigheden, het gebruiken van vuistregels en ervaring (heuristieken) en soms ook om wiskundig modelleren. Kenmerkend voor een probleem is dat het voor de oplosser niet direct duidelijk is hoe het kan worden opgelost. Dit kenmerk is relatief: wat voor de een een probleem is, kan voor een ander een routinematig oplosbaar vraagstuk zijn. Bovendien kan wat eerst een probleem vormt voor iemand, na verloop van tijd routinematig oplosbaar zijn. Wiskundig probleemoplossen vraagt om een analyse van de probleemstelling, ontwikkeling van een oplossingsstrategie en de uitvoering daarvan. Vervolgens om aan de hand van de uitkomsten daarvan een oplossing te geven en te controleren of die past bij de probleemstelling. Wiskundig probleemoplossen gaat over problemen in de wiskunde zelf én over toepassingsproblemen, al dan niet uit andere leergebieden.

Figuur 3 Wiskundig probleemoplossen volgens curriculum.nu [3].

curriculum.nu [3]. Binnen probleemoplossen wordt er gesproken over verschillende heuristieken. Het maken van een wiskundig model kan gezien worden als één van deze heuristieken, maar het is ook meer dan dat. Binnen modelleren passen ook grote open vraagstukken.

Wolfram geeft een beschrijving van wiskundig modelleren (met inzet van ICT). Hij onderscheidt in het proces vier fasen, waarin ‘computation’ slechts één van de vier fasen is, terwijl er in ons wiskundeonderwijs relatief weinig aandacht is voor de andere fasen. Het ontwikkelteam heeft beschreven dat het curriculum meer omvat dan alleen deze fase. In de beschrijving wat leerlingen moeten kennen en kunnen binnen de grote opdracht ‘modelleren’ staat onder andere:

- Keuzes te maken welke variabelen wel en niet meegenomen worden in de beschrijving van een model.
- Een uitkomst binnen het model te vinden, terug te vertalen naar de werkelijke situatie en kritisch te beschouwen of de juiste keuzes gemaakt zijn bij de keuze van de variabelen en het ontwerpen van het model. Op basis van de kritische beschouwing kan het model aangepast worden.

Modelleren gaat over het beschrijven van een situatie met behulp van schematische voorstellingen en/of wiskundige verschijningsvormen zoals formules, vergelijkingen, grafieken, meetkundige figuren en kansverdelingen. Een spreadsheet met formules is een voorbeeld van een wiskundig model. Leerlingen leren een situatie weer te geven in een passend wiskundig model. Zo'n model kan vervolgens gebruikt worden om een probleem op te lossen, een voorspelling te doen of een beslissing te nemen.

Figuur 4 Modelleren volgens curriculum.nu [3].

In de aanbevelingen voor de bovenbouw wordt benadrukt dat de aansluiting met andere vakken gezocht moet worden.

Binnen het wiskundeonderwijs verschaffen de wiskundeonderbouw dag, de wiskunde A-lympiade en de wiskunde B-dag mooie voorbeelden van modelleeropdrachten. Binnen deze opdrachten krijgen leerlingen in de aanloop nog flink wat sturing, maar de eindopdrachten zijn open opdrachten waar leerlingen zelf veel keuzes kunnen maken.

Een greep uit de opdrachten [16] levert onderwerpen op als

- Inrichten van een woonwijk (wiskundeonderbouw dag).
- Omgaan met weersvoorspellingen (wiskunde A-lympiade).
- Ontwerpen van een aanmeldsysteem voor scholen (wiskunde A-lympiade)
- Het analyseren van verscheidene spellen (Wiskunde B-dag).

Tot besluit

Al met al kan gesteld worden dat er in de wiskundige kennisdomeinen geen wereldschokkende wijzigingen staan, maar dat er belangrijke accentverschuivingen voorgesteld worden, die vooral beschreven staan in de wiskundige denk- en werkwijzen. Het uitvoeren van het nieuw voorgestelde curriculum zal van sommige docenten grotere veranderingen vragen dan van anderen.

Het is nu afwachten wat de politiek besluit. Daarna zullen de nieuwe examenprogramma's ontworpen moeten worden en vervolgens is het afwachten wat de methodemakers en examenmakers ermee doen.

Ik hoop in ieder geval dat het eindproduct veel houvast zal bieden voor docenten om zelf vorm te geven aan het schoolcurriculum en dat zij minder angstvallig vast zullen houden aan de methodes in hun strijd tegen de overladenheid van het programma. ☼

Referenties

- 1 A. Arcavi, P. Drijvers en K. Stacey, *The Teaching and Learning of Algebra: Ideas, Insights and Activities*, Routledge, 2017.
- 2 Commissie Toekomst Wiskunde Onderwijs, *Denken en doen, wiskunde op havo en vwo per 2015. Eindrapport van de vernieuwingscommissie wiskunde cTWO*, Freudenthal Instituut, 2013.
- 3 Curriculum.nu, *Uitwerking voorstel curriculum.nu voor rekenen en wiskunde*, 2019, geraadpleegd van <https://www.curriculum.nu/voorstellen/rekenen-wiskunde/uitwerking-rekenen-wiskunde>.
- 4 P. Drijvers en H. Kodde-Buitenhuis, Wiskundig denken in de centrale examens Wiskunde B van havo en vwo, *Nieuw Archief voor Wiskunde* 5/20(4) (2019), 252–258.
- 5 Expertgroep Doorlopende Leerlijnen taal en rekenen, *Over de drempels met rekenen*, SLO, 2008.
- 6 Getal & Ruimte, 11e editie vwo wiskunde B deel 2, Noordhoff, 2015.
- 7 M. van Graft, B. van Leeuwen en M. van Zanten, *Leerplankundige verkenning van TIMSS-trends*, SLO, 2017.
- 8 M. van der Hoeven, V. Schmidt, J. Sijbers, G. van Silfhout, E. Woldhuis en B. van Leeuwen, *Leerplankundige analyse PISA 2015*, SLO, 2017.
- 9 I.V.S. Mullis en M.O. Martin (red.), *TIMSS 2019 Assessment Frameworks*, TIMSS & PIRLS International Study Center en IEA, 2017.
- 10 J.M. Nelissen, Recent onderzoek naar transfer, *Reken-wiskundeonderwijs: onderzoek, ontwikkeling, praktijk* 26(1) (2007), 11–18.
- 11 Organization of Economic Development, *PISA for Development Assessment and Analytical*, 2018.
- 12 Platform Wiskunde Nederland, *Formulas for Insight and Innovation, Mathematical Sciences in the Netherlands – Vision document 2025*, 2012.
- 13 D. Rijborz, Op zoek naar een vakoverstijgende didactiek voor rekenen-wiskunde en aardrijkskunde op de lerarenopleiding basisonderwijs, *Volgens Bartjens – Ontwikkeling en Onderzoek* 47(5) (2018), 41–50.
- 14 V. Schmidt, *Aansluiting in perspectief*, SLO, 2018.
- 15 VVSOR, *VVSOR reactie Curriculum.nu voorstel Rekenen & Wiskunde*, 2019, geraadpleegd van <https://www.vvsor.nl/wp-content/uploads/2019/08/Reactie-VVSOR-op-Curriculum.nu-voorstel-Rekenen-Wiskunde.pdf>.
- 16 Wiskunde in teams, z.d., geraadpleegd van: <https://wiskundeinteamssites.uu.nl/oude-opdrachten>.
- 17 C. Wolfram, *Conrad Wolfram: Teaching Kids Real Math with Computers*, video, juli 2010, geraadpleegd op https://www.ted.com/talks/conrad_wolfram_teaching_kids_real_math_with_computers.