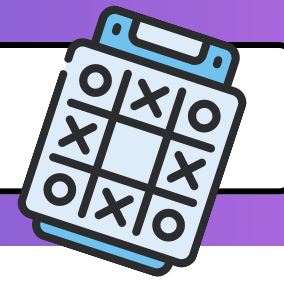


Klik [hier](#) voor het originele artikel (p. 29)

DE LEERLING ALS INFORMATIEVERWERKER



Iedereen heeft weleens boter, kaas en eieren gespeeld. Heb je ooit nagedacht over wat er zich in je hoofd afspeelt tijdens het spelen? Hoe kom je erachter welke zet je moet doen? De vaardigheden die je nodig hebt voor het oplossen van zo'n probleem noemen we (*complexe*) *probleemoplosvaardigheden*. Tegenwoordig weten we hier redelijk veel over, maar in de jaren '50 was er nog weinig bekend over de manier waarop mensen problemen oplossen. Niemand wist precies hoe men tot een oplossing kwam. Totdat Newell & Simon dit mysterie voor ons oplosten en ons een glimp lieten opvangen van wat er allemaal omgaat in onze hoofden tijdens het oplosproces.

HET IDEE



Hogere denkvaardigheden vinden we steeds belangrijker in het onderwijs. Er wordt verwacht van leerlingen dat zij goed leren samenwerken, kritisch nadenken en sociaal en cultureel vaardig worden. Ook probleemoplossing maakt deel uit van deze hogere denkvaardigheden (zie [Taxonomie](#) van Bloom). We hebben het dan over de vaardigheden die je nodig hebt om bijv. een rekenopgave of een topografieprobleem op te lossen. Deze vaardigheden zijn in het dagelijks leven nuttig om complexere problemen op te lossen. Terug naar de jaren '50, de tijd van de allereerste computers. Deze stelden onderzoekers als Newell & Simon in staat om met computerprogramma's te simuleren hoe mensen puzzels oplossen. De auteurs hoopten zo een theorie te ontwikkelen die zou beschrijven hoe mensen problemen oplossen. Zo'n theorie zou moeten voorspellen hoe goed iemand een bepaald probleem zou kunnen oplossen. Daarnaast zou ze moeten uitleggen hoe dat oplossen precies in zijn werk gaat en welke processen en mechanismen daarbij betrokken zijn. En misschien het meest relevant voor onderwijs: de theorie zou moeten verklaren hoe mensen die kennis (kunnen) aanleren.

DE INZICHTEN

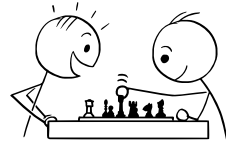
Computersimulatie Als eerste hadden Newell & Simon een computerprogramma nodig dat zogenoemde non-numerieke problemen (problemen

zonder getallen, zoals boter, kaas en eieren) op eenzelfde manier oploste als mensen. Zij ontwikkelden de *Logic Theorist* (LT). Deze LT kon problemen oplossen en liet hierbij hetzelfde gedrag zien als mensen. De LT deed langer over problemen waar mensen ook langer over deden en maakte meer fouten bij problemen waar mensen ook meer fouten maakten. Het ging de onderzoekers er dus niet om een computerprogramma te bouwen dat mensen zou verslaan – zoals tegenwoordig de computer van je wint bij schaken of het Japanse spel Go (zie het kader volgende pagina). Hun doel was juist dat LT net zo snel of slim – of net zo langzaam of onhandig – als mensen was. Het idee van computersimulaties is: hoe beter het programma het gedrag van mensen imiteert, des te groter is de kans dat het programma eigenschappen deelt met het menselijk brein. Dat was uiteindelijk waar Newell en Simon naar op zoek waren: *kennis over hoe mensen problemen oplossen*.

Paden in je hoofd In 1972 kwamen de onderzoekers op basis van hun computer simulatie met hun theorie over hoe mensen problemen oplossen. Hierin stelden zij dat, hoewel er tussen mensen en computers veel verschillen bestaan, er bij het oplossen van problemen een paar dingen vaak hetzelfde zijn. Ze omschrijven mensen als actieve informatieverwerkers die een taak (het op te lossen probleem) omzetten in een zogeheten probleemruimte (*problem space*). Niet heel bewust, maar dat gebeurt gewoon. Deze probleemruimte is als een vertakte boom die alle stappen bevat die je kan maken. Om het probleem op te lossen bewandelen



GO!

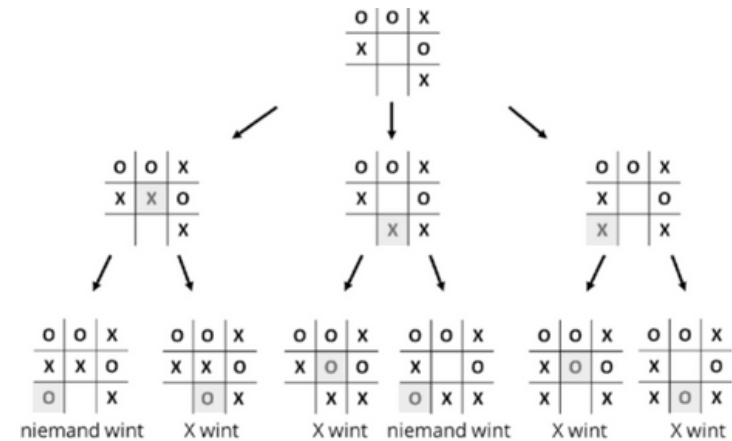


Het Japanse spel Go is beroemd en berucht onder mensen die werken aan computerprogramma's die moeilijke problemen kunnen oplossen. Go speel je met zwarte en witte stenen op een bord met 19 lijnen en het is de bedoeling dat je stukjes van het bord veroverd door de stenen op het bord te plaatsen. Hoewel het spel simpele regels heeft, zijn de speelstrategieën erg complex. Het lijkt alsof je 4 schaakspellen tegelijkertijd aan het spelen bent en Go geldt dan ook als een van de moeilijkste spellen waarbij je probleemoplossend vermogen moet gebruiken. In 1997 won het computer-schaakprogramma Deep Blue van toenmalig wereldkampioen schaken Kasparov, maar Go bleef jarenlang een onneembare vesting. Tot in 2016 het programma AlphaGo won van Go-wereldkampioen Seedol. Een fantastische prestatie, want volgens schatting zijn er meer manieren om Go te spelen dan het totale aantal atomen in het heelal.

mensen verschillende paden binnen de probleemruimte, waarbij ze slechts één pad per keer kunnen bewandelen. Als het probleem nieuw is, kennen mensen nog niet de beste route en zullen ze diverse routes lukraak uitproberen (*trial-and-error*). Als ze iets meer weten, gaan ze een pad beredeneren en proberen ze daarna vervolgstappen te kiezen die hen dichterbij het juiste antwoord brengen. En als dat niet lukt, stappen ze over naar een andere en lopen ze steeds stapsgewijs hun pad af (*means-ends strategie*: zie [artikel](#) *De leraar als geheugen-manager*). Beide aanpakken, waarbij je in je hoofd een (heel lang) pad bewandelt, vergen veel van het werkgeheugen. Als mensen enige expertise hebben verworven, 'zien' zij het juiste pad en pakken zij het meteen.

Boter, kaas en eieren Laten we om deze concepten begrijpelijk te maken weer even kijken naar ons spelletje boter, kaas en eieren (zie figuur). Bovenin zie je een bepaald punt tijdens een spelletje. Waar zou je het volgende kruisje zetten? De

probleemruimte laat alle mogelijke vervolgstappen in het spel zien: we kunnen 3 paden bewandelen. Bij dit eenvoudige spelletje hebben we nog genoeg geheugen-capaciteit om een paar stappen vooruit te denken, dus kunnen we voor elk mogelijk pad de uitkomst bekijken. Zo kunnen we alle paden bewandelen om te bekijken welke zet het beste is, in dit geval een kruis in de linkerhoek. Door het spel heel vaak te spelen (of het probleem op te lossen) ga je situaties herkennen en zal je 'olifantenpadjes' (paden waarmee je een stukje kunt afsnijden) gaan zien in de probleemruimte. Op die manier hoef je niet alle paden te bewandelen en zal je beter worden in het oplossen van dit soort problemen.



Volgens de theorie van Newell & Simon speelt dit zich dus allemaal in je hoofd af als je aan de beurt bent bij boter, kaas en eieren. Bij een moeilijker probleem wordt de probleemruimte al snel groter en complexer. Denk maar eens aan schaken. Hierbij kun je zo veel beslissingen nemen en zijn er zo veel opties dat je wel heel veel geheugencapaciteit moet hebben om een paar stappen vooruit te kunnen denken. Door veel te schaken onthoud je veel verschillende spelsituaties, waardoor je beter wordt in het herkennen van goede zetten. Zo kun je steeds verder vooruit denken zonder dat het je al te veel geheugencapaciteit kost.



IN DE KLAS

Als je leerlingen in jouw klas ziet worstelen met een probleem, geeft de theorie van Newell & Simon je handvatten om hen te helpen. Neem bijvoorbeeld een rekenopgave als deze: *Noa en Mo hebben munten van 5 en van 10 eurocent. In totaal hebben zij 18 munten, samen 150 eurocenten. Hoeveel munten van 5 hebben Noa en Mo?* Als leerkracht zie je waarschijnlijk de oplossing in een oogopslag. Maar teken eens de probleemruimte voor dit probleem: *welke paden kunnen jouw leerlingen allemaal bewandelen om dit probleem op te lossen? En waar zouden ze wel eens een foute afslag kunnen nemen?* Op deze manier kijken naar opgaves die je leerlingen laat maken, helpt je om hen nog beter op maat te ondersteunen. Kan een leerling al enkele stapjes vooruit denken of ziet hij of zij de route wellicht meteen? Dan heeft hij of zij jou minder nodig dan een leerling die verdwaalt in de probleemruimte. Deze laatste leerling kun je letterlijk op weg helpen door stapjes voor te doen en de taak op te delen in stapjes (zie ook [artikel](#) *De leerkracht als geheugenmanager*). Je kunt goed diagnosticeren waar leerlingen onderweg fouten maken en daar je instructie op aanpassen. De theorie geeft je dus een systematische aanpak om inzicht te krijgen in wat leerlingen doen als ze een probleem oplossen en hoe jij hen daarbij kunt helpen met gerichte feedback en instructie.