

Probleem: hoe leer ik mijn leerlingen problemen oplossen?

H. Pol

Universiteit Twente

Inleiding

Leerlingen leren problemen oplossen is een interessant probleem voor ons leraren. Feiten leren binnen een onderwerp, dat lukt wel. Over hoe procedures aan te leren die je kunt gebruiken om iets te doen is al een stuk ingewikkelder, maar ook dat gaat nog wel.

Om iets te kunnen zeggen over hoe leerlingen / mensen zo'n gecompliceerde vaardigheid als problemen oplossen leren heb je meer tijd nodig. Wat doe je met de leerling die zegt: 'als u het uitlegt, dan snap ik het wel. Maar als ik het dan op het proefwerk zelf moet doen weet ik niet meer hoe ik het aan moet pakken.'?

In dit verhaal wil ik eerst kort een werkdefinitie geven van wat volgens mij een probleem is, of in ieder geval een definitie van waarover we ons verhaal houden: wat houdt het oplossen van problemen nu precies in? Daarna ga ik kort in op het belang van het kunnen oplossen van problemen. Dit belang geldt voor het leren van natuurkunde, maar ook als onderdeel van de algemene ontwikkeling van leerlingen. Een specifiek belang geldt er voor technische vervolgopleidingen.

Hierna zal ik een aantal voorwaarden benoemen die moeten worden ingewilligd wanneer leerlingen problemen leren oplossen. Ook zullen enkele suggesties worden gedaan waarop het aanleren van het leren oplossen van problemen kunnen worden ondersteund.

Wat houdt het oplossen van problemen in?

Laten we beginnen met een mooie omschrijving van probleemoplossen, die is te vinden in een 920 bladzijden tellend groot standaardwerk over dit onderwerp van Newell en Simon uit 1972:

"A person is confronted with a problem when he wants something and does not know immediately what series of actions he can perform to get it." (p. 72)

Vertaling: Iemand wordt geconfronteerd met een probleem als hij iets wil en niet direct weet welke reeks van acties hij moet ondernemen om dit te bereiken.

Hier halen we direct een eerste aanwijzing uit over wat probleemoplossen niet is, namelijk het uitvoeren van een aantal standaardacties die direct bekend zijn. Leerlingen die een standaardprobleem eerst krijgen voorgedaan, en het dan inoefenen zijn niet een probleem aan het oplos-

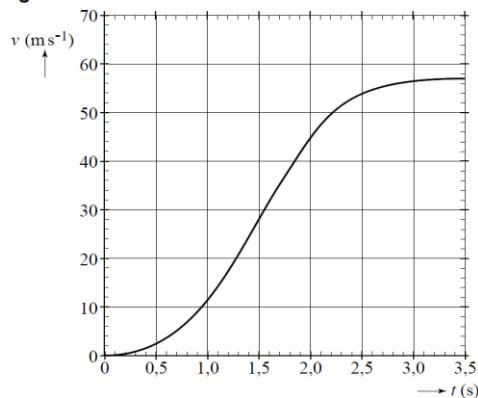
sen, maar leren procedures. Dat is ook nuttig, maar niet het hele verhaal. Een probleem is blijkbaar groter, een combinatie van bekende procedures, waarbij voor degene die het probleem oplost niet direct duidelijk is welke procedures er moeten worden gebruikt, en ook niet in welke volgorde. Problemen oplossen doe je wanneer je zoekt naar die combinatie van verschillende stappen die tot een oplossing leiden.

Een mooi voorbeeld van een examenopgave die volgens deze definitie niet een probleem is, is de navolgende vraag.

2010-I: Opgave 1 Kingda Ka

4p 1 Bepaal met behulp van de figuur op de uitwerkbijlage de maximale versnelling die de passagiers ondervinden, uitgedrukt in de valversnelling g .

figuur 1



Opgave 1 Kingda Ka

1 maximumscore 4

uitkomst: $a_{\max} = 3,8g$ (met een marge van 0,2g)

voorbeeld van een bepaling:

De maximale versnelling is gelijk aan de steilheid van de steilste raaklijn.

$$a_{\max} = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{70-0}{2,6-0,7} = \frac{70}{1,9} = 36,8 \text{ ms}^{-2}. \text{ Dit is } \frac{36,8}{9,8(1)} = 3,8g.$$

- inzicht dat a de steilheid van het (v,t) -diagram is 1
- gebruik van $a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$ 1
- inzicht dat de bepaalde steilheid gedeeld moet worden door 9,8(1) 1
- completeren van de bepaling 1

Voorbeeld van een vraag met uitwerking die volgens mijn definitie niet een probleem is.

Het betreft hier een vraag die 4 punten telt, en zoals ook in het correctievoorschrift is terug te zien, uit verschillende stappen bestaat. Al deze stappen samen echter omvatten voor de meeste leerlingen een standaard procedure, die als het goed is, is ingesleten. Bij de vraag naar de versnelling uit een grafiek weet de leerling dat hij iets met een raaklijn moet doen, en de maximale versnelling betekent de maximale helling; dat is het principe.

Een mooi voorbeeld van een opgave waar ook docenten over het algemeen moeite mee hebben om de vervolgstappen in één keer op te schrijven is het jamprobleem:

Aardbeien bevatten 15% vast materiaal en 85% water. Om aardbeienjam te maken worden fijngestampte aardbeien en suiker gemengd in een gewichtsverhouding van 45:55, waarna het mengsel wordt verwarmd om het water te laten verdampen totdat het residu (= de ontstane jam) nog maar een derde deel water bevat.

Bereken hoeveel kg aardbeien nodig zijn om één kg aardbeienjam te maken.

Komt u er niet uit, dan mag u mij om het antwoord mailen.

Deze opgave wordt vaak gebruikt in cursussen Systematische Probleem Aanpak (SPA).

Volgens SPA zijn de fasen die benoemd kunnen worden in het proces van een echt probleem zijn: Lezen; Analyseren; Exploreren; Plan; Implementeren; Controleren

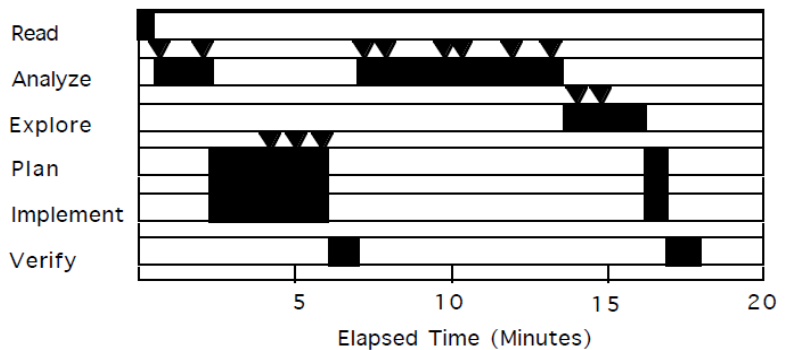
Dit betekent dat een probleem aan de hand van de bovenstaande onderdelen kan worden getackeld. Het is niet direct zo dat alle fasen netjes op een rij moeten worden afgewerkt, maar dat alle fasen van belang zijn om uiteindelijk tot een oplossing te komen. Hiervoor zijn algoritmes nodig, maar vooral ook heuristieken. Algoritmes staat voor vaste procedures, die on-

derdeel kunnen uitmaken van een oplossing. Maar daarnaast zijn heuristische van belang, technieken die helpen om inzicht te krijgen in een probleem. Het kan dan bijvoorbeeld gaan om het schetsen van een probleem, of voorbeeldberekeningen te maken. En dit alles dus niet als recept, maar als gereedschap dat door de oplosser actief wordt ingezet. De oplosser houdt het hele proces in de gaten, en controleert op mogelijk resultaat: metacognitie.

Een mooi voorbeeld van de tijdsbesteding van een expert die een probleem oplost is hieronder te zien.

Tijdsbesteding van een expert die een probleem oplost. Op de horizontale schaal is te zien dat de expert hiervoor ongeveer 18 minuten nodig heeft gehad, en dat hij activiteiten uitvoert die in verschillende fasen kunnen worden ondergebracht.

Activity



Ook leerlingen krijgen met werkelijke problemen te maken. Een dergelijk probleem is te vinden in hetzelfde examen als hiervoor genoemd, weer een vraag over de Kingda Ka. Ook deze vraag krijgt 4 punten toebedeeld, maar is veel gecompliceerder.

2010-I: Opgave 1 Kingda Ka

5p 5

Op de uitwerkbijlage staat figuur 2 afgebeeld. Het voorste karretje (het dichtst bij punt A) heeft een lengte van 2,4 m. Bereken hoe groot de snelheid op de top van de baan minimaal moet zijn zodat de passagier loskomt van zijn stoel. Bepaal daarvoor eerst in de figuur op de uitwerkbijlage de straal van de cirkelbaan.

5 maximumscore 5

uitkomst: $v_{\min} = 8,3 \text{ m s}^{-1}$ (met een marge van $0,7 \text{ m s}^{-1}$)

voorbeeld van een berekening:

Op het moment dat de passagier loskomt van het stoeltje geldt: $F_{\text{mpz}} = F_z$

zodat $\frac{mv^2}{r} = mg$. Hieruit volgt dat $v = \sqrt{gr}$.

De straal r kan bepaald worden in de figuur op de uitwerkbijlage. Teken daarvoor zowel bij punt A als bij punt B een loodlijn. Het snijpunt van deze loodlijnen is het middelpunt. Die moet liggen op de middelloodlijn van AB.

figuur 2



De straal van de bocht komt overeen met 5,6 cm.

De lengte van het voorste karretje komt overeen met 1,9 cm.

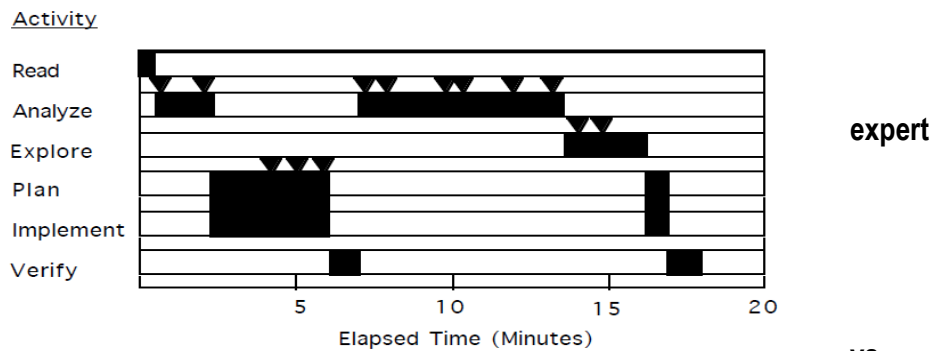
De straal is dus gelijk aan $\frac{5,6}{1,9} \cdot 2,4 \text{ m} = 7,07 \text{ m}$.

Voor de minimale snelheid geldt dan: $v_{\min} = \sqrt{9,81 \cdot 7,07} = 8,3 \text{ m s}^{-1}$.

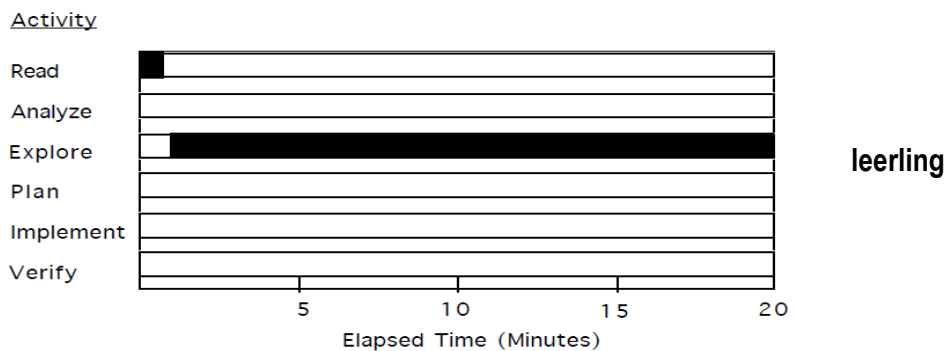
- inzicht dat bij loskomen geldt: $F_{\text{mpz}} = F_z$ 1
- gebruik van $F_{\text{mpz}} = \frac{mv^2}{r}$ 1
- tekenen van de loodlijnen en bepalen van het middelpunt 1
- bepalen van de werkelijke straal r van het stuk cirkelbaan AB 1
- completeren van de berekening 1

Het betreft hier een vraag die om het op te lossen weer verschillende stappen vraagt. Alleen liggen de verschillende stappen dit keer minder voor de hand, evenals de volgorde. De vraag is hoe wij als docent zo'n vraag oplossen, en hoe de leerling dat doet. Hieronder zijn voor-

beelden gegeven van de tijdsbesteding in de verschillende oplosfasen van nogmaals de expert en daarnaast nu die van een beginner, lees leerling.



vs.



Nogmaals de verschillende fasen die een expert invult, maar nu tegenover de invulling van een leerling. We zien dat de leerling alleen kort de vraag leest, en daarna alleen formules gaat invullen, zonder (goed) te weten wat hij doet.

Belang van problemen oplossen voor Natuurkunde

Ten eerste twee voor de hand liggende insteken waarom het leren van problemen oplossen van belang zou zijn voor het vak Natuurkunde. De eerste is dat Natuurkunde deels wordt 'geleerd' door het oplossen van problemen. Binnen de natuurkunde wordt er veel geoefend in en getoetst op het oplossen van opgaven. Dit worden vaak problemen genoemd. Maar betreft het dan wel echte problemen? Hiervoor zijn we al op die discussie ingegaan, en hebben we gesteld dat dat niet altijd het geval is. Daarnaast kunnen we stellen dat Natuurkunde wordt getoetst door het oplossen van problemen. Ook dat is de vraag, als we nogmaals naar het type opgaven kijken.

Toch kunnen we op beide vlakken stellen dat probleemoplosvaardigheden wel van belang zijn voor Natuurkunde. Probleemoplosvaardigheden zijn van belang bij het leren van natuurkunde wanneer leerlingen de stof nog niet goed snappen, de kennis en procedures nog niet goed machtig zijn, maar wel al beter problemen kunnen oplossen. De vaardigheden helpen de leerlingen dan opgaven op te lossen, en zo de kennis en begrip die daarvoor nodig is sneller te leren. Een betere probleemoplosser leert dus sneller natuurkundige kennis en procedures.

Daarnaast is het voor de toetsing nog veel meer van belang, namelijk wanneer leerlingen voor het centraal schriftelijk gaan. Zoals uit de hiervoor beschreven voorbeelden is op te maken bestaat een deel van de opgaven van het centraal schriftelijk uit met kennis en begrip op te lossen vragen, een ander deel bestaat uit werkelijke problemen waarin in nieuwe contexten verschillende delen kennis en procedures op een tot dan toe onbekende manier moeten worden gecombineerd. Tijdens het CE worden leerlingen dus echt getoetst op hun vermogen om problemen op te lossen.

Een mooi voorbeeld van een uitwerking van een opgave waarbij kan worden gediscussieerd of de leerling deze beter had opgelost door beter naar de oplossing van het probleem te kijken is hieronder gegeven.

Opgave 2
 inhoud brandstoftank = 520 liter.
 met 1 volle tank (520 liter) legt de auto 750 km af.
 en wordt per 100 km verbruikt:

minimaal 7,4 liter
 maximaal 9,3 liter
 gemiddeld 8,4 liter.

per 100 km 7,4 liter
 per ? km 520 liter
 $7,4 \cdot ? = 520 \cdot 100$
 $? = \frac{520 \cdot 100}{7,4} = 7027 \text{ km}$

per 100 km 9,3 liter
 per ? km 520 liter
 $9,3 \cdot ? = 520 \cdot 100$
 $? = \frac{520 \cdot 100}{9,3} = 5591 \text{ km}$

per 100 km 8,4 liter
 per ? km 520 liter
 $8,4 \cdot ? = 520 \cdot 100$
 $? = \frac{520 \cdot 100}{8,4} = 6190 \text{ km}$

Leg met een berekening uit met welk van de drie genoemde brandstofverbruiken de actieradius bepaald is.

MOTOR		BRANDSTOF	
plaats	dwars voor	octaanbehoefte	95
aantal cilinders	4	actieradius (km)	750
cilinder opstelling	lijn	verbruik (liter per 100 km)	
cilinderinhoud (cm ³)	1581	- minimaal	7,4
boring x slag (mm)	86 x 67	- maximaal	9,3
compressieverhouding (:1)	10,2	- gemiddeld	8,4
brandstofvoorziening	multipointinj.	verbruik als functie van de snelheid	
kleppen per cilinder	4		
nokkenas	2, bovenliggend		
topvermogen (kW)	76		
koppel (Nm bij r/min)	144/4000		
PRESTATIES			
topsnelheid (km/h)	180		
optrekken vanaf stilstand			
optrekken vanaf 60 km/h			
	tijd afstand (s) - (m)		
-60 - 80 km/h	6,4 - 124		
-60 - 100 km/h	13,1 - 291		
-60 - 120 km/h	20,0 - 504		
-60 - 140 km/h	28,0 - 792		
-60 - 160 km/h	- -		
		RENWEG (m)	
		- 80 km/h	32
		- 120 km/h	72
		MATEN	
		l x b x h (cm)	449 x 174 x 151
		wielbasis	254
		massa volgens kenteken (kg)	1175
		maximaal toegelaten massa (kg)	1795
		inhoud brandstoftank (liter)	63
		bagageruimte	
		- b x d x h (cm)	112 x 99 x 49
		- inhoud (liter)	520

Kijkt u naar de oplossing van de leerling. Deze heeft een mooie berekening gemaakt, maar een rare oplossing gevonden. Enige reflectie op de oplossing zou de leerling misschien tot nadenken hebben gebracht.

Belang van PO voor technische vervolgoepleidingen

Eigenlijk ligt dit belang wel voor de hand. Veel vervolgonderwijs gaat volgens het principe van probleemgestuurd onderwijs. Leerlingen/studenten moeten dus problemen oplossen, die veel groter zijn dan wat ze van het VO zijn gewend. Dan is leren van probleemoplosvaardigheden een goede voorbereiding voor deze opleidingen.

Daarnaast spelen veel probleemoplosvaardigheden zoals: oriëntatie, plan maken en uitwerken, evalueren, ook een rol spelen bij onderzoeken en ontwerpen.

Belang van probleemoplosvaardigheden als algemene vaardigheid

Nog breder is de impact van het kunnen problemen oplossen. Op veel plaatsen, en in veel banen, moet er worden gepland. Dit is een soort van problemen oplossen. En ook googlen is een vorm van problemen oplossen. Kun je goed googlen, dan heb je de wereld onder handbereik. Veel leerlingen kunnen dit overigens niet!

Voorwaarden stellen aan het leren van probleem oplosvaardigheden

De Belgische onderzoeker de Corte heeft een aantal interessante voorwaarden voor het leren van probleemoplosvaardigheden op een rijtje gezet. Als deze voorwaarden worden ingewilligd tijdens de les is de verwachting dat leerlingen daardoor beter problemen leren oplossen:

- Actieve rol van de lerende

Over het algemeen leren mensen niet zoveel van passief luisteren. Ook problemen oplossen leer je door te doen. Je kunt zo vaak als je wil naar een docent kijken hoe die het doet, maar de volgende keer is het toch (net) anders. Door als leerling zelf het proces van oplossen keer op keer mee te maken, en steeds verder te komen in het proces, krijgt je als leerling de onderdelen van het oplosproces 'in de vingers'. Problemen oplossen is wat dat betreft net als zwemmen, dat leer je ook alleen door het zelf te doen.

- Brede variëteit van leersituaties

Problemen komen altijd uit een onverwachte, onbekende hoek. Daarop moet je je als oplosser dus instellen. Ook dat leer je alleen door problemen steeds in verschillende situaties te oefenen.

Hier kunnen we uit een bekend leerboek zowel een negatief alsook een positief voorbeeld geven. Hieronder worden eerst enkele opgaven getoond die vooral de procedure oefenen, maar niet probleemoplosvaardigheden (de vragen 85, 86, 87). Daarna wordt vraag 90 gesteld, die wel probleemoplosvaardigheden van de leerling vraagt.

Opgaven die procedures oefenen

85. Rintje schaatst de eerste 20 m van een sprint in 4,0 s. Zijn beweging is eenparig versneld. Bereken de snelheid die hij na 4,0 s heeft.
86. Een antilope haalt een snelheid van 72 km/h. Na de start heeft de antilope 100 m nodig om deze topsnelheid te bereiken. Bereken de versnelling.
87. Op het moment dat een Boeiing 737 aan zijn landing begint, is zijn snelheid 216 km/h. Bij die snelheid heeft het vliegtuig een landingsbaan nodig met een lengte van 1,8 km. Het vliegtuig landt eenparig vertraagd. Bereken hoe groot de vertraging tijdens het landen minstens moet zijn.

Een opgave die (ook) probleemoplosvaardigheden oefent.

90. Twan rijdt met zijn brommer 40 km/h. Op tijdstip $t = 0$ begint hij te remmen met een remvertraging van $4,0 \text{ m/s}^2$. Op een afstand van 30 m achter Twan rijdt Nicole met dezelfde snelheid. Nicole reageert pas na 0,80 s op het remmen van Twan. Zij remt dan ook met een remvertraging van $4,0 \text{ m/s}^2$.
 - a. Bereken op welke afstand achter Twan zij tot stilstand komt.
Het wordt gevaarlijker als Nicole slechts met een remvertraging van $3,0 \text{ m/s}^2$ remt.
 - b. Bereken op welke afstand achter Twan zij in dat geval tot stilstand komt.

Deze laatste vraag roept vaak veel vragen op bij de leerlingen, maar door hier op een constructieve manier op in te gaan, dus niet inhoudelijk te vertellen hoe het probleem moet worden opgelost, maar juist op de procedure hoe deze op te lossen in te gaan krijgt de leerling meer inzicht in hoe dit soort problemen op te lossen.

- Contextgebonden / inbedding

Problemen oplossen is met een algemeen model te beschrijven. Ervaring opdoen kun je echter alleen in concrete situaties. De vaardigheid problemen oplossen kan zelfs in de ene situatie beter functioneren dan in de andere. Je hebt als oplosser in een bepaald gebied meer kennis van zaken, dus meer gereedschap om problemen op te lossen, en hebt meer en beter de procedures tot je beschikking. Daarnaast heb je een vertrouwen in jezelf dat je binnen een bepaald gebied een probleem wel op kunt lossen. (Nederlanders zeggen vaak van zichzelf dat ze niet kunnen rekenen, maar het goedkoopste mobiele abonnement vinden is meestal niet een probleem.)

- Reflectie

Zoals al eerder genoemd is reflectie een vaardigheid die het problemen oplossen ondersteunt. Het is een vaardigheid die niet alleen aan het eind van een oplosproces van belang is (heb ik

mijn doel bereikt? hoe moet ik het de volgende keer beter doen?) maar helpt het ook tijdens het oplosproces naar de goede oplossing (ben ik zo goed bezig? ben ik goed op weg?).

Een NON-voorbeeld vind ik in veel situaties het nabespreken van een proefwerk. Als dat integraal wordt gedaan hebben de leerlingen dat meestal al een tijdje terug uitgevoerd, en hebben zij dus vergeten hoe zij ook alweer hebben gehandeld; hebben zij veel dingen goed, dus luisteren dan niet; en kunnen niets met de informatie hoe het volgende keer te doen (we spreken nu over probleemoplosvaardigheden). Een goed alternatief zou zijn om de leerlingen nogmaals de kans te geven een probleem op te lossen, evt. na enkele aanwijzingen.

- Oefening baart kunst / herhaling

We hadden al gevonden dat problemen oplossen een gecompliceerde vaardigheid is. Dat betekent dat je het niet in één keer oppakt, maar het verbetert door het steeds weer te doen, in verschillende contexten.

- Zelfvertrouwen

Is al genoemd binnen een bepaald onderwerp. Ook in het algemeen geldt, dat hoe meer goede ervaring een leerling heeft met het oplossen van een probleem (ik kan het) hoe meer kans die leerling heeft om het de volgende keer tot een oplossing te brengen. Door het groeiende vertrouwen in zichzelf zal de leerling minder snel opgeven, en zo langer doorgaan met zoeken naar een oplossing, waardoor de kans op slagen groter wordt. Hierdoor ontstaat een positieve vicieuze cirkel. Het tegenovergestelde geldt wanneer een leerling steeds stopt en niet verder gaat. Het oplosproces, lees leerproces, stopt op dat moment, en de leerling krijgt een negatieve ervaring waardoor hij de volgende keer minder vertrouwen in zichzelf heeft, en eerder opgeeft.

Voorwaarden stellen aan de ondersteuning

Zeker als we bovenstaande voorwaarden aan het leren van problemen oplossen stellen kun je de vraag stellen hoe dat dan te ondersteunen. Zo ingewikkeld als de vaardigheid is, is ook de ondersteuning. Toch kunnen enkele zaken meegenomen worden die ondersteuning een stuk efficiënter kunnen maken.

- Feedback op zich is noodzakelijk

Ten eerste is feedback erg belangrijk. Hoe moet een lerende anders weten hoe het de volgende keer beter te doen? Ook is het goed voor het zelfvertrouwen om te horen wanneer het wel goed is. Tegenover een verkeerde ervaring moeten zo veel als mogelijk goede ervaringen worden gezet.

- Voor-tijdens-na

In geval van het leren problemen oplossen is feedback tijdens het oplossen het best. Zo wordt het leerproces van een probleem oplossen zo lang mogelijk vol gehouden waardoor de lerende niet alleen langer oefent, maar ook de verschillende aspecten van het probleemoplosproces meer ervaart. Bovendien wordt zo de kans groter dat een (groep) leerlingen een probleem tot een goed eind brengt, wat het zelfvertrouwen vergroot.

In de praktijk is dit echter niet altijd te realiseren. In de situatie van bijles kun je feedback tijdens het oplossen geven. Maar ook in de situatie van gezamenlijk met de klas een probleem oplossen kan direct feedback worden gegeven.

Wordt feedback na een oplosproces gegeven, dan moet dit zo snel als mogelijk gebeuren, zodat de lerende nog weet wat hij heeft gedaan.

- Opbouwend, geleidelijk terugtrekkende ondersteuning

Het is natuurlijk zaak om de leerling (uiteindelijk) zelf problemen te laten oplossen. Dat betekent dat de leerling steeds meer zelfstandig problemen moet leren op te lossen, dus met steeds minder ondersteuning.

- Wat vs. hoe

Dat de procedure van oplossen van belang is, is al vaker genoemd. Hier geven we nog een anekdote die het verhaal kan ondersteunen: als je iemand wilt leren koken, moet je niet bij het

eerste het beste foute gerecht met een kant-en-klaar-maaltijd (lees: de oplossing van een probleem) aankomen, maar de lerende laten zien hoe hij kookt (lees: een probleem oplost). Je helpt de lerende het gereedschap en de producten te herkennen, te leren kennen, en gebruiken. En daarnaast help je de lerende hoe met de combinatie om te gaan. Reflectie op waarom het fout ging, en tips hoe dat de volgende keer beter te doen. Dan weer (evt.) mis laten gaan. Leren problemen oplossen is het leren met vallen en opstaan.

- Wie bepaalt wat er wanneer aan feedback is?

Deze vraag is minder gemakkelijk te beantwoorden dan op het eerste gezicht lijkt. De inhoudelijk gebruikte kennis en begrip, en zelfs de ideale oplossing kunnen wij als begeleider wel bedenken. Maar het moment waarop een lerende oplosser ondersteuning nodig heeft, kan een lerende misschien zelf ook goed aangeven. In ieder geval moet niet te snel ondersteuning worden gegeven. Het leren problemen op te lossen kost veel denktijd, maar denktijd is leertijd.

U zult misschien denken, hoe kun je al deze aspecten combineren in een leeromgeving? Ik was als docent-onderzoeker in de gelukkige situatie dat ik een op internet gebaseerd programma kon ontwikkelen en evalueren. Het programma Nathint biedt leerlingen opgaven uit het leerboek, en middels klikken ook toegang tot zowel inhoudelijke hints als ook procedure en SPA-achtige hints (Het eerste plaatje geeft een pagina met een voorbeeldopgave, het schema geeft de mogelijke hints wanneer op de desbetreffende link wordt geklikt.

The screenshot shows a web browser window titled "Wiskhint - Opgave 48 b - Microsoft Internet Explorer". The main content area has a blue background and is titled "Krachten op een katrol".

Krachten op een katrol

Zie voor deze vraag de figuur. De massa's van de koorden zijn te verwaarlozen ten opzichte van de massa's van de blokken A en B.

Bereken de kracht die het ophangkoord uitoefent op de katrol.

Hints

Terrein verkennen

- [Grafisch](#)
- [Massa](#)

Gereedschap

- [Krachten in een koord op de katrol?](#)
- [Resulterende kracht](#)
- [Krachten in een koord op de katrol?](#)

Aanpak

- [Krachten grafisch](#)
- [Krachten grafisch](#)
- [Massa's bekijken](#)

Antwoord(en):

A:

Status:

Scherf met opgave in het programma Nathint, hierna de bijbehorende hints.

Terreinverkennen

Grafisch

Hint: Neem de tekening over, en teken de krachten op de katrol.

Massa

Hint: Welke massa's hangen aan het koord? Als je een methode van berekenen kiest, neem dan ook de normaalkracht op blok B mee in de berekening.

Gereedschap

Krachten in een koord op de katrol?

De kracht van een koord werkt op een katrol op de plaats waar het koord de katrol verlaat.

Resulterende kracht

Onafhankelijk van de methode van oplossen, zul je altijd gebruik moeten maken van de eerste wet van Newton die stelt dat wanneer een voorwerp geen versnelling ondervindt, de totale kracht op dat object 0 N moet zijn.

Normaalkracht op B

Van vraag 39 weet je dat de normaalkracht op B 20 N is.

Plan

Krachten schematisch

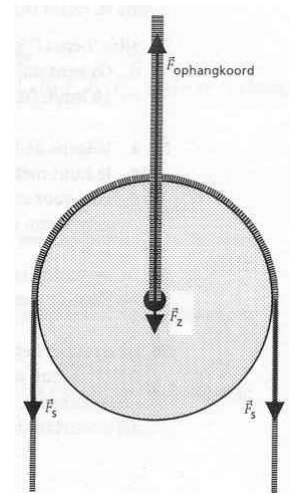
Vier krachten werken op de katrol. De spankracht van het koord werkt op de plaatsen waar deze de katrol verlaat. In aanvulling daarop hebben we de zwaartekracht op de katrol, en in de tegenovergestelde richting de kracht van het ophangkoord. Gebruik nu de eerste wet van Newton om de missende kracht te vinden.

Krachten grafisch

Kijk naar de tekening. De spankracht in het koord werkt op de katrol waar het koord de katrol verlaat. Vergeet niet de zwaartekracht op de katrol.

Massas bekijken

In plaats van naar de krachten op de katrol te kijken, kun je ook naar de massa's kijken die aan de katrol hangen. Neem in dit geval wel de normaalkracht op blok B mee in je berekening.



In het onderzoek naar het programma werd het oplosgedrag van de leerlingen gelogd, wat inhield dat alle opgaven die ze selecteerden werden gelogd, de hints en modelantwoorden, en of ze een goed of fout antwoord invulden.

Hierna is een schema met het oplosgedrag te zien van een leerling voor tien problemen gedurende het project.

		Volgorde van acties door een leerling, zoals geregistreed in the log file*.
1st helft Project	Vraag 4	2-1, 3-1, 3-2, 1-1, Goed
	Vraag 12	Fout, Fout, 1-1, 2-2, Goed
	Vraag 21	Fout, Fout, 3-2, 2-1, Fout, 4-3
	Vraag 33	Fout, Fout, Fout, 4-1
2de helft Project	Vraag 46	Fout, Fout, 2-1, Fout, 4-1
	Vraag 53	Fout, Fout, 2-3, 2-2, 3-1, Goed, 4-1, 4-2
	Vraag 64	1-1, 2-4, 2-3, 2-2, 2-1, 3-1, Fout, Fout, Fout, 4-1
	Vraag 72	Fout, Fout, Goed, 4-1

* *Legenda voor het lezen van het schema*

1-1 tot 1-3 = hints voor 'verkennen', 2-1 to 2-3 = hints voor 'gereedschap',

3-1 tot 3-3 = hints voor 'plan',

4-1 tot 4-3 = 'model' bekijken, Fout of Goed staat voor een poging van de leerling

Wat we in het schema zien is dat de leerling het soms goed doet, soms minder. Wel zit er steeds minder willekeur in het gebruik van de hints. Op het laatst wordt steeds begonnen met de eerste hint (de hint die het minst geeft) en pas als dat niet werkt, een meer uitgebreide hint. Ook zien we bij deze leerling dat gedurende het project de leerling meer naar het modelantwoord kijkt, ook als zijn antwoord al goed is. Dit is een indicatie dat hij meer aan reflectie doet.

Kritisch: praktische uitwerking van ondersteuning

Bij al deze mooie verhalen moeten we wel een enkele kanttekening maken. Ten eerste hebben we normaal met een grote groep te maken, die kunnen we niet allemaal individueel bijles gaan geven. Maar in ieder geval kunnen we wel kijken naar onze houding ten opzichte van de leerling: tijdens het zelfstandig werken moeten we niet antwoorden geven, maar vragen stellen waardoor de leerling weer verder kan. (en soms is het erg moeilijk om geen antwoord te geven!).

Daarnaast kunnen we opgaven op het bord niet als een perfecte uitwerking geven, maar laten zien hoe je als expert een opgave oplost (het gaat om het oplossen, niet om de oplossing). En natuurlijk de mogelijkheid aangrijpen om ondersteuning verder uit te bouwen, bijvoorbeeld door ...

Voor meer informatie: Henk Pol, ELAN, Universiteit Twente, H.J.Pol@utwente.nl

Referenties

De Corte, E. (2004). Mainstreams and Perspectives in Research on Learning (Mathematics) From Instruction. *Applied Psychology: An International Review*, 53, 279-310.

Middelink, J. W., Engelhard, F. J., Brunt, J. G., Hillege, A. G. M., de Jong, R. W., Moors, J. H., et al. (1998). *Systematische Natuurkunde (Systematic Physics)*. Baarn: NijghVersluys.

Newell A., & Simon H. A. (1972). *Human Problem Solving*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall.

Pol, H.J. (2009) *Computer Based Instructional Support During Physics Problem Solving: A Case For Student Control*. Dissertatie, Groningen: Rijksuniversiteit Groningen. Te verkrijgen bij de schrijver.

Schoenfeld, A. H. (1992). Learning to Think Mathematically: Problem Solving, Meta - cognition, and Sense Making in Mathematics. In D. A. Grouws (Ed.), *Handbook of Research on Mathematics Teaching* (pp. 334-370). New York: McMillan.