Draagt het bij aan hun leeropbrengsten als vo-leerlingen een antwoordenboek gebruiken bij (huiswerk)opdrachten in de exacte vakken?

Beantwoord door Christa Teurlings (kennismakelaar Kennisrotonde)

12 september 2023

KR. 1665

Kort antwoord

Antwoordenboeken zonder nadere uitleg en ondersteuning van de leraar dragen in het algemeen onvoldoende bij aan leeropbrengsten. Dit komt omdat leerlingen de antwoordenboeken meestal niet of niet goed gebruiken.

Wel kunnen leerlingen met het antwoordenboek de stapsgewijze uitleg van de lesstof beter gaan begrijpen en oefenen met eenvoudige vaardigheden. Leerlingen die al meer kennis hebben opgebouwd, hebben andere ondersteuning nodig. Het is dan bijvoorbeeld beter om leerlingen zélf de stap tussen het eigen antwoord en het norm-antwoord te laten overbruggen, om bepaalde oplossingen stapsgewijs uit het antwoordenboek weg te laten en/of bepaalde hints of vragen aan het antwoordenboek toe te voegen. Dan moeten leerlingen zélf bepaalde kennis uit het geheugen ophalen, en/of zelf verklaringen gaan bedenken voor de weggelaten stappen. Dit komt in het algemeen het leerproces en dus de leeropbrengsten ten goede.

Antwoord

Uitleg van begrippen

- In een antwoordenboek staan modelantwoorden

In een *antwoordenboek* staan de goede antwoorden op vragen, opgaven en opdrachten beschreven, vaak ook met uitwerkingen hoe de leerling tot het gegeven antwoord kan komen. Ze vormen daarmee een modelantwoord: een ideaal antwoord dus (Huxam, 2007). Doordat modelantwoorden expliciet aangeven wanneer een antwoord goed is en 'hoe het moet' (een norm) geven leraren de leerlingen daarmee als het ware snel feedback, zonder dat dit lestijd kost. Maar is deze feedback daarmee ook goed?

- Leeropbrengsten: prestaties op leertaken die kennis vereisen

Leeropbrengsten verwijzen naar prestaties op leertaken, hier: taken behorend bij de vakken natuurkunde, wiskunde, scheikunde, biologie.

Deze taken vereisen kennis. Sommige taken vragen naar feiten, of naar concepten (begrippen) of procedures. Sommige vereisen (ook) strategische kennis (zie bijvoorbeeld De Jong & Ferguson-Hessler, 1996; Pol e.a., 2008; Van Lehn, 1996).

Juist de strategische kennis is bij de exacte vakken erg belangrijk (zie tekstkader).

Leerlingen gebruiken antwoordenboeken niet of niet goed

In onze zoektocht naar literatuur over antwoordenboeken hebben we geen effectonderzoek gevonden naar het gebruik van antwoordenboeken in het Nederlandse voortgezet onderwijs, dus ook niet bij de exacte vakken. Ook internationaal onderzoek hiernaar in het voortgezet onderwijs hebben we niet gevonden.

Strategische kennis is bij exacte vakken erg belangrijk

Strategische kennis is nodig om een probleem te analyseren, relevante inhoudskennis en benodigde procedures te vinden, een plan te maken en het probleem op te lossen (Taconis, 1995). Het omvat meer samenhangende kennisonderdelen en ingewikkelde vaardigheden die nodig zijn om verworven kennis bij nieuwe opdrachten en in nieuwe situaties toe te passen. Vaak wordt er in het onderwijs weinig aandacht aan het ontwikkelen van deze kennis besteed, terwijl dat wél erg belangrijk is (Koopman, 2010, 2017).

Wel hebben we een masterscriptie gevonden over een kleinschalig onderzoek bij Scheikunde op een school voor voortgezet onderwijs in Nederland (Ludden, 2016). Het onderwerp was systematische naamgeving van organische moleculen in 4VWO, waarbij leerlingen gebruik konden maken van een antwoordenboek. Uit interviews met een klein aantal leerlingen en docenten kwam naar voren dat - als leerlingen wél een antwoord hebben gegeven - ze het antwoordenboek vooral gebruiken ter controle van hun antwoorden (is het antwoord goed?). Als leerlingen het goede antwoord níet weten, zoeken ze meteen het antwoord op in het antwoordenboek. Ze gaan dus niet eerst zelf proberen opgaven op te lossen.

Informele navraag bij een aantal ervaren vakdocenten laat zien dat leerlingen niet altijd gebruik maken van een antwoordenboek (persoonlijke communicatie D. Sluijsmans, 18 mei 2023). Ze kijken hun werk niet altijd na of zijn niet kritisch genoeg en zien daartoe vaak ook de noodzaak niet. Leerlingen corrigeren dus hun antwoorden niet of niet goed. Ze gaan er dan vanuit dat hun antwoord wel goed is, terwijl dat feitelijk niet zo hoeft te zijn. Hierin schuilt een gemiste kans om van fouten te leren: het blijkt juist erg leerzaam te zijn als leerlingen die sterk vertrouwen op hun eigen antwoord, gecorrigeerd worden (Metcalfe e.a., 2022).

Er schuilt ook een belangrijk risico in het niet corrigeren van antwoorden, doordat leerlingen dan mogelijk misconcepties (onjuiste denkbeelden) opbouwen van de lesstof, die in het algemeen niet eenvoudig te corrigeren zijn (Barton, 2018). Dit kan daarmee toekomstige leerprestaties blijvend schaden.

Diepere leerstrategie nodig

Daarnaast blijkt dat leerlingen die wél het antwoordenboek gebruiken, het goede antwoord herhaald overlezen en proberen te onthouden, en de opdracht regelmatig herhalen (zie bijvoorbeeld Moreno, 2006).

Dit helpt om te oefenen of om 'te stampen'. Dit leidt er echter *niet* toe dat leerlingen zélf op zoek gaan naar het juiste antwoord, zélf actief relaties gaan leggen tussen leerstofonderdelen en met eigen kennis en ervaringen. En deze diepere leerprocessen zijn voor de exacte vakken wél nodig voor het ontwikkelen van strategische kennis (zie tekstkader).

Vo-leerlingen maken eerder gebruik van een oppervlakkige in plaats van een diepere leerstrategie. Het is voor leerlingen vaak ook moeilijker om tot diepere leerprocessen te komen (Koopman, 2010, 2017). Het zelf kunnen reguleren van deze leerprocessen is voor leerlingen ook niet altijd vanzelfsprekend (Sins, 2023).

Het herhaald oefenen van opdrachten of lezen van antwoorden leidt er echter daarmee niet toe dat leerlingen beter worden in het ophalen van het geleerde uit het geheugen (Surma e.a., 2019; Uner & Roediger, 2018): zij oefenen immers wél het onthouden (memoriseren, 'stampen'), maar het ophalen uit het geheugen (het herinneren) juist weer niet (Karpicke e.a., 2009). Wanneer leerlingen dat wél doen (*retrieval practice*), dwingen zij zichzelf om informatie uit het geheugen op te halen, vóórdat zij het antwoordenboek erbij pakken. Dat heeft in het algemeen een beter effect op leeropbrengsten dan het herlezen of herhaald oefenen van de leerstof (Roediger & Butler, 2011).

Exacte vakken vereisen vaak diepere leerprocessen

Voor het verkrijgen van strategische kennis, moeten leerlingen niet louter oppervlakkige leerprocessen (zoals herhaald oefenen, nadoen, memoriseren) uitvoeren, maar vooral ook diepere leerprocessen (Koopman, 2017). Leerlingen gaan dan zelf denken en diepere relaties leggen tussen verschillende leerinhouden en met de eigen voorkennis of ervaringen uit het dagelijks leven. Zij gaan steeds meer zélf denkstappen ondernemen. Zo leggen ze verbanden met hetgeen ze al weten, ze vragen zij zich af wat zij al wel en wat zij nog niet begrijpen, ze monitoren hoe ver ze zijn met het oplossen van het probleem, zij controleren de uitkomst op een kritisch wijze (vergelijk Schoenfeld, 1992). Hierdoor bouwen zij een beter en rijker georganiseerde kennis en vaardigheden op (ook wel schemata genoemd), die zij bij diverse leertaken kunnen inzetten en toepassen. Hierdoor kunnen zij nieuwere leertaken beter tot een goed einde brengen. Kortom: het is nodig dat leerlingen gaan leren denken en redeneren (Liljedahl, 2018, 2021; Liljedahl e.a., 2021).

Leerlingen moet denkstappen zetten

Als leerlingen - na het maken van een opgave - een antwoordenboek erbij pakken, moeten ze eigenlijk enkele denkstappen gaan uitvoeren. Ze moeten het modelantwoord (de norm dus) lezen en dat modelantwoord vergelijken met het eigen antwoord. Hiervoor moeten ze al enige kennis van de leerinhouden hebben, en relaties gaan leggen met andere leerinhouden en met eigen voorkennis en ervaringen. Tevens moeten leerlingen (denk)stappen zetten om het verschil tussen het eigen werk en het modelantwoord te overbruggen (Taras, 2002, aangehaald in Huxam, 2007). Dit kunnen ze bijvoorbeeld doen door de uitgewerkte voorbeelden (aan zichzelf of aan klasgenoten) uit te gaan leggen of tussenliggende stappen voor zichzelf te verklaren (Renkl, 2005).

Dit alles is niet voor alle leerlingen zo vanzelfsprekend: zij missen daartoe de vereiste kennis, vaardigheden en leervermogens (Sins, 2023): daarvoor is vaak nog uitleg, sturing en steun vanuit het leermateriaal of de leraar nodig (bijvoorbeeld hardop denken en voordoen door de leraar).

Antwoordenboeken (met louter de volledig uitgewerkte antwoorden en zonder nadere instructie en ondersteuning van de leraar) lijken daarmee voor de meeste leerlingen nog onvoldoende ondersteunend voor hun diepere leerproces te zijn (vergelijk ook Frost, 2016; VanLehn, 1996).

Uitgewerkte voorbeelden kunnen soms helpen

Het kan leerlingen helpen als de antwoordenboeken passende informatie en hints bevatten, maar dat blijkt niet altijd zo te zijn. De informatie in antwoordenboeken is ook niet afgestemd op de prestaties van individuele leerlingen (Pol e.a., 2008). Ook is er vaak geen sprake van afnemende instructie (*fading out*), wat juist wél effectief lijkt om kennis te vergaren.

Interessant in dit verband is het genoemde kleinschalig onderzoek van Pol e.a. (2008). Dat gaat over het gebruik van zowel een antwoordenboek als een computerprogramma door 27 zestienjarige vo-leerlingen bij les over 'natuurkundige krachten'. Na een klassikale basisinstructie om problemen op de lossen, werkten elf leerlingen met een computerprogramma met afnemende instructie en hints tijdens en na afloop van probleemoplossingstaken. De andere leerlingen werkten in de klas met een antwoordenboek aan natuurkundetaken. Leerlingen die het computerprogramma hadden gevolgd, verbeterden hun strategische kennis om problemen op te lossen. Overigens is het volgens de onderzoekers echter niet helemaal duidelijk of dit komt doordat de leerlingen systematisch gebruik maakten van hints, of door de grotere effectieve oefentijd.

Belang van instructie en begeleiding

Ten eerste werken uitgewerkte voorbeelden wél als ze onderdeel vormen van de instructie, en dus niet als ze louter gelden als beoordeling (is het antwoord goed of fout?). Leerlingen krijgen dan gefaseerde uitleg en steun bij het gebruiken van het antwoordenboek bij het leerproces, zodat zij het antwoordenboek niet louter als eindbeoordeling van het eigen werk gaan inzetten.

Als leerlingen nog onvoldoende expertise hebben, kunnen zij door de stapsgewijze uitleg van de lesstof in het antwoordenboek de leerstof beter gaan begrijpen (Barbieri e.a., 2023; Moreno, e.a., 2006; Renkle, 2002; VanLehn, 1996). Dit heet het *uitgewerkt-voorbeeld effect* (Sweller & Cooper, 2009): uitgewerkte voorbeelden verbeteren het leerproces doordat ze de cognitieve belasting van het werkgeheugen van de leerlingen verlagen.

Als leerlingen over meer expertise gaan beschikken, werkt deze instructiestrategie weer niet zo goed. Dit heet het *expertise omkeringseffect* (Kalyugo, 2007; Kalyuga & Renkl, 2010). Het werkt dan weer beter om bijvoorbeeld bepaalde oplossingsstappen in het antwoordenboek stapsgewijs weg te laten. Door dit *fading out* moeten leerlingen zelf bepaalde kennis uit hun geheugen ophalen, en verklaringen gaan bedenken voor de weggelaten tussenstappen. Ook bepaalde hints, vragen of specifieke informatie in het antwoordenboek (of van de leraar) kunnen de diepere leerprocessen van leerlingen beter ondersteunen. Een andere manier is om bijvoorbeeld bij de even opgaven in het boek wél het volledige antwoord te geven en bij de oneven antwoorden in het boek niet (persoonlijke communicatie H. Pol, 31 mei 2023).

Geraadpleegde bronnen

Barbieri, C. A., Miller-Cotto, D., Clerjuste, S. N., & Chawla, K. (2023). A meta-analysis of the worked examples effect on mathematics performance. *Educational Psychology Review*, *35*(1), 11.

Barton, C. (2018). On Formative Assessment in Math: How Diagnostic Questions Can Help. *American Educator*, *42*(2), 33.

Frost, E. R. (2016). Feedback distortion: The shortcomings of model answers as formative feedback. *Journal of Legal Education*, *65*(4), 938-965.

Huxham, M. (2007). Fast and effective feedback: are model answers the answer?. *Assessment & Evaluation in Higher Education*, *32*(6), 601-611.

Kalyuga, S. (2007). Expertise reversal effect and its implications for learner-tailored instruction. *Educational psychology review*, *19*, 509-539.

Kalyuga, S., & Renkl, A. (2010). Expertise reversal effect and its instructional implications: Introduction to the special issue. *Instructional Science*, *38*, 209-215.

Karpicke, J. D., Butler, A. C., & Roediger III, H. L. (2009). Metacognitive strategies in student learning: do students practise retrieval when they study on their own?. *Memory*, *17*(4), 471-479.

Koopman, M. (2010). *Students' goal orientations, information processing strategies and knowledge development in competence-based pre-vocational secondary education. Dissertatie.* Technische Universiteit Eindhoven.

Koopman, M. (2017). *Diep leren: praktische handreikingen voor het bevorderen van diep leren bij leerlingen in het voortgezet onderwijs.* Technische Universiteit Eindhoven/NRO.

Liljedahl, P. (2018). Building thinking classrooms. In A. Kajander, J. Holm, & E. Chernoff (eds.) *Teaching and Learning Secondary School Mathematics: Canadian Perspectives in an International Context*, pp. 307-316. Springer.

Liljedahl, P. (2021). *Building thinking classrooms in mathematics, grades K-12: 14 teaching practices for enhancing learning.* Corwin press.

Liljedahl, P., Clarke, A., & Morrison, N. (2021). Building thinking classrooms: A conversation with Dr. Peter Liljedahl. *Journal of Mathematics Education at Teachers College*, *12*(1), 1-7.

Ludden, M. J. (2016). *Systematische naamgeving van organische moleculen in 4 VWO. (Master's thesis).* Universiteit Twente.

Moreno, R., Reisslein, M., & Delgoda, G. M. (2006, October). Toward a fundamental understanding of worked example instruction: Impact of means-ends practice, backward/forward fading, and adaptivity. In: *Proceedings. Frontiers in Education. 36th Annual Conference* (pp. 5-10). IEEE.

Metcalfe, J., Vuorre, M., Towner, E., & Eich, T. S. (2022). Curiosity: The effects of feedback and confidence on the desire to know. *Journal of Experimental Psychology: General*.

Pol, H. J., Harskamp, E. G., Suhre, C. J., & Goedhart, M. J. (2008). The effect of hints and model answers in a student-controlled problem-solving program for secondary physics education. *Journal of Science Education and Technology*, *17*, 410-425.

Renkl, A. (2002). Worked-out examples: Instructional explanations support learning by self-explanations. *Learning and instruction*, *12*(5), 529-556.

Roediger, H. L., & Butler, A. C. (2011). The critical role of retrieval practice in long-term retention. *Trends in cognitive sciences*, *15*(1), 20-27.

Rosário, P., Cunha, J., Nunes, A. R., Moreira, T., Núñez, J. C., & Xu, J. (2019). "Did you do your homework?" Mathematics teachers' homework follow-up practices at middle school level. *Psychology in the Schools*, *56*(1), 92-108.

Schoenfeld, A. H. (1992). Learning to think mathematically: problem solving, metacognition, and sense making in mathematics. In: Grouws, D. (eds). *Handbook of research on mathematics teaching*. Macmillan, pp. 224-270.

Sins, P. (2023). *Zelfregulerend leren gaat niet vanzelf: maar hoe dan wel?* Lectorale rede. Hogeschool Rotterdam.

Smith, M. A., & Karpicke, J. D. (2014). Retrieval practice with short-answer, multiple-choice, and hybrid tests. *Memory*, *22*(7), 784-802.

Surma, T., Vanhoyweghen, K., Sluijsmans, D., Camp, G., Muijs, D., & Kirschner, P. A. (2019). *Wijze lessen: Twaalf bouwstenen voor effectieve didactiek*. Ten Brink Uitgevers.

Sweller, J., & Cooper, G. A. (1985). The use of worked examples as a substitute for problem solving in learning algebra. *Cognition and instruction*, *2*(1), 59-89.

Taconis, R. (1995). *Understandig based problem solving: towards qualification-oriented teaching and learning in physics education. Dissertatie Technische Universiteit Eindhoven.* Wibro.

Uner, O., & Roediger III, H. L. (2018). The effect of question placement on learning from textbook chapters. *Journal of Applied Research in Memory and Cognition*, *7*(1), 116-122.

VanLehn, K. (1996). Cognitive skill acquisition. *Annual review of psychology*, *47*(1), 513-539.

Xu, J., Du, J., Cunha, J., & Rosário, P. (2021). Student perceptions of homework quality, autonomy support, effort, and math achievement: Testing models of reciprocal effects. *Teaching and Teacher Education*, *108*, 103508.

Meer weten?

- Toetsen om te leren. In: Kirschner, P.A., Claessens, L., & Raaijmakers, S. *Op schouders van reuzen. Inspirerende inzichten uit de cognitieve psychologie voor leerkrachten*. Ten Brink Uitgevers, pp. 136-141

Over deze vraag

Opgesteld door:	Christa Teurlings (kennismakelaar Kennisrotonde)
Vraagsteller:	Docent voortgezet onderwijs
Geraadpleegde experts:	Dominique Sluijsmans (Lector) en Henk Pol (Universitair Docent). Literatuursuggesties: Paul Drijvers (Hoogleraar), Paul Kirschner (em. Hoogleraar), Lesley de Putter (Universitair Docent), Tim Surma (Directeur Expertise Centrum)
Onderwijssector:	Voortgezet onderwijs
Trefwoorden:	Exacte vakken, probleem oplossen, uitgewerkte voorbeelden, antwoordenboek
Referentie:	Kennisrotonde. (2023). *Draagt het bij aan hun leeropbrengsten als vo-leerlingen een antwoordenboek gebruiken bij (huiswerk)opdrachten in de exacte vakken?* (KR. 1665)

Dit antwoord is gepubliceerd op Kennisrotonde.nl. De Kennisrotonde is samen met NCO en Onderwijskennis een dienst van het NRO.