

Kritisch denken bij een practicum

Om leerlingen een practicumopdracht goed te laten uitvoeren geven we leerlingen instructies. Tegelijkertijd willen we juist dat leerlingen tijdens practica kritisch denken en problemen zelf leren oplossen. Met een beurs van het postdoc vo-project onderzocht scheikundedocent en onderzoeker Marion van Brederode twee schooljaren in 6 vwo-groepen wat leerlingen aanzet tot kritisch denken tijdens een scheikundepracticum. Het onderzoek laat zien dat de voorbereidende fase bij een practicum invloed heeft op hoe scherp leerlingen observeren en in hoeverre ze onverwachte waarnemingen ook proberen te begrijpen en op te helderen. Dit in plaats van het te negeren of weg te wuiven als een experimentele meetfout. Het hele onderzoeksproject is terug te lezen in een publicatie in *Chemistry Education Research and Practice* (Van Brederode et al, 2020).

Practicuminstructies hebben een grote invloed op hoe leerlingen een practicum benaderen en wat ze hiervan leren. Stapsgewijze instructies, ook wel kookboek-instructies genoemd, pakken hierbij veelal teleurstellend uit. Een herkenbare situatie is dat de leerlingen zich pas realiseren wat ze aan het doen waren tijdens het schrijven van het verslag dat ze in 'moesten' leveren. Ook vakspecifieke kennis die tijdens het practicum aan bod komt, blijkt niet altijd beter te worden begrepen als leerlingen meer practica doen (Holmes et al, 2017).

Andere onderwijsdoelen voor practica, zoals 'kritisch denken over onderzoek', worden vaak even belangrijk als ongrijpbaar gevonden. Door de uitwerking van twee instructiemodellen in parallelle 6 vwo-groepen met elkaar te vergelijken hebben we met dit onderzoek hier meer grip op gekregen.

Instructiemodellen bij practica

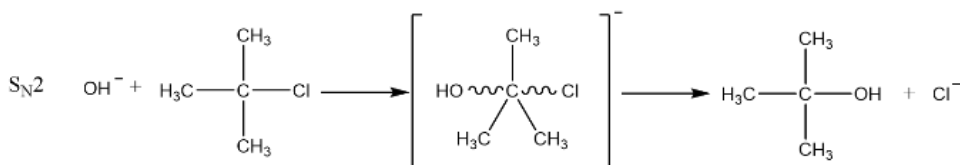
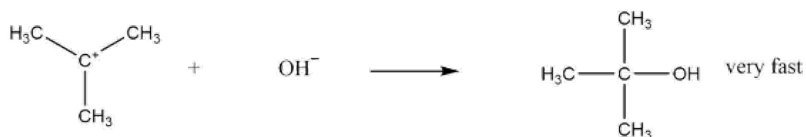
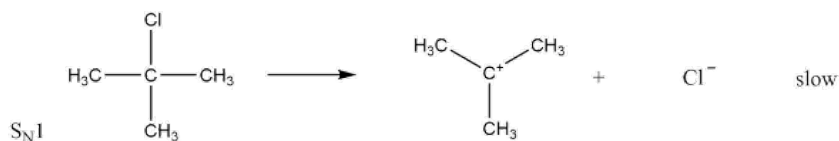
Een veel gebruikte aanpak om het denken van leerlingen tijdens practica te sturen en te stimuleren is het gebruik van voorbereidings- en verwerkingsvragen. Aan leerlingen wordt dan gevraagd aan allerlei aspecten van het practicum betekenis te geven, zodat ze zich meer bewust zijn van wat ze aan het onderzoeken of bestuderen zijn.

Een andere methode is leerlingen te laten beginnen met het maken van een experimenteel plan en dit met andere leerlingen te bespreken. Dit is ook een belangrijk aspect in een instructiemethode die Natas-

ha Holmes van Cornell University recent ontwikkeld heeft voor eerstejaars natuurkundepractica (Holmes et al, 2015). Zij gaat bij haar instructies verder uit van het kritische denken van wetenschappers, waarin een iteratief proces van vergelijkingen maken en beslissingen nemen te herkennen is. Dit is in de practicuminstructies overgenomen door ook aan studenten telkens te vragen experimenteel plannen en meetgegevens te vergelijken, op basis hiervan beslissingen te nemen over vervolgstappen en deze ook uit te voeren. Dat de studenten met deze aanpak een meer kritische houding ten opzichte van hun experimentele werk ontwikkelden bleek bij een onderzoeksstage het volgende jaar. Hierbij kwamen deze studenten vaker tot voortschrijdend inzicht en brachten ze vaker spontaan verbeteringen aan in een onderzoeksopzet dan studenten uit eerdere jaren. Het onderzoek van Holmes was het uitgangspunt voor dit onderzoeksproject.



MARION VAN BREDERODE is scheikundedocent op het Stedelijk Gymnasium in Haarlem, gepromoveerd als biofysicus en deed vakdidactisch onderzoek bij onderzoeksinstituut Learn! aan de Vrije Universiteit in Amsterdam. M.vanBrederode@sghaarlem.nl [linkedin.com/in/marion-van-brederode-102510a/](https://www.linkedin.com/in/marion-van-brederode-102510a/)



Reactieschema's.

Gebaande weg en kritisch denken

Om het effect van instructies op het handelen van leerlingen tijdens het practicum en de verslaglegging te kunnen vergelijken, waren in ons onderzoek de voorbereidende fasen verschillend en de instructies voor het afronden van het project gelijk. Kort gezegd komt het op het volgende neer: in de *gebaande weg*-conditie bereiden de leerlingen zich voor met voorbereidende vragen waarmee ze zich focussen op de onderzoeksvraag en het begrijpen van de meetmethode. In de *kritisch denken*-conditie werken leerlingen aan dezelfde onderzoeksvraag, maar wordt ze eerst gevraagd zelf te komen met een experimenteel plan en deze later met elkaar te bespreken. Beide groepen hadden dezelfde informatie over het experiment beschikbaar en kregen dezelfde richtlijnen voor het schrijven van het verslag. Het belangrijkste verschil tussen de condities zit dus in de manier waarop de studenten voorafgaand aan het practicum de aangeboden informatie verwerken.

Verborgen verrassing

De leerlingen voerden een project uit waarbij het doel was om reactiekinetiek in relatie te brengen met het reactiemechanisme (S_N1 of S_N2) van een substitutiereactie. Op basis van bovenstaande reactieschema's en het verdere lesprogramma, gingen de leerlingen er bij de voorbereiding vanuit dat, afhankelijk van of OH^- meedoet in de snelheidsbepalende stap, een toename van de OH^- -concentratie de reactiesnelheid zou verhogen (S_N2 -mechanisme) of geen effect zou hebben op de reactiesnelheid (S_N1 -mechanisme). Een toename van de concentratie

2-chloor-2-methylpropana (2Cl2MP) zou de reactiesnelheid verhogen in beide reactiemechanismen.

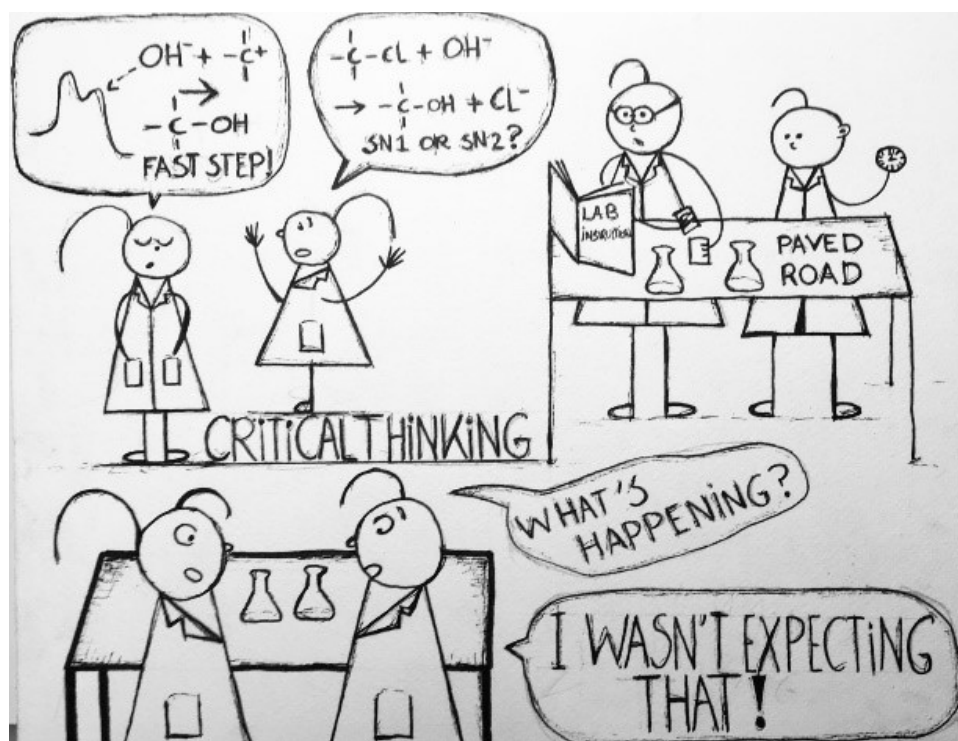
Wat de leerlingen in beide condities tijdens de voorbereiding zich zelden realiseerden (omdat we er niet teveel focus oplegden) was het volgende: door het verloop van reactie te volgen met een pH-indicator, is bij variatie van de OH^- -concentratie de stof die gevareerd wordt dezelfde als de stof die wordt geregistreerd.

Bij de uitvoering van het experiment namen de leerlingen dan ook waar dat bij verhoging van de concentratie van 2Cl2MP, de reactie-

tijd afnam. Een kortere reactietijd kon hier worden geïnterpreteerd als een verhoging van de reactiesnelheid. Toen de leerlingen echter de concentratie van OH^- varieerden namen ze waar dat de reactietijd langer werd. Dit was verwarrend, omdat dit voor hen ineens een daling van de reactiesnelheid suggereerde. Leerlingen bleken zich echter niet altijd even druk te maken over de betekenis van hun meetgegevens. Soms merkten ze deze schijnbare discrepantie niet eens op. Dit kan worden geïnterpreteerd als een gebrek aan kritisch denken tijdens het practicum. Voor leerlingen voor wie de meetgegevens wel betekenis hadden, was het mysterie na even goed doordenken over hoe nu eigenlijk gemeten werd, relatief eenvoudig op te lossen. Ze moesten doorkrijgen dat bij een verhoging van de OH^- -concentratie er ook meer deeltjes moeten worden omgezet totdat het omslagpunt bereikt is.

Niveaus van kritisch denken

We hebben de studie twee jaar achter elkaar uitgevoerd in vier parallelle 6 vwo-scheikundeclusters en hun kritisch denken in de verslaglegging geëvalueerd met de rubriek bovenaan de volgende pagina.



De houding van de leerlingen tijdens de practicumopdracht. Illustratie: Esther van Grondelle

Bij het eerste cohort werden we vooral overvallen door de lukrake opmerkingen die studenten in de gebaande weg-conditie maakten over hun meetgegevens. Hierdoor werd meer dan helft van de leerlingen in de gebaande weg conditie ingedeeld in het laagste kritisch denken niveau. In de kritisch denken-conditie van het eerste cohort kozen enkele tweetallen juist voor een heel andere experimentele benadering, waarbij ze wel zeer gemotiveerd waren om de betekenis van hun meetgegevens te doorgronden, maar de beschreven verborgen val niet duidelijk tegenkwamen.

Voor het tweede cohort hebben we voor beide condities het doel van het practicum scherper gecommuniceerd, zodat het effect van de instructies op het kritisch denken beter te vergelijken waren. Met als resultaat

Vakdidactisch onderzoek twee jaar achter elkaar uitgevoerd

dat de leerlingen in beide condities verder in de richting van een correcte data-analyse kwamen als het jaar daarvoor.

Niet uitgelegd

We moeten hierbij wel opmerken dat we eenvoudig het practicum zo hadden kunnen organiseren, dat vrijwel alle studenten de data correct zouden analyseren door ze simpelweg te vertellen hoe ze dat moeten doen. In dit onderzoek wilden we dit juist voorkomen en onderzoeken in hoeverre leerlingen gemotiveerd waren om een probleem te herkennen en zelf op te lossen door kritisch na te denken. In beide schooljaren liet de directe vergelijking van de leerlingen in de kritisch denken-conditie met de gebaande weg-conditie duidelijk zien dat leerlingen in de kritisch denken-conditie opmerksamer en doortastender waren tijdens het practicum. Ook toen met het tweede cohort, het doel van het experiment wat werd ingeperkt en strakker aan leerlingen werd gecommuniceerd, bleek dat de voorbereiding in de kritisch

0	Geen doordachte vergelijking tussen datamodellen. Bijvoorbeeld 'ze hebben allebei invloed, dus het is S_n2
1	Een vergelijking tussen experimentele gegevens en modellen voor reactiekinetiek zonder de werkelijke betekenis van de meetgegevens te doorgronden. Bijvoorbeeld de interpretatie dat een langere reactietijd een afname van de reactiesnelheid inhoudt en het idee dat een verminderde reactiesnelheid bij verhoogde $[OH^-]$ niet overeenkomt met één van de twee voorgestelde kinetische modellen.
2	Voortschrijdend inzicht bij de interpretatie van de experimentele gegevens. Bijvoorbeeld het zich realiseren dat de trend in het omgekeerde van de reactietijd geen directe maat is voor de reactiesnelheid, aangezien er meer OH^- moet reageren voordat de pH-indicator van kleur verandert
3	Kwantitatieve interpretatie van de experimentele gegevens en van de mate waarin de gegevens overeenkomen met het theoretische model/hypotheses.

Rubriek voor kritisch denken.

denken-conditie de leerlingen meer aanzette tot het serieus nemen van hun meetgegevens en ze gemotiveerder waren scherp te krijgen wat de meetgegevens betekenden en hoe ze deze in relatie konden brengen tot wat ze al wisten.

Digitale vragenlijst

Voor het tweede cohort hebben we de leerlingen ook nog een digitale vragenlijst gestuurd waarin zowel vragen stonden die direct gelinkt konden worden aan *kritisch denken* als vragen die meer over algemene aspecten van het practicum gingen. Hierbij bleek dat er vragen waren waarbij alle vier de groepen vergelijkbaar scoorden en dat er vragen zijn, waarbij vergelijkbaar wordt gescoord binnen één conditie, maar waarbij de uitkomsten tussen de twee condities juist verschillen. Bij nadere beschouwing van deze uitkomsten bleek dat dit laatste vooral gold voor een aantal vragen die gelinkt konden worden aan kritisch denken, samenwerken en gevoel van autonomie. Bij vragen over onder andere het nut van het practicum, hoeveel er geleerd was, hoe uitdagend het project was, bleken de meningen niet duidelijk te verschillen tussen de twee condities.

Kritisch denken niet ter sprake

Het is leuk om op te merken dat we nergens met leerlingen hebben besproken wat kritisch denken is en hoe we dat zouden kunnen herkennen in een beoordelingsrubriek. Het kritisch denken was altijd een spontane actie van de leerlingen. Leerlingen die niet kritisch over het practicum nadachten, waren zich hier meestal totaal niet bewust van en ze vonden net zo goed dat ze veel van de opdracht geleerd hadden. Toch bleek dat relatief subtiele verschillen in de voorbereidende fase van een practicum veel invloed heeft op de neiging van leerlingen om onafhankelijk

en kritisch na te denken over wat ze waarnemen tijdens een practicum.

Denken stimuleren

Vaak hebben we als docenten de neiging om, als we opmerken dat leerlingen ergens overheen kijken, de instructies zo aan te passen dat dit in het vervolg niet meer gemist kan worden. Het is jammer dat dit misschien het denken van de leerlingen zelf minder stimuleert, ook al zal dit het volgende jaar meer verslagen met de juiste 'uitkomst' opleveren. Bij practica als een middel om leerlingen te leren tot voortschrijdend inzicht te komen, moeten we misschien wat vaker minder de nadruk leggen op correcte voorbedachte methodes en leerlingen vaker de gelegenheid geven hun hersens hiervoor trainen. ●

BRONNEN

- Van Brederode, M.E., Meeter, M, Zoon, S.A. (2020) Examining the effect of lab instructions on students' critical thinking during a chemical inquiry practical. *Chem. Educ. Res. Pract.*, 2020,21, 1173-1182.
- Holmes, N. G.; Olsen, J.; Thomas, J. L.; Wieman, C. E., (2017). Value added or misattributed? A multi-institution study on the educational benefit of labs for reinforcing physics content. *Physical Review Physics Education Research* 2017, 13 (1).
- Holmes, N. G.; Wieman, C. E.; Bonn, D. A. (2015). Teaching critical thinking. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 2015, 112 (36), 11199-11204.

Link naar oorspronkelijke artikel in The Journal of Chemistry Education Research and Practice: <https://pubs.rsc.org/en/content/articlehtml/2020/rp/d0rp00020e#tab1>

