

Digitaal toetsen van Engineering Lesstof

Het gebruik van scenario-vragen in de digitale toetsomgeving

■ **Celine Goedee**
Toetsdeskundige

■ **Meta Keijzer-de Ruijter**
Expert digitaal toetsen.

■ **Erik Offerman**
Docent en onderzoeker

Ze werken allen bij de TU Delft. De pilot is mede mogelijk gemaakt door 4TU - Centre for Engineering Education.
E-mail: M.A.Keijzer-deRuijter@tudelft.nl

Op de TU Delft zijn veel vakken waarbij in een toets complexe berekeningen uitgevoerd moeten worden. Het meest gehoorde argument om deze vakken niet digitaal te tentamineren is de beperking dat studenten alleen een eindantwoord invullen en geen uitwerking kunnen tonen om daarmee een deelscore te behalen. Door gebruik te maken van scenario vragen, wordt dit probleem geadresseerd.

Inleiding

In het toetssysteem MapleTA is het mogelijk om zogenaamde scenario vragen te gebruiken. Het probleem bij dit type opgaven was echter dat er nog onvoldoende ervaring is opgedaan om richtlijnen uit te geven voor het creëren van kwalitatief goede scenario vragen. Om deze reden is er een pilot gedaan om de richtlijnen op te zetten, studenten te instrueren en de kwaliteit van de toetsopgaven te meten. In dit artikel worden allereerst twee typen scenario's beschreven, waarna stap voor stap de ontwikkeling van de vragen wordt gepre-

senteerd. Tot slot worden de voor- en nadelen van de beide scenario's gegeven en worden er aanbevelingen gedaan voor het hanteren van deze scenario's in de toetspraktijk.

Scenario beschrijvingen

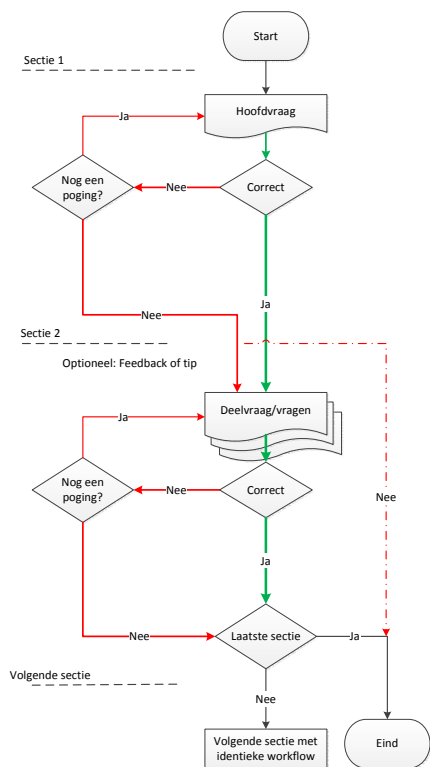
Simpel gezegd is een scenario vraag een digitaal afgenomen toetsopgave opgebouwd uit meerdere gerelateerde vragen, die na elkaar worden getoond: Als eerste wordt er een hoofdvraag gegeven en daarna krijgt de student deelvragen. De docent bepaalt de puntenverdeling over de hoofd- en deelvragen en het aantal pogingen dat wordt gegeven om een antwoord te beantwoorden. We onderscheiden twee scenariotypen: Onderbouwend en Ondersteunend.

Onderbouwend scenario

In afbeelding 1 is het onderbouwende scenario schematisch weergegeven. In dit scenario is niet alleen het juiste antwoord op de vraag van belang, maar ook de onderliggende redenering of berekening.

In de eerste sectie van de toetsopgave beantwoordt de student de hoofdvraag. Met een

Onderbouwend



Afbeelding 1. Stroomschema onderbouwend scenario

druk op de verificatieknop (zie afbeelding 2) controleert de computer het antwoord. Bij een incorrect antwoord krijgt de student een nieuwe poging (mits toegestaan) op de hoofdvraag. Een correct beantwoorde hoofdvraag brengt de student naar de volgende sectie met één of meerdere vragen, waarmee het antwoord op de hoofdvraag wordt onderbouwd. Wanneer, ook na meerdere pogingen, het antwoord op de hoofdvraag incorrect is presenteert het systeem alsnog de deelvragen of de opgave wordt afgesloten (zie het voorbeeld in afbeelding 2).

Er kunnen meerdere vervolgsecties worden ingesteld die volgens dezelfde structuur zijn opgebouwd. Ook voor het beantwoorden van de deelvragen kan de docent meerdere pogin-



Een scenario vraag is een digitaal afgenomen toetsopgave opgebouwd uit meerdere gerelateerde vragen

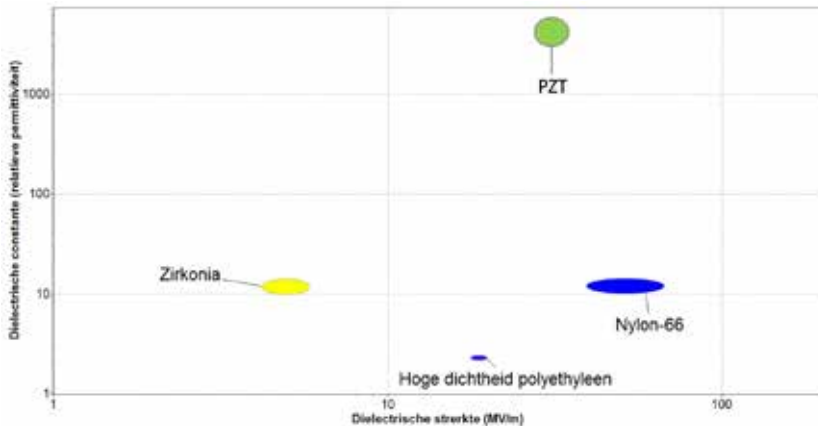
gen toestaan.

In afbeelding 2 is het voorbeeld van een meerkeuze hoofdvraag gegeven. In dit geval kiest de docent ervoor om de opgave af te sluiten als de hoofdvraag incorrect beantwoord is. Alle vragen moeten immers correct zijn beantwoord (dus ook de hoofdvraag).

In afbeelding 3 is het voorbeeld van een open (formule) hoofdvraag gegeven. In dit geval vereist de hoofdvraag een vaste aanpak om de Materiaalindex te bepalen. Om deze aanpak niet meteen vrij te geven, is hier gekozen voor het onderbouwende scenario. Ongeacht of de hoofdvraag correct of incorrect beantwoord is, krijgen alle studenten de deelvragen. Voor alle onderdelen van de opgave zijn punten te

Na het correct beantwoorden van de hoofdvraag krijg je nog 3 deelvragen waarmee je jouw keuze moet onderbouwen. Je moet alle vragen correct beantwoorden om punten te krijgen voor deze opgave.

Een supercondensator (*supercapacitor*) kan gebruikt worden voor de opslag van elektrische energie. Hiervoor is een diëlektrisch materiaal nodig. In onderstaande figuur staat voor een aantal materialen de diëlektrische constante ϵ_r en de dielektrische sterkte E_b (MV/m) uitgezet.



Welk diëlektrisch materiaal heeft de hoogste energiedichtheid E (kJ/m³) voor de opslag van elektrische energie?

▼

Section Attempt 1 of 1

Verify

Na het klikken op de verify button verschijnen de vervolgvragen ter onderbouwing van de meerkeuze vraag

- a. Geef de materiaalindex die moet worden gemaximaliseerd om het materiaal met de hoogste energiedichtheid te vinden.

$M =$

Klik [hier](#) voor een overzicht van de griekse symbolen en hun spelling

- b. Wat is de helling van de richtlijn (lijnen met constante materiaalindex x) waarmee de materiaalindex kan worden gerepresenteerd in de figuur?

- c. In welke richting dient de richtlijn te worden geschoven om de materiaalindex te maximaliseren?

▼

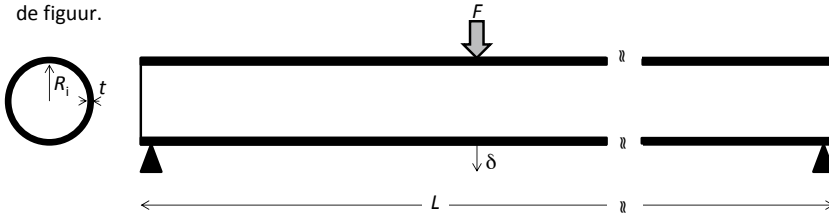
Section Attempt 1 of 1

Verify

Afbeelding 2. Voorbeeld meerkeuze onderbouwend scenario

Na het beantwoorden van de hoofdvraag, krijg je drie deelvragen om je antwoord te onderbouwen. Heb je in eerste instantie de hoofdvraag fout beantwoord, dan krijg je aan het eind nogmaals de kans deze vraag correct te beantwoorden.

Een lange, dunwandige, cilindrische buis met een gegeven lengte L (m) en inwendige en uitwendige straal R_i (m) en R_u (m), respectievelijk, wordt belast door een centraal aangebrachte kracht F (N). De buis wordt aan de uiteinden ondersteund zoals aangegeven in de figuur.



Het doel is om de materiaalkosten van de buis te minimaliseren. De randvoorwaarde is dat de buitenste vezel van de buis net niet plastisch mag deformeren onder invloed van het buigmoment M_{buig} (Nm).

De wanddikte t (m) van de buis is tot op zekere hoogte een vrij te kiezen parameter. De enige beperking is dat de wanddikte van de buis veel kleiner moet zijn dan de inwendige straal: $t \ll R_i$. De volgende benaderingen kunnen dan toegepast worden:

$$R_i + t \approx R_u \text{ en } R_u^2 - R_i^2 \approx 2 \cdot R_i \cdot t$$

Het materiaal van de buis heeft de volgende eigenschappen: een dichtheid ρ (kg/m³), een vloeispanning σ_y (Pa) en een prijs per kilogram c_m (€/kg).

Hoofdvraag

Leid een materiaalindex af die moet worden gemaximaliseerd om tot een materiaalkeuze te komen waarbij de materiaalkosten C van de buis minimaal zijn voor deze belasting en bovengenoemde randvoorwaarde.

Mat_index = Klik [hier](#) voor een overzicht van de griekse symbolen en hun spelling

Section Attempt 1 of 2

Verify

Na het klikken op de verify button verschijnen de vervolgvragen ter onderbouwing van de meerkeuze vraag

a. Geef de formule voor de doelfunctie:

$C =$

b. Geef de formule voor de randvoorwaarde

$M_{buig} =$

c. Geef de uitdrukking voor de vrije parameter

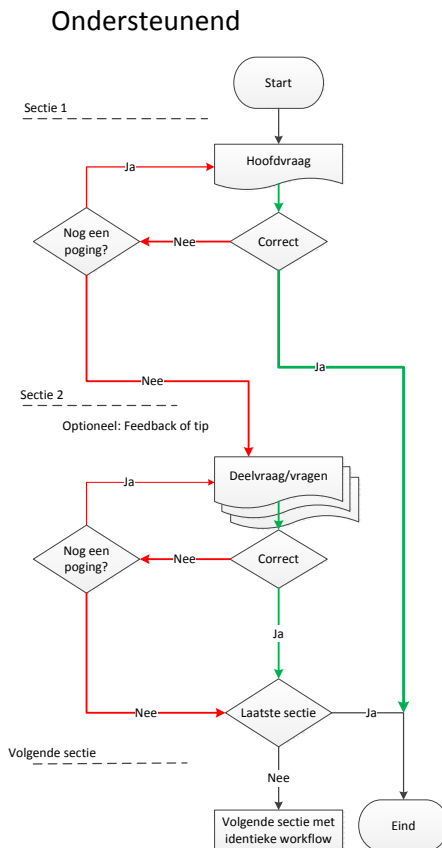
$t =$

Section Attempt 1 of 2

Verify

Afbeelding 3. Voorbeeld open vraag onderbouwend scenario

verdienen, waardoor deelscores mogelijk zijn. De deelvragen worden in afzonderlijke secties gesteld, zodat een fout antwoord op de ene deelvraag niet automatisch een fout antwoord op de volgende deelvraag betekent. In afbeelding 4 is het ondersteunende scenario schematisch weergegeven. In dit scenario ligt de nadruk op het correct kunnen beantwoorden van de hoofdvraag en is de wijze waarop van ondergeschikt belang. In de eerste sectie van de toetsopgave beantwoordt en verifieert de student de hoofdvraag. Bij een correct antwoord op de hoofdvraag krijgt de student de volledige score en worden er geen deelvragen gegeven.



Afbeelding 4. Stroomschema ondersteunend scenario

Wanneer, ook na meerdere pogingen, het antwoord op de hoofdvraag incorrect is krijgen studenten deelvragen waarmee zij in kleinere stappen hun vaardigheid kunnen tonen. Zo kan een deelscore worden behaald.

In afbeelding 5 is te zien dat in de tweede sectie een tussenvraag wordt gesteld, waarna de hoofdvraag wordt herhaald. Voor zowel de hoofd- als de deelvragen zijn twee pogingen ingesteld.

Pilot

In het pilotproject is de kwaliteit van deze scenario-vragen onder de loep genomen. Ten eerste was de verwachting dat studenten een toetsstrategie zouden hanteren, indien er meerdere pogingen worden gegeven voor het beantwoorden van een vraag en bij een bepaalde puntenverdeling tussen de hoofdvraag en deelvragen. Ten tweede is bekeken of de twee scenario's een toegevoegde waarde hebben.

Tijdens de pilot zijn er meerdere dataverzamelmingsmethoden gebruikt: de input van de docent, studenten interviews, hardop-denken protocol met tien studenten tijdens het maken van drie oefenopgaven, resultaten en analyse van de afgenomen summatieve toets (n= 451) en de opmerkingen uit de onderwijsenquête. In dit artikel worden resultaten en tips besproken gerelateerd aan de stappen uit de toetscyclus.

Stap 1: construeren hoofd- en deelvragen

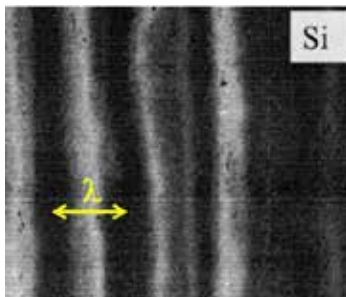
De twee randvoorwaarden voor toepassing van een scenario vraag zijn dat het oplossen van de opgave meerdere stappen vereist en dat het antwoord automatisch nagekeken moet kunnen worden. Om het inzicht in de opgave te vergroten, hebben de volgende vragen de docent geholpen bij het opstellen van zijn digitale versie:

- o Welk niveau wil je toetsen?
- o Ligt de focus op proces of het eindantwoord?
- o Zijn er verschillende oplosstrategieën mogelijk? Zo ja, wil je een specifieke strategie meten?

Wanneer je de hoofdvraag fout beantwoordt, krijg je twee deelvragen.

De microstructuur van een warmgewalst koolstofstaal heeft microchemische banden van silicium (Si), zoals aangegeven in de figuur.

De lichte en donkere delen van de figuur zijn gebieden met, respectievelijk, een hoge en lage concentratie van silicium dat substitutioneel is opgelost in het ijzer.



- De gemiddelde afstand tussen de banden, λ , is 100 μm .
- De pre-exponentiële factor voor de diffusie van Si in ijzer, D_0 , is $2.1 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2\text{s}$
- De activeringsenergie voor de diffusie van Si in ijzer, Q_d , is 250 kJ/mol.
- Om een meer homogene verdeling van de Si-atomen te krijgen, wordt het staal op een temperatuur $T = 1200^\circ\text{C}$ gegloeid.

Neem aan dat - bij benadering - de Si-atomen gemiddeld over een afstand van $\frac{1}{2}\lambda = 50 \mu\text{m}$ moeten diffunderen om een meer homogene verdeling van de Si-atomen te krijgen.

Hoofdvraag

Bereken hoeveel uur het staal op een temperatuur $T = 1200^\circ\text{C}$ moet worden gegloeid om een meer homogene verdeling van de Si-atomen te krijgen.

Geef het antwoord met tenminste twee significante cijfers.

uur

Section Attempt 1 of 2

Verify

Indien de hoofdvraag fout beantwoord is, krijgt de student onderstaande vragen om zo toch nog een deelscore te kunnen behalen

- a. Bereken de diffusie-coëfficiënt van Si in ijzer op $T = 1200^\circ\text{C}$.

Geef het antwoord met twee significante cijfers.

m^2s

- b. Bereken hoeveel uur het staal op een temperatuur $T = 1200^\circ\text{C}$ moet worden gegloeid om een meer homogene verdeling van de Si-atomen te krijgen.

Geef het antwoord met twee significante cijfers.

uur

Section Attempt 1 of 2

Verify

Afbeelding 5. Voorbeeld open vraag ondersteunend scenario

- o Wat zijn veel gemaakte fouten van studenten?
 - o Welk scenario (ondersteunend of onderbouwend) past het beste bij jouw situatie?
- Om inspiratie op te doen voor de hoofdvraag is gekeken naar de probleembeschrijving van een bestaande papieren vraag, het leerdoel en

de laatste vraag van een uit deeltappen bestaande papieren opgave. De deelvragen zijn geïnspireerd op de gedetailleerde uitwerking van de hoofdvraag.

Stap 2: Studenten voorbereiding

Studenten in onze pilot hadden al ervaring

met het door de TU Delft gebruikte toets-systeem, MapleTA. Basisnavigatie was geen probleem. Echter, het gebruik van nog onbekende features kostte onnodig veel tijd en soms gaven studenten onbedoeld een foute invoer. Bijvoorbeeld: Het invoeren van formules met een formule editor. Ze hadden moeite met het invoeren van de correcte symbolen op de juiste locatie (bijvoorbeeld subscript, superscript, onder de deelstreep). Ze gaven voorkeur aan het invoeren van formules middels 'text entry'. Na aanpassing bleek spelling van de symbolen een probleem (bijvoorbeeld λ versus labda). Het is dus noodzaak voor elk vak te identificeren waar de problemen zitten en studenten de mogelijkheid te geven zich hierop voor te bereiden. In de pilot kregen de studenten een oefentoets aangeboden waar onduidelijkheden van het toetssysteem aan bod kwamen. Verder is tijdens het

college aandacht besteed aan correcte invoer van de antwoorden.

Stap 3: Afname

De volgende punten zijn een greep van de resultaten uit het hardop-denken protocol met betrekking tot de afname.

1. Bij een afbeelding merkte een student op dat deze waarschijnlijk irrelevant is aangezien de afbeelding moeilijk leesbaar was door het kleine formaat. Zorg er dus voor dat de afbeeldingen vergroot kunnen worden.
2. Bij de invoer van een getal twijfelden studenten of de computer het antwoord fout zou beoordelen als er teveel of te weinig decimalen worden ingevoerd. Specificeer in de opdracht het aantal decimalen dat ingevoerd moet worden.
3. Tekst onder de invoervelden werd niet gelezen. Plaats de relevante tekst boven het invoerveld.
4. Er zijn twee punten naar voren gekomen waar een docent zich bewust van moet zijn en studenten van tevoren moeten weten:
 - o Studenten willen door het tentamen heen bladeren maar dit is alleen mogelijk op hoofdvraag niveau. Ze kunnen logischerwijs niet alle deelvragen al inzien.
 - o Doordat studenten tussentijds zien of hun antwoord correct of incorrect is, wordt hun mindset beïnvloed: ze raken gestresst of juist gemotiveerd.



Het bekijken van een automatisch nagekeken antwoord blijft noodzakelijk

Stap 4: Nakijken

De ervaring van de docent is dat het bekijken van de automatisch nagekeken antwoorden nog steeds noodzakelijk is. Studenten maken kleine fouten, die van tevoren niet waren voorzien, waardoor het antwoord volledig wordt fout gerekend. Bovendien is het waardevol om inzicht te krijgen waar en welk type fouten studenten maken. Dit verkregen inzicht maakt het mogelijk bij een volgende toets te anticiperen op de fouten en deze eventueel

met een deelscore te programmeren voor het automatisch nakijken. Het is belangrijk om de reden van de correctie op het antwoord vast te leggen in het systeem voor de inzage door de student.

Stap 5: Analyse

Het uiteindelijke tentamen had vier scenario-opgaven en twee standaard numerieke vragen. Uit de psychometrische analyse van de gehele toets bleek dat de vier scenario-vragen uiteenlopende p-waarden hadden. Deze waren conform de verwachting. De Rir-waarden gaven aan dat de scenario-vragen goed discrimineerden tussen de goed en slecht presterende studenten.

Toetsstrategie

In deze pilot is toetsstrategie gedefinieerd als een tactiek gebruikt door de student om te beslissen of en hoe serieus hij/zij een poging doet om de hoofdvraag te beantwoorden gebaseerd op andere factoren dan op zijn beheersing van de inhoud.

Aantal pogingen

Het toetsstelsel kent de mogelijkheid om meerdere pogingen te geven op het beantwoorden van een vraag. Tijdens het hardop-denken protocol bleek dat hoe meer pogingen studenten hadden, hoe meer zij gingen uitproberen: 'ik heb toch genoeg pogingen'. Hierdoor verloren zij veel tijd. Een student verwoordde het als volgt: 'Een poging wordt waardevoller hoe minder pogingen je hebt. Dan ga je er serieus over nadenken.'

Bij het tentamen is bekeken waar studenten de tweede poging voor gebruikten. Het meest werd dit gebruikt voor een kleine inhoudelijke wijziging (bijvoorbeeld afronding) of complete herberekening. Correctie in de notatie werd weinig toegepast. De tweede poging werd niet door alle studenten gebruikt.

De conclusie is dat studenten inderdaad een toetsstrategie hanteren op basis van het aantal pogingen. Ons advies: bedenk als docent voor

jezelf of je de verdeling waarvoor studenten de tweede poging gebruiken acceptabel vindt en geef sowieso niet meer dan twee pogingen.

Verdeling punten hoofd- en deelvragen

De verwachting was dat studenten de hoofdvraag zouden skippen, indien hiermee maar een klein gedeelte van de punten behaald kon worden. Uit het hardop-denken protocol bleek dat studenten nauwelijks kijken naar de puntenverdeling. Hun reactie was dat het puntenaantal niet interessant is aangezien ze sowieso de hoofdvraag proberen te beantwoorden. Verder vonden ze het lezen van de opzet van de vraag en puntenverdeling tijdverspilling.

Concluderend, bij de afname van deze toets is geen toetsstrategie geconstateerd gebaseerd op puntenverdeling. Het zou uiteraard kunnen dat, als studenten eenmaal gewend zijn aan de scenario's, ze alsnog een zo'n ongewenste toetsstrategie gaan ontwikkelen.

Reactie van studenten op de scenario vragen

De deelvragen waren opgezet als tussenstappen van de berekening. Een aantal studenten beaamde dit door aan te geven dat de deelvragen een kleiner stukje zijn ten opzichte van de hoofdvraag. Echter niet alle studenten zagen dat op deze manier. De reactie was dat er alsnog alleen maar werd gevraagd naar het eindantwoord. Verder gaf een aantal studenten aan dat ze digitaal toetsen voor dit vak ongeschikt vonden.

Voor- en nadelen

Voordelen

1. Door eerst de hoofdvraag te stellen kan worden getest of studenten zelfstandig de opgave kunnen oplossen.
2. Bij een meerkeuze vraag wordt een correct antwoord middels een "educated guess" of blind gokken niet meer beloond, omdat ingesteld kan worden dat de student alleen punten verdient indien ook de deelvragen correct zijn beantwoord.
3. Bij het ondersteunende scenario heeft

de student bij het beantwoorden van de hoofdvraag de vrijheid in het hanteren van zijn eigen oplossingsstrategie.

4. Studenten kunnen in kleinere stappen hun vaardigheid tonen.

Nadelen

1. De docent moet van tevoren goed bedenken wat mogelijke antwoord variaties zijn op de hoofdvraag om te voorkomen dat het antwoord op de hoofdvraag onterecht fout wordt gerekend. Dit kan namelijk zwaarwegende, ongewenste consequenties hebben.
2. Bij het onderbouwende scenario: Als de student het hoofdantwoord goed heeft kan het voorkomen dat hij de deelvragen opnieuw moet uitrekenen omdat hij voor de hoofdvraag een andere strategie had gebruikt.
3. Studenten ervaren het als nadelig dat er geen mogelijkheid is tot het verbeteren van de hoofdvraag als de deelvragen eenmaal zijn gegeven.

Conclusie

Scenario vragen kunnen een uitkomst bieden voor vakken waarbij het belangrijk is om te toetsen of studenten zelf de oplossingsstappen naar het eindantwoord weten zonder deze in eerste instantie weg te geven. Uit de pilot blijkt dat de vragen goed kunnen functioneren. Voorwaarde om de scenario vragen te gebruiken is dat studenten goed moeten worden voorbereid, zowel over de opzet van de scenario's als het specifieke gebruik van het toetssysteem. Verder moet van tevoren goed worden nagedacht over de opzet en goede antwoorden zodat dit tijdens de afname en achteraf geen problemen oplevert. Helaas kunnen toetsen die bestaan uit tekstuele, handmatig te beoordelen antwoorden nog geen gebruik maken van de scenario vragen. ■

Gesignaleerd

Rij-instructeurs willen dat hun eigen examen wordt geschrapt

Honderden rij-instructeurs zijn klaar met de manier waarop ze zelf worden gecontroleerd. Ze willen af van het verplichte examen waarin eens per vijf jaar wordt beoordeeld of ze nog wel goed les kunnen geven.

De rijsschoolhouders zijn op internet met een petitie gestart tegen het in hun ogen 'betuttelende' examen. "Velen van ons hebben jaren geleden al eens examen gedaan. Nu moeten ze dat weer gaan doen, maar als ze zakken, kunnen ze zomaar ineens werkloos raken", zegt één van de initiatiefnemers van rijsscholen in verzet, Bert de Weerd. Het steekt de rijsschoolhouders dat zij één van de weinige beroepsgroepen zijn waarin zulke zware straffen staan op het niet halen van een examen.

BndeStem, 3 april 2017