



STEMkey
Higher
Education
Module 3



Meten



This Higher Education Module document is based on the work within the project “Teaching standard STEM topics with a key competence approach (STEMkey)”. Coordination: Prof. Dr. Katja Maaß, International Centre for STEM Education (ICSE) at the University of Education Freiburg, Germany. Partners: Charles University, Constantine the Philosopher University, Hacettepe University, Institute of Education of the University of Lisbon, Norwegian University of Science and Technology, University of Innsbruck, University of Maribor, University of Nicosia, Faculty of Science of the University of Zagreb, Utrecht University, Vilnius University.

The project STEMkey has received co-funding by the Erasmus+ programme of the European Union under Grant Agreement Number 2020-I-DE01-KA203.005671. Neither the European Union/European Commission nor the German Academic Exchange Service DAAD are responsible for the content or liable for any losses or damage resulting of the use of these resources.

© STEMkey project (grant no. 2020-I-DE01-KA203.005671) 2020-2023, lead contributions for STEMkey Module O3 by *Utrecht University*. CC-NC-SA 4.0 license granted.



CONTENTS

Samenvatting.....	3
Introductie	4
Key Competence Approach.....	6
Leeropbrengsten.....	7
HE Module plan	8
Bronnen en materialen	22
Evaluatie	23
Interdisciplinair (transdisciplinair).....	24
Referenties	25



Samenvatting

Deze module behandelt het wiskundige standaardonderwerp meten, grootheden en hun afmetingen. Meten geeft uitsluitsel over de grootte van voorwerpen of verschijnselen en is van toepassing op fysische grootheden als lengte, oppervlakte, volume, gewicht, tijd, snelheid, kracht en energie. Het doel van de module is toekomstige leraren een rijke leerervaring over dit onderwerp te bieden en aan te tonen hoe relevant het is om meetconcepten te kunnen toepassen en ze te gebruiken om verschillende situaties in hun persoonlijke en beroepsleven op te lossen.

Innovatieve onderwijsmethoden worden gebruikt om een verschuiving te bewerkstelligen van basisvaardigheden, die vaak concurreren met wat technologie kan, naar een wiskundige sleutelcompetentie. Dit is het vermogen om (meet)problemen op te lossen in een reeks van alledaagse situaties. Dit impliceert wiskundig denken en een zinvol en kritisch gebruik van wiskundige voorstellingen, taal en technologie bij het meten. Authentieke en vakoverschrijdende contexten worden gebruikt om leerlingen kansen te bieden om meetvaardigheden te leren en verder te ontwikkelen. Onderzoekend leren wordt gebruikt om het gebruik van deze contexten in de praktijk van de klas te helpen organiseren.

Digitale technologie zal worden geïntegreerd aangezien veel meetinstrumenten tegenwoordig beschikbaar zijn op smartphones. Bovendien wordt de omgeving door augmented reality-technologie verrijkt met informatie-instrumenten zoals kompassen, temperaturen en linialen. Toekomstige leraren moeten de mogelijkheden van het gebruik van moderne technologie in hun klaslokaal begrijpen, en zij moeten leren hoe zij hun leerlingen op school kunnen instrueren hoe zij deze technologie kunnen gebruiken om competent te handelen in de huidige samenleving.



Introductie

Deze module behandelt het wiskundige standaardonderwerp van meten, grootheden en hun afmetingen. Meten geeft antwoorden over maten van voorwerpen of verschijnselen en is van toepassing op fysische grootheden zoals lengte, oppervlakte, volume, gewicht, tijd, snelheid, kracht en energie (Van den Heuvel-Panhuizen & Buys, 2008). Deze grootheden kunnen primair zijn (bijv. lengte en tijd) of samengestelde grootheden (bijv. snelheid).

We behandelen afmetingen en eenheden voor verschillende grootheden en besteden aandacht aan de ontwikkeling van wiskundige voorstellingen en taal zoals micro, kilo en tetra. Meten is in heel Europa een standaard bèta/technisch onderwerp. Wij zullen dit behandelen in combinatie met innovatieve onderwijsmethoden. Met name bij meten zijn dergelijke methoden nodig voor een verschuiving van basisvaardigheden die concurreren met wat technologie kan, naar de wiskundige (sleutel)competentie waarin wiskundig denken als hulpmiddel voor het oplossen van alledaagse problemen centraal staat. Bij wiskundige competentie hoort ook een betekenisvol en kritisch gebruik van technologie (Gravemeijer et al., 2017). Authentieke contexten worden gebruikt om leerlingen kansen te bieden om (basis)meetvaardigheden aan te leren en om transversale vaardigheden zoals kritisch denken te ontwikkelen (Doorman, 2019; Wijers & Jonker, 2017). Onderzoekend leren wordt gebruikt om het gebruik van deze contexten in de praktijk van de klas te helpen organiseren door opzettelijk intuïtieve redeneringen van leerlingen over meten uit te lokken en deze ideeën en taal te verbinden met conventionele notaties en strategieën (Cairns & Areepattamannil, 2019).

Een van de valkuilen bij meten is het gebruik van schema's van het metrieke stelsel (vaak in de vorm van een trap) die mechanische strategieën mogelijk maken die gebaseerd zijn op het verplaatsen van de decimale komma (een transformatie van cm naar m vereist een verplaatsing van de komma twee stappen naar links: $18,5 \text{ cm} = 0,185 \text{ m}$) en resulteren in geïsoleerde en niet flexibele strategieën (Ballering, 2012). Daarnaast maken verschillende rekenprocedures in verschillende bèta/technische disciplines het moeilijk voor leerlingen om vloeiend te worden in meten (ibid, 2012). Een vloeiend begrip van meten is onderdeel van de wiskundige (kern)competentie en is belangrijk om zelfverzekerd en vaardig te zijn in het dagelijks leven, op de werkplek en in alle bèta/technische domeinen.

De primaire doelgroep voor de module is onderwijzend personeel (opvoeders) in ITE; een belangrijke tweede doelgroep zijn toekomstige docenten. We zullen illustratieve klassenscenario's, taken en antwoorden van leerlingen opnemen. De taken kunnen ook door docenten en hun studenten in de dagelijkse praktijk worden gebruikt.

Deze module toont het belang en het onderwijs van meten voor de digitale maatschappij van de toekomst met vakoverschrijdende probleemoplossing, authentieke contexten, onderzoekend leren en digitale technologie.

De verbinding met authentieke contexten en persoonlijke referentiematen ondersteunt toekomstige leerkrachten bij het ontwikkelen van inzicht in het belang van meten, meetvaardigheden, en een positieve mindset ten aanzien van de relevantie ervan voor het dagelijks leven, werk en verdere studie. Toekomstige leraren hebben de vaardigheden ontwikkeld om voort te bouwen op het meetredeneren van leerlingen, om de mogelijkheden van innovatieve technologie en onderzoekend leren (IBL) te herkennen en te gebruiken om

hun leerlingen te begeleiden naar de beoogde meetkennis, meetvaardigheden en een positieve houding ten opzichte van het nut van meten. Hun studenten zullen in staat zijn hun persoonlijke innovatieve technologie te gebruiken voor dagelijkse of werkgerelateerde meetproblemen, om onrealistische resultaten te identificeren, en of realistische schattingen te maken.

Leerlingen moeten zich bewust worden van de algemene behoefte aan een gemeenschappelijk begrip van metingen om informatie uit te wisselen en te vergelijken. Met name in de natuurwetenschappen is het van fundamenteel belang een kritische houding te ontwikkelen ten aanzien van meetinstrumenten, het aantal benodigde metingen en de bereikte nauwkeurigheid. Studenten-leraren moeten zich deze (wetenschappelijke) houding eigen maken, en vaardigheden ontwikkelen om te weten dat, waarom en hoe ze 'objectief' verkregen informatie kunnen gebruiken om op bewijs gebaseerde argumenten te creëren voor een bepaalde conclusie of bij het nemen van beslissingen.

De module maakt gebruik van contexten uit andere disciplines zoals natuurkunde, scheikunde en aardrijkskunde. Bovendien zullen de meetstrategieën een nauwe verbinding hebben met toepassingen in sectoren als landbouw en gezondheidszorg door aan te sluiten bij hun instrumenten en strategieën (bijv. vuistregels voor de grootte van een hoop grond bij het uitgraven van een kubieke meter, of voor het maken van 1% chemische oplossingen). Voor deze module hebben we vier verschillende onderwerpen met betrekking tot meten vastgesteld, elk met zijn eigen specifieke leerresultaten. Een onderwerp omvat activiteiten om toekomstige leraren te ondersteunen bij het bereiken van de leerresultaten, evenals activiteiten die gericht zijn op hoe het onderwerp in de klas op een innovatieve manier kan worden behandeld, met behulp van authentieke contexten, op onderzoek gebaseerde leerstrategieën en technologie.

In de module gebruiken we de volgende woordenschat:

Grootheid	Dimensies(s)	Eenheid
Lengte	L	meter
Oppervlakte	Lengte en Breedte	m ²
Gewicht (massa)	M	kilogram
Tijd	T	seconde
Volume	V	liter
Snelheid	Afstand en Tijd	m/s or km/h



Key Competence Approach

Het zwaartepunt van deze module ligt bij de ontwikkeling van de wiskundige kerncompetentie, door de EU gedefinieerd als:

Wiskundige competentie is het vermogen om wiskundig denken te ontwikkelen en toe te passen teneinde een reeks problemen in dagelijkse situaties op te lossen. Voortbouwend op een degelijke beheersing van rekenvaardigheid, ligt de nadruk op proces en activiteit, alsook op kennis. Wiskundige competentie omvat, in uiteenlopende mate, het vermogen en de bereidheid om wiskundige denkwijzen (logisch en ruimtelijk denken) en presentaties (formules, modellen, constructies, grafieken en diagrammen) te gebruiken.

De module heeft ook betrekking op andere sleutelcompetenties zoals kritisch denken en wetenschappelijke en digitale competenties. Alle onderwerpen in deze module dragen bij aan de wiskundige competentie door in te gaan op activiteiten die gebruikt kunnen worden om de competentie te ontwikkelen en op activiteiten om de competentie in de praktijk van de klas aan te leren.



Leeropbrengsten

Het eerste verwachte leerresultaat van deze module is dat aanstaande leraren het belang van meten inzien, hun eigen meetcompetenties uitbreiden, en een positieve mind-set verwerven ten aanzien van de relevantie ervan voor het dagelijks leven, werk en verdere studie.

Het tweede leerresultaat is dat aanstaande leraren vaardigheden hebben ontwikkeld om voort te bouwen op de meetintuïties van leerlingen, om het potentieel van innovatieve technologie en onderzoekend leren (IBL) te herkennen en te gebruiken om hun leerlingen te begeleiden naar de beoogde meetkennis, meetvaardigheden en positieve attitudes ten aanzien van het nut van meten. Ze leren hoe ze hun persoonlijke innovatieve technologie kunnen gebruiken voor dagelijkse of werkgerelateerde meetproblemen in hun onderwijs. Een overzicht van de beoogde meet-leerresultaten in de module met betrekking tot de opeenvolgende hoofdstukken:

Leeropbrengsten	kennis	vaardigheden	houding
Genereren en gebruiken van persoonlijke referentiematen	Eenheden voor alledaagse hoeveelheden, maten van bekende voorwerpen als referentiematen	Gebruik van een referentiestrategie voor ramingen en vermogen om nieuwe referentiepunten te vinden	Bereidheid tot en vertrouwen in het gebruik van vertrouwde referentiepunten voor meetpunten
Schematiseren	Verband tussen eenheden, gebruik van voorvoegsels, modellen voor berekeningen en omzettingen	Vermogen om hoeveelheden met elkaar in verband te brengen, situaties te schematiseren met structuurmodellen, berekeningen uit te voeren	Vertrouwen in het (her)construeren van modellen die het redeneren over metingen ondersteunen
Het identificeren van hoeveelheden en het gebruik van meetinstrumenten	Kennis van diverse hoeveelheden, meetinstrumenten, schalen en nauwkeurigheid	Het vermogen om de juiste meetinstrumenten te selecteren en te gebruiken	Vertrouwen in en belangstelling voor het gebruik van instrumenten en apps die voor metingen beschikbaar zijn
Taal gebruiken om te communiceren over metingen	Dagelijkse en academische namen van hoeveelheden, eenheden en voorvoegsels	Vermogen om de taal voor metingen correct te gebruiken	Vertrouwen in communicatie over metingen in en buiten de klas



HE Module plan

De structuur van het moduleplan is als volgt:

0. Inleiding op meten: 20 min
1. Onderwerp: Genereren en gebruiken van persoonlijke referentiematen: 60 min
2. Thema: Schematiseren van structuren: 60 min.
3. Onderwerp: Het identificeren van hoeveelheden en het gebruik van meetinstrumenten: 30 min.
4. Onderwerp: Taal gebruiken om te communiceren over meten/maten: 30 min.

Voor elke taak/activiteit/sessie moet een tabel met de volgende informatie worden ingediend. Sjabloon voor afzonderlijke activiteiten/zittingen/taken:

0 Inleiding op meten

Introduction

Hele groep

20 min

Wij stellen voor te beginnen met twee inleidende activiteiten om de leraren in opleiding bewust te maken van het gebruik van persoonlijke referentiepunten en het belang van schematiseren bij het meten. De tweede activiteit kan ook gebruikt worden om de twee soorten activiteiten in deze module te belichten: voor het ontwikkelen van de eigen competentie, en voor het leren onderwijzen van de competentie.

Beschrijving

Stel uw leerlingen de twee onderstaande vragen en laat ze nadenken en kort hun resultaten delen. Bespreek deze resultaten in het plenum als inleiding op de module.

1 Maak een schatting van de hoogte van de kamer waarin je je bevindt.
Leg uit hoe je dat gedaan hebt.

2 Hoeveel vloertegels?

Het vloeroppervlak van je kamer is 4 x 5m. Je wilt het bedekken met tegels van 30 x 60 cm.

(eigen competentie) Hoeveel tegels moet je bestellen?

Vind minstens twee strategieën om het probleem op te lossen.

(onderwijzen van de competentie) Hoe kan dit probleem gebruikt worden om het begrip en het redeneren van leerlingen over oppervlakte te bevorderen?

1 Genereren en gebruiken van persoonlijke referentiematen

Het genereren en gebruiken van persoonlijke referentiematen heeft betrekking op het vermogen om persoonlijke referentiepunten voor metingen te ontwikkelen en toe te passen teneinde een reeks (schattings)problemen op te lossen in (alledaagse) situaties waarin hoeveelheden, afmetingen en meeteenheden een rol spelen. De aandacht voor schattingsproblemen heeft ook betrekking op het bevorderen van de vaardigheid om reële verschijnselen en situaties te modelleren, hetgeen het schatten van grootheden omvat. Schatten en het gebruik van persoonlijke referentiematen zijn belangrijke facilitatoren die leerlingen in staat stellen complexe situaties in alle bèta/technische disciplines aan te pakken (Ärlebäck en Albarracín, 2019).

Groepswerk

60 min

Kennis

Necessary knowledge involves

- kennis van (metrieke) meeteenheden en hun benamingen voor alledaagse grootheden zoals lengte/afstand (cm, m, km, ...), vloeistofvolume (ml, cl, dl, l), gewicht (mg, g, kg), tijd (s, min, h, ...), snelheid (km/h, m/s, ...)
- kennis van alledaagse voorwerpen die overeenkomen met formele meeteenheden: 1 m is een grote stap, 1 kg is een zak suiker, 1 minuut is langzaam tot 60 tellen, enz.
- kennis van metingen (afmetingen en eenheden) van enkele voorwerpen uit de "echte wereld", zoals de eigen lengte, de eigen snelheid bij het lopen of fietsen, het volume van een blikje frisdrank, de duur van een les, enz.

Vaardigheden

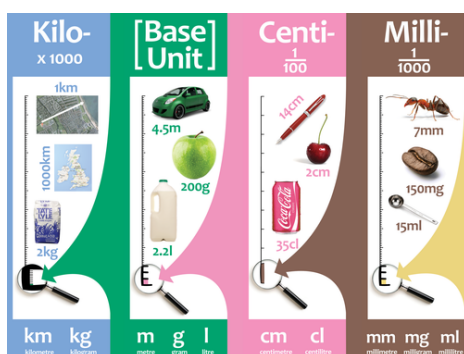
- Kunnen schatten en meten met behulp van een referentiestrategie.
- Nieuwe referentiepunten kunnen vinden/maken voor "nieuwe" eenheden.

Houding

- Bereid zijn om persoonlijke referentiepunten voor metingen te zoeken en te gebruiken. Vertrouwen hebben in persoonlijke kennis.

Activiteiten – eigen referentiematen

In de activiteiten 1.1 en 1.2 is het de bedoeling dat de leerlingen persoonlijke referentiepunten voor metingen ontwikkelen en toepassen om een reeks (schattings)problemen op te lossen in (alledaagse) situaties waarbij hoeveelheden, afmetingen en meeteenheden een rol spelen.



Figuur: Enig gevoel voor meting is onontbeerlijk in het dagelijks leven

Activiteit 1.1 Referentiematen

In deze activiteit lossen de leerlingen eerst individueel schattingsproblemen op voor verschillende afmetingen met behulp van persoonlijke referentiepunten (werkblad 1.1A). In kleine groepjes vergelijken ze hun referentiepunten en schattingsstrategieën. In de hele groep verzamel je de bevindingen en reflecteer je op referentiepunten voor lengte en snelheid. Betrek in de discussie ook referentiepunten voor andere grootheden, zoals gewicht, vloeistofvolumes, tijd.

Als huiswerk maken de leerlingen hun persoonlijke referentiegids (werkblad 1.1C) en nemen die mee naar de volgende sessie.

Je kunt ook een optionele activiteit voor het huiswerk inlassen (zie Werkblad 1.1B) waarin teams van leerlingen Fermi-problemen oplossen, waarvoor ze referentiepunten en schematiseringen nodig hebben voor verschillende grootheden in de schattingsopgaven. De schematiseringen kunnen gebruikt worden voor of er kan naar verwezen worden in activiteit 2.

Activiteit 1.2 referenties voor oppervlakte

In deze activiteit denken de leerlingen na over referentiematen voor oppervlakte. In werkblad 1.2A wordt om te beginnen een krantenkop gebruikt. Je kunt deze vervangen door een lokaal of recent voorbeeld. Een voetbalveld wordt als referentie gebruikt. waarom? En is dit een goede referentie voor iedereen? In werkblad 1.2B relateren de leerlingen de maten, eenheden en referentie voor lengte aan die voor oppervlakte.

Activiteiten – lesgeven over referentiematen

Het doel van deze activiteiten is leerlingen in het IOO te laten onderzoeken en nadenken over manieren om hun leerlingen te onderwijzen over schatten en het gebruik van persoonlijke referentiepunten.

Een van de manieren om dit te leren is gebruik te maken van open schattingsvragen (zie activiteit 1.1B). Dergelijke vragen hebben betrekking op Fermi-problemen (Ärlebäck en Albarracín, 2019).

Fermi-problemen (FP's) zijn open vragen die de probleemoplossers weinig of geen specifieke informatie bieden om hen in het oplossingsproces te sturen. Voorbeelden van FP's zijn: schat het aantal parkeerplaatsen dat nodig is voor een flatgebouw en schat de oppervlakte die door alle bladeren van een boom kan worden bedekt. Het meest opvallende kenmerk van KP's is het gebruik van veronderstellingen op basis van persoonlijke kennis en "eenvoudige" redeneerketens.

De studentleerkrachten leren dat het de taak van de leerkracht is om persoonlijke referentiematen en oplossingsstrategieën te delen en te vergelijken, om zo hun eigen lijst te waarderen en te overdenken. Deze activiteit, die ook gericht is op hoe te praten over en te reflecteren op het gebruik van persoonlijke referentiepunten bij het meten, ondersteunt de ontwikkeling van een kritische houding ten opzichte van meet- en schattingsvaardigheden.

Activiteit 1.3 lesplannen voor schat-opdrachten en referentiematen

Worksheet 1.3A Ontwerp een schat-opdracht voor de klas en zorg er voor dat de klas de geleerde lessen begrijpt. Aan de hand van werkblad 1.3B kunnen leerling-leerkrachten nadenken over het werk van leerlingen aan een taak over referentiepunten en een vervolgactiviteit ontwerpen om deze taak te verbeteren. Werkblad 1.3C is een voorbeeld van hoe het nieuws kan worden gebruikt als hulpmiddel bij het onderwijs over meten.

2 Schematiseren

Schematiseren van structuren richt zich op het vermogen om relaties tussen grootheden, afmetingen en meeteenheden te modelleren, te structureren en te visualiseren om zo problemen op te lossen. Deze focus verschuift de aandacht van rekenmodellen (bijv. de metrische ladder, trapmodellen) naar structuurmodellen (bijv. een gestructureerde liniaal of gestructureerde volumekubussen) die helpen bij het meten, bij het kiezen van de meeteenheid en bij het uitvoeren van berekeningen voor het omrekenen van eenheden (bijv. van m³ naar liters).

Laat docenten in opleiding kritisch nadenken over het gebruik van trapmodellen om leerlingen te ondersteunen bij het uitvoeren van berekeningen. Deze visuals werken als je het model begrijpt, terwijl leerlingen midden in een leerproces zitten. Wij suggereren meer aandacht voor structuurmodellen in het meetonderwijs.

groepswerk

60 min

Kennis

- kennis van (gebruikelijke) verbanden tussen meeteenheden
- kennis van de (meest gebruikte) voorvoegsels in het metrieke stelsel en hun betekenis
- kennis van modellen zoals de (dubbele) getallenlijn, staaf, oppervlaktemodel en verhoudingstabel
- kennis van metrieke systemen (en kennis van beperkingen van het onderwijzen van een metrieke systeem en van mogelijke alternatieven voor het omrekenen van eenheden via 'bekende' eenheden (bijv. centimeters, meters, kilometers)).

Vaardigheden

- meeteenheden voor eenzelfde grootheid met elkaar in verband kunnen brengen
- eenheden tussen grootheden kunnen relateren, bijv. 1 dm³ = 1 liter

- Relaties tussen maten kunnen reconstrueren door visualisatie b.v. in een schets van een kubieke meter centimeters in elke richting (l, b, h) aangeven om de factor 1 miljoen ($100 \times 100 \times 100$) te vinden.
- In staat zijn de mogelijkheden en beperkingen van schematiseringen zoals de trap voor het metrieke stelsel te analyseren.

Houding

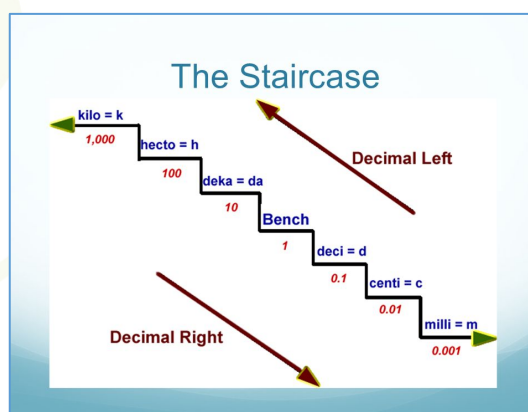
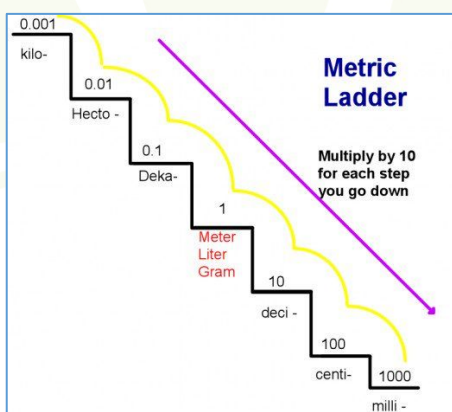
- Vertrouwen in de eigen kennis en het vermogen om tekeningen te gebruiken voor berekeningen en omrekeningen. Vertrouwen in het vermogen om te reconstrueren in plaats van te onthouden.

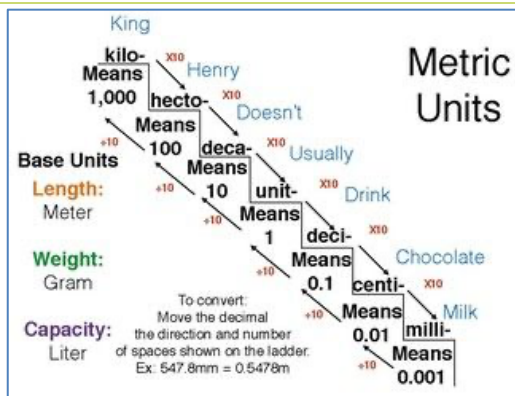
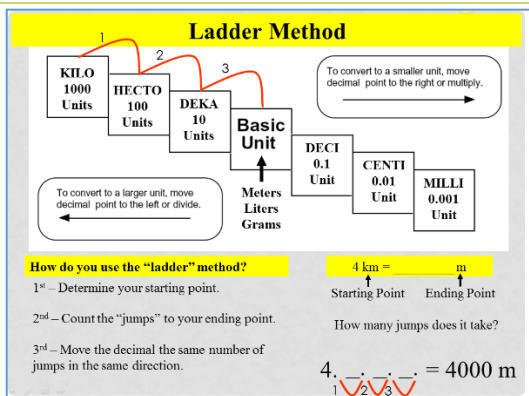
Activiteit 2.1 Onderzoeken van rekenstrategieën en het gebruik van schetsen/voorstellingen

Deze activiteit is een inleiding op berekeningen die omzettingen van eenheden of afmetingen omvatten. Laat de leerlingen het volume in liters berekenen van een zwembad met lengte, breedte en hoogte gegeven in meters (eventueel in combinatie met de tijd die nodig is om het zwembad te vullen in liters per seconde). Laat hen vervolgens nadenken over de kennis en vaardigheden die nodig zijn om tot het antwoord te komen (we verwachten dat de meeste leerlingen geen zwembad zullen tekenen om hun redenering te ondersteunen, maar sommigen kunnen een schets maken).

Activity 2.2 Discussie over 'trappetjes'

In veel situaties moet je eenheden omrekenen (bijv. van kilo... naar centi...) of afmetingen (van liter naar m³). Traditioneel domineren 'trapmodellen' het onderwijs van deze omzettingen. Bespreek met uw toekomstige leraren de redenen voor en de risico's van het gebruik van "trapmodellen" voor omrekeningen tussen meeteenheden:





Activiteit 2.3 Bespreek alternatieven voor de metrische ladder

Waarom gebruiken we de metrische ladder niet voor omzettingen in tijd (bv. van seconden naar uren)? Hoe zou je tijd kunnen visualiseren en conversieberekeningen kunnen ondersteunen?

Visuele voorstellingen die rechtstreeks verband houden met de situatie of dimensie die wordt gemeten, kunnen een alternatief bieden voor de metrische ladder, en conceptueel ondersteunen welke berekeningen moeten worden uitgevoerd voor het omrekenen tussen eenheden.

De visuele voorstellingen in de figuur hieronder helpen bij het ontwikkelen en reconstrueren van relaties tussen maten. Leg uit hoe een schets van een kubieke meter kan worden gebruikt om de factor 1 miljoen uit te leggen bij het omrekenen van kubieke meters naar kubieke centimeters.

Area

$1 \text{ m}^2 = 10.000 \text{ cm}^2$

Volume

Length

$1 \text{ km} = 10 \times 100 \text{ m}$

$1 \text{ km} = 1\,000 \text{ m}$

Activiteit 2.4 Progressief schematiseren in een leertraject

Voorzie de leraren in opleiding van een of meer onderzoekspapers over leertrajecten voor meten. Analyseer de rol van schematiseren en gereedschapsgebruik bij het leren over meten, bijv. voor het concept van een standaardmaateenheid: van het gebruik van voeten of handbreedtes voor het uitzetten van afstanden tot het gebruik van meetlatten (Gravemeijer, 2004) en het benutten van eerlijkheid bij het spelen van traditionele spellen (Wijaya e.a., 2011).

Vat kennis samen die nodig is voor een schematiserende aanpak in meten (liter is gelijk aan dm^3 , meter aan dm , volume is gelijk aan lengte x breedte x hoogte), vaardigheden, en houding.

Vraag uw studentleerkrachten om commentaar. Laat hen gelijkaardige opgaven in leerboeken vinden en een gelijkaardige competentiegerichte analyse geven.

Bespreek de instructievolgorde en ontwerp voorbeeldactiviteiten voor (enkele van) de rijtjes in de paper van Gravemeijer: https://doi:10.1207/s15327833mtl0602_3.

TABLE 1
Overview of the Proposed Role of Tools in the Instructional Sequence

Tool	Imagery	Activity/Ta-s Interests	Potential Mathematical Discourse Topics
Feet (heel to toe)		Measuring	
Masking tape	Record of activity of pacing	Reasoning about activity of pacing	Focus on covering distance
Footstrip	Record of pacing (builds on masking tape) (Form/function shift: using a record of pacing as a tool for measuring)	Measuring with a "big step" of five = measuring by iterating a collection of paces	Measuring as divorced from activity of measuring Structuring distance in collections of 5s and 1s
Smurf cans	Stack of Unifix cubes signifies result of iterating	Measuring by creating a stack of Unifix cubes	Builds on measuring divorced from activity of iterating
Smurf bar	Signifies result of iterating	Measuring by iterating a collection of 10 Unifix cubes Structuring distance into measures of 10s and 1s	Accumulation of distances Coordinating measuring with 10s with measuring by 1s
10-strip	Signifies measuring 10s and 1s with the Smurf bar	Measuring by iterating the 10-strip, and using the strip as a ruler for the 1s	Accumulation of distances Coordinating 10s & 1s
Measurement strip	Signifies measuring with 10 strip/ Starts to signify result of measuring (Form/function shift: inscription developed for measuring is used for scaffolding and communicating)	(1) Measuring: strip alongside item; counting by 10s and 1s => reading of endpoint (2) Reasoning about spatial extensions (results of measuring have become entities in and of themselves)	Distance seen as already partitioned; extension already has a measure Part-whole reasoning/quantifying the gaps between two or more lengths Shift in focus: focus on number relations; developing and using emergent framework of number relations
Empty number line	Signifies reasoning with measurement strip	Means of scaffolding & means of communicating about reasoning about number relations	Numbers as mathematical entities (numbers derive their meaning from a framework of number relations) Various arithmetical strategies

(Gravemeijer, 2004)

3 Identificeer grootheid/hoeveelheid en gebruik tools

Dit onderwerp richt zich op de selectie van de relevante grootheid/hoeveelheid, de selectie van een geschikt meetinstrument of -instrument, het aflezen en interpreteren van het resultaat van het instrument. Het aflezen en interpreteren van de resultaten van een meetinstrument omvat het interpreteren van een meetschaal en kan een verandering van eenheid of afronding inhouden.

groepswek

30 min

Kennis

- Kennis van het verschil tussen het meten van kwalitatieve en kwantitatieve dimensies.
- Kennis dat (kwantitatief) meten "passen bij een eenheid" betekent.
- Kennis dat men voor metingen meetinstrumenten kan gebruiken en enkele voorbeelden hiervan kennen.
- Kennis van de manier waarop meetschalen "werken" en kunnen worden afgelezen (zowel digitaal als analoog)
- Kennis van nauwkeurigheid, precisie, significante cijfers en afronding: wanneer een getal wordt afgelezen van een apparaat dat een maat voorstelt, weet men dat sommige/alle cijfers significant zijn, afhankelijk van de context, dat afronding nodig kan zijn en dat dit gevolgen heeft voor verdere berekeningen

Vaardigheden

- Kwalitatieve en kwantitatieve metingen van een grootte met elkaar in verband kunnen brengen
- Een geschikt meetgereedschap/-instrument kunnen kiezen en gebruiken
- Verschillende schalen aflezen, indien nodig interpoleren en/of afronden
- Zo nodig omrekenen tussen eenheden
- Resultaten interpreteren (aflezingen, gevoel van betekenis in verband met de context)
- Systematisch experimenteren om uit te vinden hoe een meetinstrument/gereedschap werkt

Houding

- Een zelfverzekerd gebruiker worden van moderne technologieën
- Kritisch kunnen nadenken over je eigen meetactiviteit (wat is precisie, en de noodzaak voelen om meer dan eens te meten)
- Door anderen gepresenteerde metingen kritisch evalueren (getallen zijn zelden objectief)
- Zich bewust zijn van meetculturen in andere disciplines of beroepen en bereid zijn om interdisciplinaire activiteiten in verband met meten te delen en eraan deel te nemen.

In deze activiteit verzamelen en vergelijken leerlingen eerst individueel analoge en digitale meetinstrumenten en bespreken ze wat met welke schaal gemeten kan worden (activiteit 3.1). In kleine groepjes kunnen ze de activiteiten uitvoeren. Besprekingen in de hele groep zijn nodig om de bevindingen te verzamelen en na te denken over concepten als significantie, uitschieters en het gebruik van instrumenten.



Als huiswerk kunnen de leerlingen ... (werkblad 3.2) maken en meenemen naar de volgende sessie.

Activiteit 3.1 Meetinstrumenten

Meetinstrumenten veranderen. Hieronder zie je een set analoge en een set digitale meetinstrumenten. Wat valt je op? Wat meten ze? Hoe meet je? Wat is het effect op het onderwijzen en leren meten?

Een concrete activiteit zou kunnen zijn om drie medeleerlingen jouw lengte te laten meten met een meetinstrument (misschien een meetlat, een elektronisch apparaat, een smartphone, een tegel van 15x15 cm als die bij de hand is). Krijg je elke keer hetzelfde resultaat? Hoe nauwkeurig is het meetinstrument? Kun je het gemiddelde nemen? Hoeveel significante getallen krijg je?

Huiswerk kan deze activiteit koppelen aan kritisch denken: laat je leerlingen krantenartikels verzamelen met metingen die in vraag kunnen worden gesteld (precisie, steekproeven, ...).

Analoge instrumenten	Digitale instrumenten
	

Activiteit 3.2 meten met uw mobiele telefoon

Wat kun je meten met je mobiele telefoon? Verken meet-apps. Maak een lijst van wat elke app meet, geef een voorbeeld hoe het werkt, wat voor soort hoeveelheden, wat is de meeteenheid? Hoe nauwkeurig?

Vergelijk precisie- en afrondingsproblemen bij het aflezen van de resultaten van een snelheidsmeter in je auto en van een radarpistool dat door de politie wordt gebruikt:



Noem ten minste drie situaties waarin bij het aflezen van de resultaten van een meetinstrument moet worden afgerond (bv. het opmeten van je lichaam voor kledingmaten versus het opmeten van houten planken voor de constructie van meubels).

Activiteit 3.3 kwalitatieve en kwantitatieve metingen

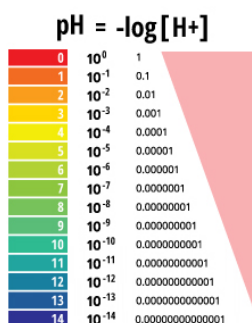
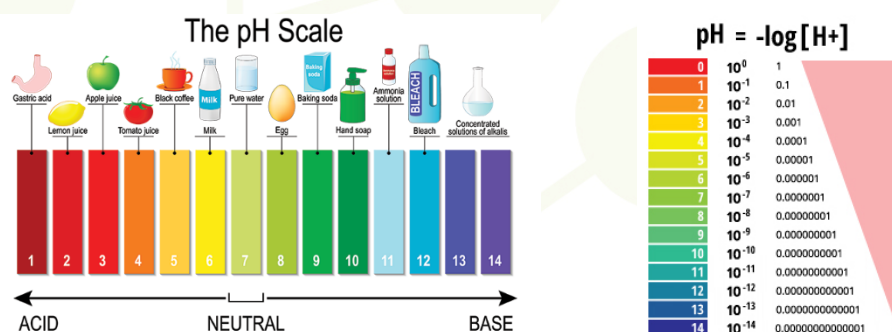
Een kenmerk van de meeste meetinstrumenten is dat zij een soort kwantitatieve schaal gebruiken. Deze schaal houdt op een specifieke manier verband met een meer kwalitatief

begrip van de te meten grootheid. We noemen iets bijvoorbeeld zwaar wanneer het niet gemakkelijk met de hand kan worden opgetild (kwalitatief), en dit voorwerp kan meer dan 20 kg wegen (kwantitatief). Sommige grootheden worden vaak kwalitatief gemeten (bv. zuur met een oplosbare of papieren indicator, of windsterkte door buiten naar verschijnselen te kijken), terwijl ze ook kwantitatieve schalen hebben (bv. pH-waarde door titratie en Beaufort-schaal met een anemometer of Windy.app). Deze activiteit maakt de leerlingen bewust van deze twee perspectieven op meten. In werkblad 3.3 staat een volledige tabel voor windsnelheid.

Laat uw leerlingen een grootheid beschrijven die kwalitatief en kwantitatief gemeten kan worden (inclusief afmetingen en eenheden). Bespreek ook het aantal significantiecijfers dat je kunt meten met het een kwantitatief meetinstrument in een specifieke situatie.

Beaufort	Omschrijving	Wind snelheid	Golf hoogte	Situatie op zee	Situatie op land
0	Kalm	< 2 km/h	0 m	Als een spiegel	Rook recht omhoog.
1	Briesje	2–5 km/h	0–0.3 m	Er vormen zich rimpels die op schubben lijken	Richting aangegeven door rookpluim maar niet door windvanen.
3	Forse bries	12–19 km/h	0.6–1.2 m	Grote golven; kammen beginnen te breken; schuim van glasachtig uitzicht; misschien verspreide witte paarden	Bladeren en kleine twijgen in voortdurende beweging; lichte vlaggen uitgestoken.

Deze activiteit kan in verband worden gebracht met het belang van interdisciplinair werk bij de aanpak van metingen en schaalconversies. Bijvoorbeeld door het onderzoeken van de schalen voor de PH-waarde.



Afhankelijk van je doelgroep kun je ook een activiteit opnemen over meten in beroepscontexten (Bakker e.a., 2011). Bijvoorbeeld: maak een meetles op basis van de informatie over vissen en visserij (<http://www.fao.org/3/F0752E/F0752E03.htm>) of over hartslagen (controleer je polsslag of gebruik een drukapparaat, fitnesstracker of smartphone).

Table 3 Examples of competence descriptions related to measurement randomly chosen from each sector

Ex.	Competence description (search terms in bold)	Qualification file and sector	Level
1	He samples and takes measurements for product and process control in skilled and accurate ways taking into account the vulnerability and decay of food	Assistant food and environment Food technology	1
2	The carpenter interprets the construction drawing and understands the structure and shape of the product. He chooses and manipulates the equipment for measuring and assembling the various parts correctly	Carpenter Economics	2
3	The lab assistant uses equipment for analysis and uses chemicals according to regulations. He treats them in a proper and careful way to ensure a good condition of the equipment and to produce reliable measurement results	Lab assistant Care	2
4	The metal worker accurately assembles different parts of the product in order to finalize the production process according to quality requirements in terms of measure (length, width, height, design), number, and delivery time	Metal worker Technology	3
5	The First mate/marine engineer of small fishing boats professionally recognizes the fish based on size and species and sorts them into the correct bins. Discards are thrown back into the water and in case of doubt he will use a measuring board	First mate/marine engineer small fishing boats Fisheries and food technology	3
6	The sport and activity coach collects sufficient relevant data about the performance of the SA-participant, for instance through observations and measurements and judges, based on these data, whether the SA-participant meets the expected standards, allowing the (social) skill level of the SA-participant to be determined correctly and any skill qualifications can be issued appropriately	Sport and activity coach Care	4
7	The aircraft technician examines possible causes of malfunction, verifies them, analyzes the results of the measurements , and draws logical conclusions on the fault so as to locate and analyze the problem adequately	Aircraft technician Technology	4
8	The senior logistics timber selects the measurement tools suitable for identifying stocks. He controls the quality standards during inventory of the appropriate wooden materials and makes efficient use of the measurement tools	Senior logistics manager for timber Economics	4

Activiteit 3.4 herhalende metingen

Indien niet behandeld in activiteit 3.1: Laat uw leerlingen in groepjes hun gemiddelde lengte en breedte met gespreide armen meten met wat ze bij de hand hebben (bv. boeken, potloden) en grafieken maken van hun metingen.

Bespreek hoe en waarom grafieken verschillend kunnen zijn. De rol van uitschieters. Mogelijke meetfouten. De noodzaak om gegevens te splitsen, bijvoorbeeld voor verschillende geslachten. Aansluiten bij meten in de wetenschap: soms zijn herhaalde metingen nodig om fouten, uitschieters, nauwkeuriger te voorkomen.

Neem contact op met een collega uit de natuur- of scheikunde, bijvoorbeeld een (student)docent, en vraag hoe precisie van metingen een rol speelt in hun onderwijs, vraag in het bijzonder naar het begrip 'significante getallen'. Denk na over hoe, of of, dat concept aan bod komt in het wiskundeonderwijs en hoe de twee disciplines elkaar kunnen ondersteunen.

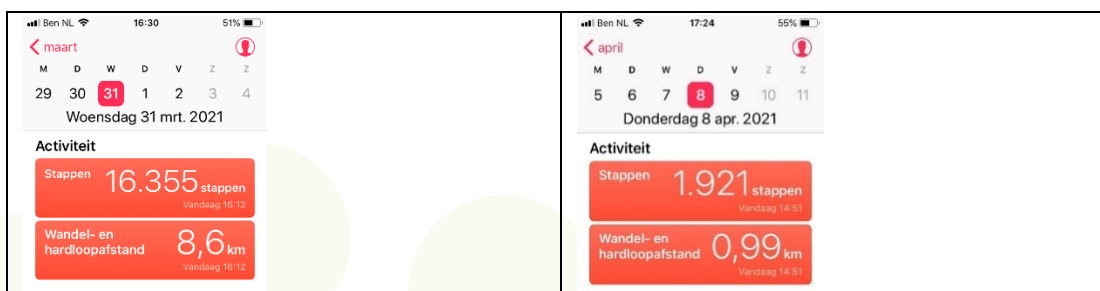
Activiteit 3.5 van voet naar telefoon

Deze activiteit betreft leerlingen bij het gebruik van mobiele apps om te meten en om te leren over eenheidstransformatie, in dit geval van stappen naar (kilo)meter. Als je van historische verhalen houdt, kun je de stap of voet als maat verbinden met vroege afstandsmaten. Deze activiteit kan ook gemakkelijk worden uitgebreid of uitdagender worden gemaakt voor hogere klassen door eigenschappen van de te traceren routes of vormen toe te voegen (bv. een cirkelvormig pad met een lengte van 1 km).



Bron: <https://www.maa.org/press/periodicals/convergence/the-right-and-lawful-road>

Uw mobiele telefoon heeft waarschijnlijk een activiteitsmeter die uw aantal stappen gedurende de dag en de afgelegde afstand meet. De twee schermafbeeldingen in deze figuur komen van de mobiele telefoon van dezelfde persoon. Hoe denk je dat de telefoon de afstand berekent uit het aantal stappen?



Is een wandeling rond je school meer of minder dan 1 km? Gebruik twee manieren om de lengte van deze wandeling te bepalen: met behulp van kaarten (met een slimme route met straatnamen), en met een activiteitsmeter van een mobiele telefoon. Vergelijk de resultaten en beslis welke van de twee het nauwkeurigst is. Laat de docenten van de leerlingen een les ontwerpen voor deze activiteit.

4 Wiskunde-taal bij het meten

Het belang van taal bij het leren van wiskunde wordt alom erkend (o.a. Smit e.a., 2016). Ook bij meten is taal prominent aanwezig voor het benoemen van grootheden en het uitvoeren van metingen. Woorden als gewicht, volume en liters zijn verwant, maar hebben ook een verschillende betekenis of gebruik, afhankelijk van de context en het taalgebruik in academische, schoolse of dagelijkse levenssituaties. De volgende activiteiten illustreren hoe het bewustzijn voor de rol van taal kan worden ontwikkeld en hoe taalgerichte ondersteuning bij het leren over meten kan worden geboden door taalbevorderende activiteiten te gebruiken.

groepswork

30 min

Kennis

- Kennis van de namen (en betekenis) van hoeveelheden, eenheden en van voorvoegsels
- kennis van de gebruikelijke uitdrukkingen die in de context van metingen worden gebruikt, zowel in het dagelijks taalgebruik als in het academisch taalgebruik, en het vermogen om verbanden te leggen tussen deze taalsystemen.

Vaardigheden

- Gebruik van specifieke meettaal op een passende manier.
- Verbindende voorstellingen

Attitude

- Zelfverzekerd in het aangaan van meetdiscussies
- Bewust van de rol van taal bij het meten en bereidheid om leerlingen te ondersteunen met taalversterkende activiteiten

Activiteit 4.1

Laat de leerlingen terugkijken naar de vorige activiteiten die ze hebben gedaan en daaruit een paar regels vinden of bedenken en opschrijven waarin ze laten zien hoe ze praten: bijvoorbeeld bij het uitleggen van een strategie voor het schatten van de hoogte van de kamer (activiteit 1) of bij het bespreken van een alternatief voor de metrische 'trappen'-activiteit enz. en schrijven (bij het oplossen van een taak of het rapporteren over bevindingen) over meten en meten.

Activiteit 4.2

Laat uw leerlingen in tweetallen een woordspin maken van wiskundige taal die voor meten wordt gebruikt.

Combineer twee tweetallen tot een groepje van 4 en laat ze de woorden ordenen in categorieën (verwante termen). Ze moeten deze categorieën zelf maken.

Bespreek in de hele groep de 'categorieënsystemen' van de groepjes

- Welke taalelementen worden gebruikt?

Bespreek vervolgens dat wiskundige taal niet over woorden gaat: het gaat over uitdrukkingen (zoals 'lengte wordt gemeten in centimeters, met behulp van een meetlint) en relaties. Vergeet niet dat symbolen ook deel uitmaken van de wiskundetaal.

Zorg ervoor dat de leerkrachten ook aandacht besteden aan één specifieke categorie: de voorvoegsels (milli, micro, kilo, mega, tera, ...) die gebruikt worden voor verschillende dimensies/eenheden (meter, gram, byte, ...).

Activiteit 4.3

Enige achtergrond over taalgevoelig onderwijs

Taal is een belangrijk instrument voor "denken" en dus voor begrip.

Geef voorbeelden van woorden en zinnen om te meten die alledaagse taal, algemene academische taal en specifieke wiskundige taal zijn

Als voorbeeld kunt u uw leerlingen de waspoederopgave laten analyseren met de volgende vragen:

1. Welk soort taal wordt gebruikt in het probleem van het waspoeder? Welke dagelijkse taal, welke wiskundige taal (woorden) en symbolen worden gebruikt, en welke algemene academische taal?

2. Bekijk het probleem (taal en plaatjes) door de ogen van een leerling: wat zou moeilijk kunnen zijn voor de leerling?

Stel dat je voor elke wasbeurt een dosering van 100 ml zeep gebruikt. Hoeveel wasbeurten kun je dan doen met één pak waspoeder van 1 kg?

Dosage			
4-5kg		soiling	
water hardness			
soft	60ml	75ml	100ml
medium	75ml	100ml	115ml
hard	100ml	115ml	140ml
handwash: dissolve 50ml of powder per 10L of water.			
for 6-7kg machines: add an additional 30ml / kg extra to the recommended dosage.			
prewash: add an extra 50ml of powder.			
100 ml = 68 g			
*The standard number of washes (100) is based on the dosage for normal soiling in medium water hardness and average content.			

Activiteit 4.4 Taalondersteuning

Bekijk de video 'Oom Kees' Zie: <https://www.youtube.com/watch?v=H3gYgreiAdw>

Het onderwerp van de activiteit is (de taal) van grafieken, maar je hebt misschien ook meetgerelateerd taalgebruik opgemerkt. Bespreek dit

-> hoe ondersteunt de leerkracht de ontwikkeling van de wiskundetaal van de leerlingen?

Welke technieken gebruikt ze?



Bronnen en materialen

List attached materials and give one-sentence-description. you can also include icons Note: Table lines shall not be visible.

Examples of materials:



Presentation 1 (pptx). Title + One-sentence-description



Readings. Title + One-sentence-description



Presentation 2 (pptx). Title + One-sentence-description



Worksheets. Title + One-sentence-description



Digital media, e.g.youtube video, social media...



Online repository



Evaluatie

Persoonlijke referentiemaatregelen

Wat zijn persoonlijke referentiemaatregelen? (geef een voorbeeld)

Waarom zijn persoonlijke referentiematen belangrijk bij metingen?

Hoe kunnen uw toekomstige leerlingen gestimuleerd worden om persoonlijke referentiematen te ontwikkelen en te gebruiken? (ontwerp een lesplan voor een activiteit)

Evaluatiedoel: Kennis over meetonderwijs en didactische competentie met betrekking tot lesvoorbereiding voor meten.

The fictieve dialoog

In deze opdracht wordt leerlingenteams van 2-3 gevraagd een dialoog te schrijven en uit te voeren over de rol van meting in wiskunde en een of twee andere disciplines.

Voor de dialoog wordt de studenten gevraagd zich voor te stellen dat zij een vertegenwoordiger zijn van een specifiek vakgebied en een dialoog te bedenken over de rol van meting in hun vakgebied, het gebruik ervan en wat belangrijk is om te weten en te beheersen. Elke groep bereidt een dialoog voor, met de nadruk op de disciplinaire onderbouwing van hun argumenten, en voert die op in de klas. De persoonlijke opstelling en het spreken in de ik-vorm intensiveren de ervaring.

Evaluatiedoel: Interdisciplinair bewustzijn in meting en betrokkenheid bij verschillende perspectieven (bv. wiskunde richt zich op afmetingen en omzettingen, terwijl exacte vakken zich richten op de rol ervan in experimenten zoals het gebruik van gereedschappen, precisie, representativiteit, fouten). De rubrics voor interdisciplinaire vaardigheden kunnen worden gebruikt om het werk van de leerlingen te evalueren.

https://cat-database.sites.uu.nl/knowledge_item/how-do-you-assess-interdisciplinary-skills/

Kritisch nadenken over metingen

Geef een lijst van metingen met een paar uitschieters en met een variatie in precisie. Vraag naar de meetcontext of vraag of deze lijst voldoende informatie geeft om een beslissing te nemen.

Evaluatiedoel: toon bewustzijn van mogelijke meetfouten en het vermogen om kritisch na te denken over de cijfers en ze te vergelijken (in relatie tot de meetcontext en -instrumenten).

Evaluatiecriteria: geef feedback op niveaus die variëren van onmiddellijk zeggen "ja, dit is genoeg" of "ik begrijp niet wat ik moet doen", tot het negeren van enkele uitschieters, tot het uitvoeren van enkele extra maatregelen en het trianguleren van meer beschikbare gegevens.

ICON

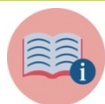
(follows)

Interdisciplinair (transdisciplinair)

Interdisciplinaire elementen betreffen de aandacht voor kwalitatieve en kwantitatieve aspecten van meten in andere disciplines (bijv. pH in de chemie en windsnelheid in de geografie), en aandacht voor de rol van meten in (kritisch) wetenschappelijk werk (bijv. betekenis van het aantal cijfers bij het meten van een grootte met een specifiek instrument en herhaalde metingen voor het voorkomen/identificeren van meetfouten). Dit heeft met name betrekking op natuur- en scheikunde.

Verder is er een verband met de module menselijke anatomie (bv. BMI en de lichaamsmaten van Leonardo en in het bijzonder activiteit 3.5 "van voet tot telefoon" over de stapgrootte) en met de module materiaalcyclus over de koolstofcyclus: hoe kan de hoeveelheid koolstof in de bodem worden gemeten? Bv. https://www.agric.wa.gov.au/soil-carbon/measuring-and-reporting-soil-organic-carbon?page=0%2C0#smartpaging_toc_p0_s0_h2 . Een schatting van de bulkdichtheid (BD) is vereist om de organische koolstofvoorraden in de bodem te berekenen in ton koolstof per hectare. De bulkdichtheid is het drooggewicht van een bekend volume bodem. Deze kan worden bepaald met behulp van een boorkern, een uitlaatpijp of een buis die voor een bepaalde diepte in de bodem wordt gehamerd. Voorbeeld van een schatting van de bulkdichtheid (BD): Een uitlaatpijp met een diameter van 7 cm (straal van 3,5 cm) die tot een diepte van 10 cm is ingeslagen, heeft een volume van: $3,14 \times (3,5 \times 3,5) \times 10 = 385 \text{ cm}^3$. Als het drooggewicht van de grond 500g was, dan $BD = 500/385 = 1,3 \text{ g/cm}^3 = 1\ 300\ 000 \text{ kg/ha}$...

Het verband met waterschaarste / waterbesparing ten slotte betreft vragen als: hoe meet je het waterverbruik tijdens het douchen? Welk verschil kun je in een jaar maken door de douchetijd te verkorten?



Referenties

One reference one row. Insert rows if needed. APA style
In this section please put literature used for production of this IO

- Ärlebäck, J. B., & Albarracín, L. (2019). The use and potential of Fermi problems in the STEM disciplines to support the development of twenty-first century competencies. *ZDM Mathematics Education*, 51(6), 979-990. <https://doi.org/10.1007/s11858-019-01075-3>
- Bakker, A., Wijers, M., Jonker, V., & Akkerman, S. (2011). The use, nature and purposes of measurement in intermediate-level occupations. *ZDM Mathematics Education*, 43(5), 737-746.
- Ballering, F. (2012). Het metriek stelsel; Eerst begrip, dan de formule [The metric system; First understanding than the formula]. *Volgens Bartjens*, 31, 26-28. http://www.fisme.science.uu.nl/publicaties/literatuur/2011_vb_31_ballering_het_metriek_stelsel.pdf
- Bishop, A. J. (1991). *Mathematical Enculturation. A Cultural Perspective on Mathematics Education*. Dordrecht: Springer.
- Burger, W., & Shaughnessy, J. (1986). Characterizing the van Hiele Levels of Development in Geometry. *Journal for Research in Mathematics Education*, 17, 31-48.
- Cairns, D., & Areepattamannil, S. (2019). Exploring the Relations of Inquiry-Based Teaching to Science Achievement and Dispositions in 54 Countries. *Research in Science Education*, 49(1). <https://doi.org/10.1007/s11165-017-9639-x>
- Doorman, L. M. (2019). Contexts to Make Mathematics Accessible and Relevant for Students—Jan de Lange's Contributions to Realistic Mathematics Education. In W. Blum, M. Artigue, M. A. Mariotti, R. Sträßer, & M. Van den Heuvel-Panhuizen (Eds.), *European Traditions in Didactics of Mathematics* (pp. 73-78).
- Gravemeijer, K. (1999). How emergent models may foster the constitution of formal mathematics. *Mathematical Thinking and Learning*, 1(2), 155-177.
- Gravemeijer, K. (2004). Local Instruction Theories as Means of Support for Teachers in Reform Mathematics Education. *Mathematical Thinking and Learning*, 6(2), 105-128. https://doi:10.1207/s15327833mtl0602_3
- Gravemeijer, K., Stephan, M., Julie, C., Fou-Lai Lin & Ohtani, M. (2017). What Mathematics Education May Prepare Students for the Society of the Future? *International Journal of Science and Mathematics Education* 15, 105-123.
- McLeod, D. B. (1992). Research on affect in mathematics education: a reconceptualization. In D. A. Grouws (Ed.), *Handbook of research on mathematics teaching and learning: A project of the National Council of Teachers of Mathematics* (pp. 575-591): Macmillan Publishing Co, Inc.



Smit, J., Bakker, A., van Eerde, H., & Kuijpers, M. (2016). Using genre pedagogy to promote student proficiency in the language required for interpreting line graphs. *Mathematics Education Research Journal*, 28(3), 457-478. <https://doi.org/10.1007/s13394-016-0174-2>

Smit, J., Gijssels, M., Hotze, A., & Bakker, A. (2018). Scaffolding primary teachers in designing and enacting language-oriented science lessons: Is handing over to independence a *fata morgana*? *Learning, Culture and Social Interaction*, 18, 72-85. <https://doi.org/10.1016/j.lcsi.2018.03.006>

Van den Heuvel-Panhuizen, M., Buys, K. (eds) (2008). *Young children learn measurement and geometry*. Sense Publishers, Rotterdam/Taipei.

Wake, G., & Dalby, D. (2020). *Principles and practice. Contextualisation of maths in further education*. Nottingham: Centre for Excellence in Maths (CfEM).

Wijaya, A., Doorman, L. M., & Keijzer, R. (2011). Emergent Modelling: From Traditional Indonesian Games to a Standard Unit of Measurement. *Journal of Science and Mathematics Education in Southeast Asia*, 34(2), 149-173.

Wijers, M., & Jonker, V. (2017). Authentic contexts in mathematics textbooks in secondary pre-vocational education (VMBO). In B. Grevholm (Ed.), *Mathematics textbooks, their content, use and influences*. Research in Nordic and Baltic countries (pp. 245-268). Oslo: Cappelen Damm Akademisk.