



Onder de loep... voor jong en nieuw!

16 Eenheden

Rik Dillen

Mineralogen vormen een wereldje apart, en voor wie niet zo goed vertrouwd is met het vak worden geregeld niet alleen termen, maar ook eenheden gebruikt die in de huis-, tuin- en keukenomgeving niet zo gangbaar zijn. Daarenboven gebruiken mineralogen en juweliërs niet altijd de voorgeschreven eenheden en de daarbij horende afkortingen en symbolen. Dat maakt er ons leven als mineralenliefhebber niet gemakkelijker op. Daarom proberen we een beetje orde te scheppen in deze soms enigszins verwarrende toestand.



Vroeger, tot het begin van de 18^{de} eeuw, werd overal ter wereld een wirwar van allerlei eenheden gebruikt, waarvan sommige nu nog enigszins gangbaar, of ten minste nog bekend zijn. Denk maar aan de paardenkracht (PK) om het vermogen van een auto aan te geven. Dankzij de Franse Revolutie kwam hier verandering in, met de invoering van een internationaal metriek stelsel. Sinds 1960 is het SI-stelsel internationaal aanvaard, hoewel sommige Angelsaksische landen hier nog altijd niet van willen weten (bijvoorbeeld de Verenigde Staten en het Verenigd Koninkrijk). SI is de afkorting van 'Système international d'unités', in het leven geroepen om internationale duidelijkheid te scheppen voor het meten van bijvoorbeeld afstand, massa, snelheid en temperatuur. Het wordt beheerd door het 'Bureau international des poids et mesures' in Sèvres (Frankrijk).

Een begrip zoals bijvoorbeeld de lengte noemen we een grootte, en achter die grootte plaatsen we een eenheid. In het geval van een lengte kan dat bijvoorbeeld een meter zijn. Er zijn zeven basiseenheden, namelijk de meter (lengte), de kilogram (massa), de seconde (tijdsduur), de ampère (stroomsterkte), de kelvin (absolute temperatuur), de mol (hoeveelheid van een stof) en de candela (lichtsterkte). In deze bijdrage beperken we ons tot de basiseenheden lengte en massa.

Omdat die basiseenheden eigenlijk maar geschikt zijn voor één bepaalde orde van grootte werden voorvoegsels gedefinieerd, die ons gelijk katapulteren naar een ander niveau. Het is namelijk nogal ongemakkelijk om de lengte van een heel klein kristalletje weer te geven als bijvoorbeeld 0.000 005 m. Dat kunnen we ook schrijven als $5 \cdot 10^{-6}$ m (wat ook niet bepaald als een vereenvoudiging overkomt), of nog als simpelweg 5 μ m (5 micrometer). Voor ons zijn in de praktijk de belangrijkste voorvoegsels:

10^3	<u>kilo</u>	k	<u>duizend</u>	1 000
10^0			<u>één</u>	1
10^{-3}	<u>milli</u>	m	duizendste	0.001
10^{-6}	<u>micro</u>	μ	miljoenste	0.000 001
10^{-9}	<u>nano</u>	n	miljardste	0.000 000 001



Close-up van de voormalige standaard-meter (Pt-Ir-legering), bewaard in het Bureau international des poids et mesures



'Onder de loep' verschijnt regelmatig in Geonieuws, en is vooral bedoeld voor jonge en minder jonge newbies. De beste manier om veel bij te leren is lid worden van de MKA: www.minerant.org/MKA/lidworden.html

Zo is 1 milligram een duizendste van een gram. We zetten eens wat ordes van grootte op een rijtje. Iedereen kan zich heel goed een kilogram zout voorstellen, en een gram zout... dat lukt je misschien ook nog enigszins. Een milligram is al wat moeilijker, en bij een microgram sla je helemaal tilt. Een zoutkristalletje van 1 mm groot uit je zoutvat weegt ongeveer 2 mg (milligram). Een microgram is dus van de orde van grootte van een duizendste van een zoutkorreltje. Zoals je weet heeft haliet, beter bekend als keukenzout, een kubische kristalstructuur.

Wanneer je eens goed met je loep naar gekristalliseerd zout kijkt zul je daar vaak kubusjes in herkennen. Wanneer je de eigenschappen van haliet opzoekt vind je onder andere de zgn. roosterparameters, dat zijn de afmetingen van de elementaire cel, m.a.w. het kleinste geheel van geordende ionen dat je nog haliet kan noemen. Vermits haliet kubisch is, is de elementaire cel in de drie richtingen precies even groot, namelijk 5.6404 \AA ... oeps... geen SI-eenheid!! Schande over ons en over onze kinderen, want we volgen de SI-regels niet. We stellen vast dat vele mineralogen de Ångström nog altijd blijven gebruiken. Correct zou zijn: 0.56404 nm (nanometer), want 1 Ångström wordt gedefinieerd als 0.1 nm . Om nog eens een idee te geven van hoe klein zo'n elementaire cel wel is: zo'n zoutkubusje van 1 mm^3 bevat ongeveer 5 500 000 elementaire cellen.



Halietskristallen van ongeveer 1 mm op het strand van Agi Apostoli, Attika, Griekenland: Foto 1978 © Rik Dillen.

Een tijdje geleden hebben we binnen ons redactieteam nog een discussie gevoerd of we in Geonieuws niet rigoureus altijd de SI-eenheden zouden gebruiken (en dus onder andere nm in plaats van Å). Als we dat zouden doen hebben we 100 % gelijk in termen van het correct volgen van de SI-afspraken, maar de slotsom was dat de MKA als kleine amateurvereniging niet het voortouw moet nemen in de strijd tegen een wereldwijde consensus bij de mineralogen om de SI-regels aan hun laars te lappen. Daarenboven zou het bij ons lezerspubliek alleen maar verwarring brengen, omdat ze dan in Geonieuws iets anders zouden vinden dan in de vakliteratuur. Maar goed, zolang de gebruikte eenheid maar vermeld wordt lijkt het ons geen zware overtreding. Het feit dat wij tenminste al beseffen dat we zondaars zijn geldt vast als verzachtende omstandigheid ☺.

Om je een idee te geven: met een heel goede microscoop kun je in de praktijk, bij een vergroting van 1000 X, details onderscheiden tot enkele μm (micrometer). Waarom kunnen we met een normale lichtmicroscoop geen kleinere details waarnemen? Heel eenvoudig, omdat we in de buurt komen van de golflengte van zichtbaar licht (orde van grootte $400\text{-}700 \text{ nm}$, of $0.4\text{-}0.7 \mu\text{m}$). Details die minder dan $1 \mu\text{m}$ van elkaar liggen zien we, door de golflengte van het gebruikte licht, niet meer als afzonderlijke details. Aan die wetmatigheid in de natuur kun je met de beste wil van de wereld niks veranderen. Merk op... de optica-specialisten volgen wél braafjes de SI-regels, door als lengtemaat de nanometer te gebruiken voor onder andere golflengten.

Soms zie je bij bepaalde grootheden helemaal geen eenheid vermeld. Dat is o.a. zo voor de brekingsindex. Dat is namelijk de verhouding van de lichtsnelheid in een materiaal t.o.v. de lichtsnelheid in vacuüm. Dat wordt dan uiteraard een dimensieloos getal, want je deelt een snelheid door een snelheid.

Van een dergelijke grootheid zeggen we dat ze onbenoemd is, en wordt dan ook voorgesteld als een onbenoemd getal.

Er zijn een aantal algemeen gebruikte eenheden die hoegenaamd niet in overeenstemming zijn met de SI-regels. Zo hebben we het in dit tijdschrift al eens uitgebreid gehad over 2 soorten karaten (Dillen, 2018):

- **De** karaat (afgekort ct) is een massamaat voor edelstenen, en wordt tegenwoordig gedefinieerd als precies 0.2 g .
- **Het** karaat (afgekort K) is een maat voor het goud- (of zilver-)gehalte van legeringen, uitgedrukt in vierentwintigsten (delen van vierentwintig) van zuiver goud.



'Onder de loep' verschijnt regelmatig in Geonieuws, en is vooral bedoeld voor jonge en minder jonge newbies. De beste manier om veel bij te leren is lid worden van de MKA: www.minerant.org/MKA/lidworden.html

Voor de temperatuur gebruiken we, ook tegen de SI-regels in, nog steeds '°C' (**graden Celsius**). De Kelvin (men spreekt van 'Kelvin', en niet van 'graden Kelvin') is wel al ingeburgerd in het vakjargon van de fysica, maar weinig of niet in de mineralogie, geologie en aanverwante wetenschappen. Een voorbeeldje: 20°C ('20 graden Celsius') is 293.15 K (293.15 Kelvin).

En dan rest ons nog de eenheden voor concentraties (of gehalten, zo je wil). Wanneer we de samenstelling willen aangeven doen we dat meestal in procent. Maar daar zit nog een valstrik: het kan om massaprocent gaan (hoeveel kg per 100 kg, of g per 100 g, wat op hetzelfde neerkomt), of over atoomprocent (hoeveel atomen van een bepaald element per 100 atomen in totaal). Het verband tussen beide 'procenten' kun je berekenen via de atoommassa's. En volledigheidshalve bestaat ook nog het 'volume-procent' wanneer men niet massa's relateert, maar volumes.

De grootheid 'procent' wordt vooral gebruikt om de concentratie van de hoofdelementen aan te geven, m.a.w. de elementen die je in de formule aantreft. Het is tegenwoordig de gewoonte geworden om in bijvoorbeeld nieuwsberichten te spreken van 'procent-punt'; dat is een volkomen nutteloos modeverschijnsel. Voor veel lagere concentraties, de zgn. 'sporenelementen' gebruikt men kleinere eenheden, zoals bijvoorbeeld



- **ppm** : 'parts per million', 'delen per miljoen'. Vermits een miljoen een factor 10 000 groter is dan 100, is 1 ppm een tienduizendste van een gram per 100 gram (of, als je de SI-regeltjes strikt wil volgen, een tienduizendste van een kilogram per 100 kilogram) of nog 0.0001 %. In de praktijk gebruikt men voor bv. ertsen ook vaak g/ton (gram per ton) i.pl.v. ppm.
- **ppb** : 'parts per billion', delen per... miljard (!): 'one billion' in het Engels is in het Nederlands één miljard, niet één biljoen. Verwarring troef dus!

We zetten nog even een paar zaken op een rij:

- We gebruiken in de mate van het mogelijke **SI-eenheden**, afgeleid van de kilogram en de meter.
- Voornamelijk onder druk van de mineralogen blijven we voor afstanden op het niveau van een kristalrooster de verouderde eenheid Å (**Ångström**) gebruiken, dat is 0.1 nm (nanometer).
- Beide '**karaten**' zijn nog altijd in gebruik bij juweliers, maar zouden beter vervangen worden door het equivalent in gram (g) respectievelijk een concentratie in massa-%.
- Voor afmetingen kleiner dan een millimeter gebruiken we bij voorkeur de **micrometer** (µm). De eenheid 'micron' bestaat sinds 1967 officieel niet meer.
- Voor concentraties of gehalten gebruiken we vooral de % (**procent**) voor de concentraties van hoofdelementen, en de **ppm** (parts per million) voor de concentraties van sporenelementen.

Literatuur

Dillen (2018), 'De ene karaat is de andere niet', Geonieuws 43(4), 82-83



'Onder de loep' verschijnt regelmatig in Geonieuws, en is vooral bedoeld voor jonge en minder jonge newbies. De beste manier om veel bij te leren is lid worden van de MKA: www.minerant.org/MKA/lidworden.html