De wetenschappelijke notatie

Bij zeer grote en zeer kleine getallen is het handig om de wetenschappelijke notatie te gebruiken. In dit document lees je daarover. Het helpt als je voorkennis over machten van 10 hebt.

Het decimale talstelsel

Het **decimale** (= tientallige) **talstelsel** is het talstelsel dat je al vanaf de lagere school gebruikt om getallen mee op te schrijven. Het is een **positiestelsel** dat de tien cijfers 0 t/m 9 gebruikt. De positie van een cijfer bepaalt de bijdrage van dat cijfer aan het getal.

Bij gehele getallen geeft het meest rechtse cijfer het aantal eenheden ($1 = 10^0$) aan. Naar links gaand vind je het aantal tientallen ($10 = 10^1$), honderdtallen ($100 = 10^2$), duizendtallen ($1000 = 10^3$), etc. Bij elke stap naar links neemt de bijdrage van een cijfer aan een getal dus met een factor 10 toe.

Bij niet-gehele getallen scheidt een decimaalteken — in Nederland de komma — het gehele deel van het fractionele (niet-gehele) deel van het getal. Rechts van het decimaalteken vind je achtereenvolgens het aantal tienden ($1/10 = 10^{-1}$), honderdsten ($1/100 = 10^{-2}$), duizendsten ($1/1000 = 10^{-3}$), etc. Als voorbeeld zie je hieronder dat 2103,217 dus kan worden geïnterpreteerd als $2 \cdot 10^3 + 1 \cdot 10^2 + 0 \cdot 10^1 + 3 \cdot 10^0 + 2 \cdot 10^{-1} + 1 \cdot 10^{-2} + 7 \cdot 10^{-3}$.

		← *geheel deel van het getal*			*fractioneel deel van het getal* →		
2	**1**	**0**	**3**	**,**	**2**	**1**	**7**
duizendtallen 10^3	honderdtallen 10^2	tientallen 10^1	eenheden 10^0		tienden 10^{-1}	honderdsten 10^{-2}	duizendsten 10^{-3}

Orde van grootte

Het **meest significante cijfer** van een getal is het cijfer dat de grootste bijdrage levert aan dat getal. Het is het meest linkse cijfer *ongelijk aan 0*. In de tabel onderaan deze bladzijde zie je het meest significante cijfer vetgedrukt bij een aantal getallen.

Bij elk getal kan een gehele macht van 10 (dus 10^N met N geheel) worden gevonden die de beste **benadering** van dat getal is. Vaak is de benadering de macht van 10 die hoort bij het meest significante cijfer van het getal. Zo is 10^3 (1000) de benadering van 2103,217 en is 10^{-2} (0,01) de benadering van 0,015. Soms is de benadering één macht hoger. Het getal 40 bijvoorbeeld ligt, op een logaritmische schaal, dichter bij 100 dan bij 10, dus 10^2 is de beste benadering van 40.

De **orde van grootte** van een getal is de exponent in de benadering van dat getal.[1] De orde van grootte van 2103,217 is dus 3, want dat is de exponent in de benadering 10^3. Ordes van grootte en benaderingen van enkele getallen staan hieronder. Je ziet bijvoorbeeld: 18 000 000 is 11 ordes van grootte groter dan 0,000 25 (dus een factor 10^{11} groter).

getal	benadering	orde van grootte
2103,217	10^3	3
18 000 000	10^7	7
0,000 **2**5	10^{-4}	−4
3,000 25	10^0	0
40	10^2	2

[1] Op de rekenmachine geeft de $^{10}\log$ van het getal, na afronden op gehelen, de orde van grootte. Zo kun je vinden dat $^{10}\log(2103{,}217) = 3{,}32... \approx 3$ en dat $^{10}\log(40) = 1{,}60... \approx 2$

Zeer grote en zeer kleine getallen

In de natuurwetenschappen kom je regelmatig zeer grote en zeer kleine getallen tegen. Enkele voorbeelden staan hieronder, met het meest significante cijfer weer vetgedrukt.

149 600 000 000 m	de gemiddelde afstand Aarde–Zon
602 214 076 000 000 000 000 000 mol^{-1}	de constante van Avogadro
0,000 000 000 0**5**3 m	de atoomstraal van een H-atoom
−0,000 000 000 000 000 000 **1**60 2 C	de lading van het elektron

Het voluit noteren van een zeer groot/klein getal heeft enkele nadelen:

- het getal neemt veel ruimte in beslag door het grote aantal nullen
- het is niet in één oogopslag te zien welke macht van 10 bij het meest significante cijfer hoort en dus wat ongeveer de orde van grootte van het getal is
- bij zeer grote meetwaarden kan het onduidelijk zijn welke cijfers wel en welke cijfers niet significant zijn, dus hoe nauwkeurig de meting is[2]

Wetenschappelijke notatie en de standaardvorm

Hieronder zie je weer de getallen van de vorige paragraaf, nu in de standaardvorm van de wetenschappelijke notatie. De notatie is duidelijk veel beknopter. De uitleg volgt hieronder en in de volgende paragraaf zie je hoe het omschrijven in zijn werk gaat.

$\mathbf{1},496 \cdot 10^{11}$ m	de gemiddelde afstand Aarde–Zon
$\mathbf{6},022\,140\,76 \cdot 10^{23}$ mol^{-1}	de constante van Avogadro
$\mathbf{5},3 \cdot 10^{-11}$ m	de atoomstraal van een H-atoom
$-\mathbf{1},602 \cdot 10^{-19}$ C	de lading van het elektron

De algemene vorm van een getal in de **wetenschappelijke notatie** is:

$$\boxed{\pm\, s \cdot 10^{n}}$$

De ± houdt slechts in dat zowel positieve als negatieve getallen kunnen worden genoteerd. De exponent n is een geheel getal en s heet de significant.[3] De significant is vaak een kommagetal, zoals je in de voorbeelden ziet, maar kan ook een geheel getal zijn.

Het is gebruikelijk om n zodanig te kiezen dat s tussen 1 en 10 ligt ($1 \leq s < 10$). Dat heet de **standaardvorm**. Hierboven zijn de getallen in de standaardvorm genoteerd. We hadden $1,496 \cdot 10^{11}$ ook kunnen noteren als bijvoorbeeld $149,6 \cdot 10^{9}$ of $0,1496 \cdot 10^{12}$. Ook dat zijn wetenschappelijke notaties, maar niet meer de standaardvorm. Als men het over de wetenschappelijke notatie heeft, dan bedoelt men meestal de standaardvorm. Voor een getal $s \cdot 10^{n}$ in de standaardvorm geldt:

- het meest significante cijfer in s geeft het aantal 10^{n}-tallen aan
- de beste benadering van het getal is 10^{n} of 10^{n+1} (de orde van grootte[4] is n of $n + 1$)

De standaardvorm geeft je dus direct een idee van de orde van grootte van een getal. Je kunt zelf nagaan dat de ordes van grootte van de getallen hierboven 11, 24, −10 en −19 zijn, en dat de benaderingen van de getallen 10^{11}, 10^{24}, 10^{-10} en $(-)10^{-19}$ zijn.

---

[2] Zie het document 'Significante cijfers en rekenen met meetwaarden' voor een uitleg van significante cijfers en nauwkeurigheid.

[3] Bij een meetwaarde bevat alleen s significante cijfers. Het gedeelte 10^{n} bevat geen significante cijfers.

[4] De orde van grootte van $s \cdot 10^{n}$ wordt gegeven door $n + {}^{10}\log(s)$, na afronden op gehelen.

Omschrijven van de gewone notatie naar de wetenschappelijke notatie

Bij het omschrijven naar de wetenschappelijke notatie (standaardvorm) ga je de komma verschuiven, zodat je een getal tussen de 1 en 10 krijgt. Dit wordt de significant. Omdat je het getal groter of kleiner gemaakt hebt, compenseer je door te vermenigvuldigen met een macht van 10. Je kunt het onderstaande stappenplan gebruiken. Zie ook de twee voorbeelden.

1. Verschuif de komma *x* plaatsen, zodat je een getal tussen de 1 en de 10 krijgt
   (Begin je met een geheel getal, plaats dan eerst een komma rechts van de eenheden)
2. Bij stap 1. de komma *x* plaatsen naar links verschoven? Vermenigvuldig met 10^{x}
   Bij stap 1. de komma *x* plaatsen naar rechts verschoven? Vermenigvuldig met 10^{-x}
3. Verwijder overbodige nullen aan de rechter- of linkerkant van de significant

149 600 000 000,
11 naar links
↓
1,496 000 000 00 · 10^{11}
↓
1,496 · 10^{11}

0,000 000 000 000 000 000 160 2
19 naar rechts
↓
00 000 000 000 000 000 001,602 · 10^{-19}
↓
1,602 · 10^{-19}

Omdat 149 600 000 000 een geheel getal is, wordt er aan de rechterkant een komma geplaatst. Deze moet 11 plaatsen naar links worden verschoven om de significant tussen de 1 en 10 te laten zijn. Hierdoor is er door 10^{11} gedeeld; dit wordt gecompenseerd door met 10^{11} te vermenigvuldigen. In 0,000 000 000 000 000 000 160 2 moet de komma 19 plaatsen naar rechts worden verschoven. Hierdoor is er met 10^{19} vermenigvuldigd. Er moet dus door 10^{19} worden gedeeld, oftewel vermenigvuldigd met 10^{-19}.

Omschrijven van de wetenschappelijke notatie naar de gewone notatie

Je kunt het onderstaande stappenplan gebruiken. Zie ook de twee voorbeelden.

1. Voeg, indien nodig, aan de significant voldoende nullen toe om de komma naar rechts (bij positieve exponent) of naar links (bij negatieve exponent) te kunnen verschuiven. Bevat de significant geen komma, dan voeg je deze toe
2. Verschuif de komma en laat de macht van 10 weg
3. Verwijder eventuele overbodige nullen aan de linker- of rechterzijde.
   (Hou je hierna aan de rechterzijde alleen een komma over, dan laat je deze ook weg)

6,92 · 10^{8}
↓
6,920 000 000 · 10^{8}
8 naar rechts
↓
692 000 000,0
↓
692 000 000

5 · 10^{-7}
↓
000 000 005, · 10^{-7}
7 naar links
↓
00,000 000 5
↓
0,000 000 5