

Inhoud

Voorwoord	VII
Deel 1 Metriek stelsel: de geschiedenis en de wiskundige analyse	2
Hoofdstuk 1 Chaos	4
1.1 Praktische meeteenheden	6
Hoofdstuk 2 Structuur	8
2.1 Nieuw stelsel van meeteenheden	9
2.2 De eenvoud in twee voorbeelden	14
2.3 Uitbreiding van de prefixen	16
2.4 Definities van eenheden	18
2.5 BIPM	19
2.6 Schrijfwijze eenheden	20
2.7 Verdieping	22
Deel 2 Metriek stelsel: de problemen, een beeld van de moeilijkheden	24
Hoofdstuk 3 Wat leren ze?	26
Hoofdstuk 4 Hoe leren ze dat?	28
Hoofdstuk 5 Wat zijn de problemen?	36
5.1 Aanbod op handelend niveau	38
5.2 Hulpmodellen	46
5.3 Hiaten in getalbegrip	48
5.4 Overige belemmerende factoren	54
5.5 Verdieping	60

Deel 3	Metriek stelsel: de eenvoud, naar meer structuur in het aanbod	64
	Hoofdstuk 6 Theoretische gemakzucht.....	66
	Hoofdstuk 7 Lessuggesties op handelend niveau.....	70
	Hoofdstuk 8 Structuur	76
	8.1 Basishulpmodel.....	80
	8.2 Methodemakers.....	90
	8.3 Verdieping.....	91
	Nawoord	96
	Dankwoord	98
	Over de auteur	100
	Literatuurlijst	101

1

Chaos

Het Honderd Bunderbos

Winnie de Poeh lijkt niet een beer die zich bezighoudt met meten en maten. Zijn door Disney gegeven rode shirtje dient slechts als bedekking voor zijn borst en schouders. Het lijkt de naam 'kledingstuk' maar nauwelijks waardig. Maar dat het hem niet past, lijkt hem totaal niet te hinderen. Deze beer, zo onverschillig wat zijn eigen maten betreft, zal zich vast niet interesseren voor de maten in zijn omgeving. Maar toch, je weet het nooit. Want wat is voor hem belangrijk? Honing natuurlijk! Stel nu dat hij zich bezig gaat houden met de vraag: 'Hoe groot moet mijn omgeving zijn om zoveel bijen te kunnen voeden dat ze mij een jaar lang dagelijks van een flinke portie honing kunnen voorzien?' Voor het antwoord op die vraag hoeft hij niet per se te gaan meten. Hij woont immers in het 'Honderd Bunderbos'. Het is zeker niet toevallig dat het Engelse 'Hundred Acre Wood' deze Nederlandse vertaling kreeg. Net als de 'acre' is de 'bunder' een oppervlaktemaat.

Op de site van het Meertens Instituut, dat onderzoek doet naar de Nederlandse taal en cultuur, staan overzichten van maten die in Nederland ooit in gebruik zijn geweest. Hieruit blijkt dat de bunder vooral in Brabant en Limburg een bekende oppervlaktemaat was. Er blijkt ook uit dat 'dé' bunder niet echt bestaat. In Brabant werd hij vaak omgerekend in vierhonderd roeden en in Limburg in twintig grote roeden. Blijkbaar verschilde deze maat per streek. Als we bekijken wat de roeden omgerekend naar hectares zijn, worden de verschillen nog groter. Vierhonderd roeden waren in Brabant ongeveer 1,3 hectare. Ongeveer, want de exacte maten waren per plaats anders. Twintig grote roeden waren in Limburg ongeveer 0,8 hectare. Ook hier verschilde dat per plaats. In tabel 1.1 een overzicht van de bunder van enkele plaatsen in Brabant en Limburg.

Tabel 1.1 *Overzicht van de bunder*

1 bunder in Brabant				1 bunder in Limburg			
Plaats	Vierkante roeden	Anders	hectares	Plaats	Vierkante grote roeden	Anders	hectares
Bavel en Ginniken		3 gemet	1,29	Gronsveld	20		0,82
Breda	400	4 hond 3 gemet	1,29	Gulpen	20		0,81
Beek en Donk	400	8 lopense	1,32	Heerlen	20		0,82
Etten		3 gemet	1,27	Heugem	20		0,84
's-Gravenmoer	400		1,29	Maastricht	20		0,8
Lieshout	400	8 lopense	1,32	Mesch	20		0,76
Niervaart	400		1,3	Mheer	20		0,87
Noord Brabant	400	4 dagwant		Roermond		3 morgen	0,955
Otterdijk	600		0,73	Weert	20		0,85
Roosendaal	400	3 gemet		Wijck	20		0,8
Zevenbergen	400		1,34	Wijlre	20		0,82

In de Wiktionary kun je vinden dat sinds 1816 de bunder is gedefinieerd als één hectare ofwel tienduizend vierkante meter. Dat gold dus voor heel Nederland. Pfff, eindelijk duidelijkheid! Hoewel ... voor Winnie misschien niet! Want hoe moet Winnie nu weten of hij met honderd bunder, één miljoen vierkante meter, genoeg honing heeft?

1.1 Praktische meeteenheden

Het is niet erg waarschijnlijk dat er ooit een definitie van een oppervlakte in termen van honingopbrengst per jaar is geweest. Voor de moderne mens lijkt zoets ook volkomen belachelijk. Toch was het in de tijd van voor de ontwikkeling van het metriek stelsel volkomen normaal om oppervlaktes te definiëren in termen van opbrengst. En eigenlijk is dat helemaal zo gek nog niet. Neem het voorbeeld van hierboven. Tienduizend vierkante meter is wat omvang betreft een volkomen duidelijke maataanduiding, maar volledig nietszeggend als je wilt weten wat het jou per saldo oplevert. Welke van die twee is nu belangrijk? Meeteenheden, ook andere dan voor oppervlakte, hadden voor het metriek stelsel over het algemeen een heel praktische oorsprong. R.E. Zupko geeft in zijn 'Revolution in Measurement' (1990) bladzijden vol voorbeelden van op dergelijke wijze gedefinieerde meeteenheden voor diverse grootheden die ooit in gebruik zijn geweest. Zupko noemt bijvoorbeeld oppervlaktematen als: "De hoeveelheid land die één man in één dag kan maaien." "De hoeveelheid turf die één man kan steken vanaf 1 mei tot 1 augustus." "De hoeveelheid graan die één man in één dag kan dorsen", enzovoort. Voor andere grootheden geeft hij ook legio voorbeelden. In Wales hanteerde men bijvoorbeeld voor lengte onder andere de 'leap' (sprong). Deze werd omschreven als: "De lengte van een normale sprong van een werkende man." In Frankrijk gebruikte men onder andere het bereik van de menselijke stem als lengtemaat. De 'houpfe' werd bepaald door een man die het woord 'houp' of 'hop' riep en een tweede man die net zolang in een rechte lijn doorliep totdat hij de ander niet meer kon horen. Andere, meer bekende voorbeelden zijn lichaamsmaten, zoals duim, el, voet, enzovoort. Die zijn echt heel praktisch in gebruik. Je hebt ze immers altijd bij je. Toch was de werkelijkheid minder eenvoudig.

Stel je eens voor: je bent een handige timmerman in de zeventiende eeuw en hebt in jouw eigen huis de kozijnen vervangen. Je hebt alles tot op de millimeter nauwkeurig ... oh nee, die bestond natuurlijk nog niet. Nou ja, bij wijze van spreken dan. In ieder geval heb je het meetwerk heel precies uitgevoerd. De maten van de kozijnen heb je doorgegeven aan het naaiatelier in de stad om gordijnen te laten maken. Deze blijken na aflevering echter een heel stuk te kort! Nu kan het zijn dat het naaiatelier gewoon slordig werk geleverd heeft, maar het kan ook zijn dat ze zich precies aan de doorgegeven maten gehouden hebben. Hoe het dan kan dat de gordijnen toch te kort zijn? Wel, de definities van de meeteenheden verschilden

niet alleen per plaats, maar ook nog per beroepsgroep! Dat had de timmerman kunnen weten natuurlijk, maar goed, dit is ook maar een fictief voorbeeld. Dat deze situatie lastig was in de praktijk moge met dit voorbeeld echter duidelijk zijn.

Maar het gevolg was wel dat je als algemene samenvatting over meeteenheden kunt zeggen: iedereen deed maar wat. Van onderlinge structuur en eenheid was in het geheel geen sprake. Als het er echt op aan komt, is het natuurlijk wel handig als iedereen dezelfde lengte voor duim, el, voet en houpfe hanteert. Zupko (1990) beschrijft de situatie van rondreizende kooplieden die loodzware handleidingen met zich meezeulden om in staat te kunnen zijn alle in gebruik zijnde meeteenheden in elkaar om te rekenen. Naast het vele rekenwerk waren de onduidelijkheden in meeteenheden ook nog een belangrijke bron van fraude. Nu was het niet zo dat men de schouders ophaalde over deze situatie en het verder niemand wat kon schelen. Men is in de wereld eeuwenlang bezig geweest hier wat aan te doen. In feite werd het in alle lagen van de bevolking als een probleem gezien.

In Engeland was in de Magna Carta, die koning Jan Zonderland – ja die gemeenerik van Robin Hood – op 15 juni 1215 ondertekende, al opgenomen dat er uniformiteit zou moeten zijn in de gebruikte meeteenheden. Maar dit bleek gemakkelijker gezegd dan gedaan. Het zou bijna vijf eeuwen duren voordat er in dit streven hoop gloorde aan de horizon. Tegen die tijd (eind achttiende eeuw) waren er in Frankrijk alleen al meer dan tweehonderdduizend verschillende meeteenheden in gebruik (Adler, 2002). Geen enkele meeteenheid in de wereld was eenduidig geformuleerd. Natuurlijk was dat een probleem in het onderwijzen ervan.

Standaardisering

Maar uiteraard was het worstelende kind niet de drijfveer tot standaardisering van de meeteenheden. Dat was, net als bij de meeste veranderingen, de economie. Het gebrek aan metrologische eenduidigheid belemmerde de handel en de technologische ontwikkeling (De Morgan, 1854). Dit besef was er niet alleen bij degenen die de Magna Carta opstelden, maar was er over de gehele wereld al honderden jaren. Diverse regeringsleiders hadden dan ook pogingen gedaan de steeds maar uitdijende aantallen aan meeteenheden die onder het volk in gebruik waren, te stoppen. Zij legden eenheden vast in de wetgeving. Het ging hierbij om bestaande eenheden, die ergens in de regio al in gebruik waren. Dit was echter nooit succesvol (Zupko, 1990). Dat had meerdere oorzaken. Zo was het lastig mensen ervan te overtuigen de nieuwe eenheden te gebruiken. Waarom ook zou een visser zich conformeren aan een maat die gedefinieerd was als: “De lengte van drie ronde gerstekorrels?” Hij had misschien meer aan een definitie in termen als: “De lengte van de gemiddelde haring.” Daarbij kwam nog dat men zelfs in de wetgeving niet in staat bleek definities eenduidig vast te leggen. Alle pogingen tot metrologische eenduidigheid mislukten tot het einde van de achttiende eeuw.

2

Structuur

2.1 Nieuw stelsel van meeteenheden

Het lijkt dan ook terecht dat Zupko (1990) concludeert dat het niet mogelijk was een gestandaardiseerd systeem te ontwikkelen vanuit de enorme hoeveelheid lukraak gekozen eenheden die tot de negentiende eeuw in gebruik was. Deze chaos was zo compleet dat er simpelweg geen orde te scheppen viel. Het abstractieniveau van het wetenschappelijk denken was nodig om een logisch geheel aan meeteenheden te ontwikkelen. Het waren dan ook wetenschappers die met een oplossing kwamen, die nu, meer dan tweehonderd jaar na de ontwikkeling van het metrieke stelsel, nooit ter discussie staat.

Dat is werkelijk een ongelooflijke prestatie van al degenen die hierbij betrokken zijn geweest! Men heeft het enorme, steeds maar uitdijende, monsterlijke gedrocht aan meeteenheden neergesabeld en vervangen door de pure eenvoud van het metrieke stelsel. Hoewel je ook zou kunnen bedenken dat juist die enorme chaos ervoor gezorgd heeft dat het metrieke stelsel nu zo simpel is. Als die chaos niet zo onbeheersbaar groot was geweest, was het besef, zowel op politiek, als op wetenschappelijk, als op burgerlijk niveau, er misschien niet geweest dat het totaal anders moest. Dat er iets ontwikkeld moest worden dat zo stabiel was, dat niemand er meer mee aan de haal kon gaan. Dat niemand meer de behoefte zou voelen eigen meeteenheden te definiëren en te gebruiken. Wonderwel is dat gelukt.

De basis van het metrieke stelsel is zo simpel, zo stevig en zo flexibel, dat het de gigantische technologische bloei van de afgelopen paar eeuwen moeiteloos heeft doorstaan. Meerdere nieuwe meeteenheden waren nodig en zijn gedefinieerd zonder dat er ook maar enigszins sprake is van wildgroei. Naast de in de achttiende eeuw reeds bekende grootheden als tijd, lengte, gewicht/massa, inhoud/volume en oppervlakte was het mogelijk de definities van de nieuwe eenheden voor grootheden zoals hoeveelheid stof, hoeveelheid stroom, spanning, kracht, enzovoort zo op te stellen dat ze perfect in de structuur van het metrieke stelsel passen. En wat er in de toekomst ook gaat gebeuren, het stelsel zal iedere ontwikkeling met open armen blijven ontvangen. Klaar om welke nieuwe grootheid dan ook in zijn structuur op te nemen.

Maar wat denk je nu als je leraar bent en met enige regelmaat je leerlingen wegwijst moet maken in dit hier zo geprezen wonder van metrieke simpelheid? Dan ervaar je vast dat je leerlingen het stelsel verschrikkelijk moeilijk vinden. En weet je, dat mochten ze het vandaag enigszins begrijpen, je morgen toch weer opnieuw moet beginnen. Dan zijn ze alles weer compleet vergeten. Ieder van ons kent het gevoel dat je voor de klas staat met de hoop in ieder geval ergens een paar ogen te vinden waar het lampje van begrip achter brandt, om dan vervolgens te moeten constateren dat het achter verreweg de meeste oogjes compleet, maar dan ook echt compleet, donker is. En als je dan wel alle trucs uit je metrieke trukendoos hebt ingezet, ben je de wanhoop nabij.

En toch: eenvoud staat aan de basis van het metriek stelsel. Het is goed om je dat te realiseren als je het stelsel aan anderen moet leren. Daarom gaan we daar wat dieper op in.

10

Van abstract naar handelend

Meestal begin je onderaan met iets en klim je dan op. Maar wat het metriek stelsel betreft, is dat anders. Het metriek stelsel is namelijk niet van onder naar boven opgebouwd, maar precies andersom, van boven naar beneden. Misschien vroeg je je al af waarom ik zo veel heb verteld over de situatie van voor het metriek stelsel. Wat hebben we daar nu eigenlijk nog mee te maken? Maar al die blabla was nodig om als vergelijkingsmateriaal te dienen met het metriek stelsel, zoals dat uiteindelijk vorm gekregen heeft; om goed duidelijk te kunnen maken hoeveel het oude en nieuwe van elkaar verschillen. En dat verschil zit hem dus vooral in de start. Doordat de oude maten waren bedacht vanuit hun toepassing in praktische situaties, onderaan dus, zoals te zien is in figuur 2.1, kon men er op geen enkele manier meer enige samenhang in ontdekken. Daardoor was er complete chaos ontstaan. Daarom is men bij de ontwikkeling van het metriek stelsel juist gestart bij de samenhang, de structuur. In plaats van praktische situaties nam men een abstract systeem als basis. Als je op abstract niveau bezig bent, kun je namelijk alles overzien. Dat kan alleen van bovenaf.



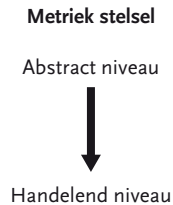
Figuur 2.1 *Oude stelsel van handelend naar abstract*

Wat betekent dit nu concreet? In de oude situatie waren alle meeteenheden ontwikkeld op handelend niveau. Praktisch als de mens is, waren ze zo vastgesteld dat ze geschikt waren om in bepaalde situaties te gebruiken. Maar doordat een algemene structuur ontbrak, ontbrak ook een logische onderlinge samenhang. In feite was er eigenlijk geen sprake van enig abstract niveau. De chaos die op handelend niveau was ontstaan met de enorme hoeveelheden meeteenheden, was niet geschikt om terug te brengen tot een ordentelijk abstract niveau.

Om dit niet weer te laten gebeuren, is men bij de ontwikkeling van het nieuwe systeem begonnen bij het bepalen van een structuur, een vast stramien waar alle

meeteenheden in moesten passen. Die structuur is dus bedacht voordat de meeteenheden zelf bepaald waren. Feitelijk is het zo dat de meeteenheden er niet toe doen. Voor een echt diepgaand begrip van het metriek stelsel is het essentieel dat in te zien. De structuur van het stelsel staat compleet los van de meeteenheden. Ook zonder dat er ook maar iets te meten zou zijn, zou de wiskundige structuur, ofwel het stelsel op het hoogste abstractieniveau, kunnen bestaan. Het zou compleet nutteloos zijn, dat dan weer wel. Het zou bij wijze van spreken bestaan zonder recht van bestaan. Maar gelukkig was vanaf het eerste moment het bestaansrecht meer dan duidelijk. De wereld snakte immers naar structuur op metrologisch gebied.

Maar een dergelijk traject, het abstracte voor het praktische dus, is voor de mens heel onnatuurlijk. Dat is als Pythagoras zonder driehoeken, de evolutietheorie zonder diersoorten, de zwaartekracht zonder lichamen, enzovoort. Dat kan natuurlijk niet. Maar het metriek stelsel heeft deze weg, zoals te zien in figuur 2.2, wel zo afgelegd.



Figuur 2.2 *Metriek stelsel van abstract naar handelend*

Kopie van het getallensysteem

En toch, en dat is het briljante ervan, is het ongelooflijk eenvoudig. Want hoewel het stelsel op wetenschappelijk niveau ontwikkeld is, was misschien wel de belangrijkste doelstelling dat het stelsel over de hele wereld door iedereen gebruikt moest kunnen worden. Het was dus beslist niet de bedoeling dat alleen wetenschappers het zouden begrijpen. Nee, het moest toegankelijk zijn voor iedereen, ongeacht zijn of haar achtergrond. En dus moest het in de basis zo eenvoudig mogelijk zijn. En dat is zeker gelukt. Er is namelijk gekozen voor een basis die al bestond en ook toen al in de hele wereld in gebruik was. Dat is het decimale positionele getallensysteem, zoals wij dat nu nog steeds gebruiken. Voor alle duidelijkheid: het is niet zo dat het metriek stelsel van het getallenstelsel is afgeleid. Het metriek stelsel is een exacte kopie van het getallenstelsel en dus precies hetzelfde. In feite bestond de wiskundige structuur van het metriek stelsel dus al voordat het überhaupt was bedacht. Er hoefden slechts wat meeteenheden bij verzonden te worden. Met alleen de structuur kun je tenslotte niet meten. Die eenheden zijn dan uiteindelijk ook keurig netjes gedefinieerd. In schema krijg je dan figuur 2.3.