

DE WETTEN VAN BOYLE, GAY-LUSSAC EN AVOGADRO IN LEVENDE CELLEN.

De wetten van BOYLE, GAY-LUSSAC en AVOGADRO vormen den grondslag, waarop de tegenwoordige opvatting van de natuur der gassen berust. De beide eerste leeren ons de betrekking tusschen het volumen, de drukking en de temperatuur der gassen kennen; hare juistheid is binnen zekere grenzen door waarnemingen rechtstreeks aangetoond. De stelling van AVOGADRO, dat gelijke volumina van gassen, onder dezelfde drukking en bij dezelfde temperatuur, hetzelfde aantal moleculen bevatten, kan wel is waar uit den aard der zaak niet proefondervindelijk bewezen worden; zij is daarentegen op middellijke wijze zoo herhaaldelijk gebleken met de waarneembare feiten overeen te komen, dat aan hare juistheid billijkerwijze niet meer kan worden getwijfeld.

Deze wetten gelden voor gassen en dampen. In den laatsten tijd is echter de studie van de wetten, die de vloeistoffen beheerschen, meer en meer op den voorgrond getreden. Daarbij is gebleken, dat er tusschen oplossingen en gassen eene uiterst groote overeenkomst bestaat, vooral wanneer men ter vergelijking oplossingen kiest, die zoo sterk verdund zijn, dat zij, per liter, ongeveer evenveel moleculen der opgeloste stof bevatten, als gassen bij de gewone temperatuur en onder de gewone drukking. Dit komt, voor zeer vele stoffen, overeen met eene concentratie van omstreeks 1 pct. of minder.

Uit de jongste onderzoekingen van VAN 'T HOFF volgt nu, dat deze overeenkomst in het bijzonder voor de in den titel van dit opstel genoemde fundamentele wetten geldt¹. Als drukking geldt daarbij de osmotische spanning, die eene oplossing doet ontstaan, als zij omsloten

¹ J. H. VAN 'T HOFF, Lois de l'équilibre chimique dans l'état dilué, gazeux ou dissous. Kon. Svenska Vetenskaps-Akademiens Handlingar. Bd. 21 N^o. 17. 1886.

is door een wand, die wel voor het oplossingsmiddel, doch niet voor de opgeloste stof doordringbaar is. Voor het tot stand komen van deze drukking is noodig, dat de wand aan zijne buitenzijde met dezelfde vloeistof in aanraking zij, als die, waarin de te onderzoeken stof is opgelost.

Zulk een wand nu kan kunstmatig slechts onder zeer bijzondere omstandigheden worden verkregen, in levende plantencellen is hij daarentegen steeds voorhanden. Hier wordt hij door het levende protoplasma zelf gevormd, dat het celvocht als een alzijdig gesloten blaas omgeeft, en door de osmotische spanning van dit vocht tegen den celwand aangedrukt wordt. Het celvocht is eene oplossing van verschillende stoffen, waaronder druivensuiker en appelzure kali de meest gewone zijn; het heeft in verreweg de meeste planten eene concentratie, die ongeveer aan de bovengemelde voorwaarde voldoet (1—2 pct.). De osmotische spanning van het celvocht kan met groote nauwkeurigheid in de levende cellen zelven gemeten worden, en daarenboven kan zij worden berekend uit de drukking, die dit vocht op den celwand uitoefent.

Ik zou de grenzen van dit opstel verre overschrijden, wilde ik de wijze beschrijven, waarop door verschillende onderzoekers de proeven genomen zijn, uit welke vereeniging en berekening VAN 'T HOFF de geldigheid van de wetten van BOYLE, GAY-LUSSAC en AVOGADRO voor de osmotische spanning in vloeistoffen aangetoond heeft. De evenredigheid dier spanning met de concentratie bij gelijke temperatuur, en met de absolute temperatuur bij gelijkblijvende concentratie, is zoowel door physiologische proeven als met behulp van een kunstmatigen wand aangetoond.

De toepassing van de stelling van AVOGADRO op vloeistoffen ondervindt eenige beperking. Terwijl zij voor alle gassen en dampen geldt, laat zij in vloeistoffen een zeker aantal, vooralsnog onverklaarbare, uitzonderingen toe. Zij geldt voor verreweg de meeste organische stoffen en voor een groot aantal anorganische verbindingen; als uitzonderingen noem ik hier slechts de zouten der alcali-metalen, en sommige zouten der aard-alcaliën. In deze laatste gevallen wijkt echter de osmotische spanning op zeer eenvoudige wijze van de normale af, daar zij meestal $1\frac{1}{2}$ of 2 maal de waarde van deze bedraagt.

De absolute grootte van de normale osmotische spanning is, bij gelijke temperatuur, dezelfde als die der gassen, zoo ten minste het aantal moleculen van de opgeloste stof en van het gas, in de eenheid van volumen, hetzelfde is. Dit blijkt uit de volgende beschouwing.

Voor de oplossingen van die stoffen, die aan de wet van AVOGADRO in vloeistoffen voldoen, kan de osmotische spanning rechtstreeks berekend worden, zoowel uit proeven met levende plantencellen, als uit proeven met een kunstmatigen wand. Men vindt dan voor eene oplossing, die in 10 liters water zooveel grammen der opgeloste stof bevat, als door het cijfer voor het moleculair-gewicht wordt uitgedrukt, eene osmotische spanning van omstreeks 2,24 Atm. Vergelijken wij hiermede de spanning van waterstofgas onder gelijke omstandigheden. Eén liter waterstof van 0° C. en 760 cM. spanning weegt 0,08956 gram, dus zal de spanning van 10 liters waterstof, als zij juist 2 gram daarvan bevatten, bij 0° C. $\frac{2}{10 \times 0,08956} = 2,23$ Atm. bedragen. Dit cijfer komt, zooals men ziet, voldoende met het zoeven voor de normale osmotische spanning gegevene overeen.

Ten slotte verdient opgemerkt te worden, dat niet alleen plantencellen voorzien zijn van eene membraan, die aan de gestelde voorwaarden voldoet, doch ook de bloedlichaampjes der gewervelde dieren. Dit blijkt uit de proeven, door HAMBURGER in het laboratorium van DONDEBS genomen. In hoeverre ook de overige dierlijke cellen dezen regel volgen, is nog niet nagegaan.

Het behoeft ternauwernood te worden gezegd, dat door de beschouwingen, waarvan ik hier de grondslagen in korte trekken heb trachten weér te geven, de band tusschen de studie der levenlooze en die der levende natuur zeer versterkt wordt; en dat daardoor tevens het vooruitzicht wordt geopend op eene uitgebreide toepassing van de uitkomsten der physische chemie op de verschijnselen van het leven.