

Wasser – eine rätselhafte Substanz

Ob Philosophie, Religionen, Künste, Musik oder die Naturwissenschaften - es gibt kaum einen kulturellen Bereich, der sich nicht mit der Bedeutung von Wasser, dem „Molekül des Lebens“, auseinandersetzt. Die moderne naturwissenschaftliche Erforschung dieser essentiellen Substanz begann im 17. Jahrhundert [1]. Zu dieser Zeit bereits erkannte Kepler, dass die perfekte sechsfache Symmetrie von Schneeflocken eine Folge der mikroskopischen Wasserstruktur sein müsse [2-4]. Diese visionäre Hypothese wurde mehr als 150 Jahre vor der Entdeckung der Elemente Wasserstoff (H) und Sauerstoff (O), welche das Wassermolekül (H_2O) bilden, aufgestellt [5, 6]. Trotz der vermeintlich einfachen Zusammensetzung des Wassermoleküls (2 Atome Wasserstoff, 1 Atom Sauerstoff) zeigt Wasser zahlreiche Anomalien bezüglich seiner physikalisch-chemischen Eigenschaften. Im Gegensatz zu den meisten anderen Substanzen hat Eis (festes Wasser) bei Atmosphärendruck (1 bar) eine geringere Dichte als flüssiges Wasser, *d.h.*, Eis schwimmt auf Wasser. Ein weiteres Beispiel für das anomale Verhalten von Wasser ist das Dichtemaximum bei 4 °C. Dieser Umstand wird als Grundvoraussetzung für das Überleben aquatischer Organismen bei tiefen Temperaturen gesehen [4]. Darüber hinaus weist Wasser auch einen anomal hohen Schmelz- und Siedepunkt auf (0 °C und 100 °C; zum Vergleich: Schwefelwasserstoff (H_2S) schmilzt bei -86 °C und siedet bei -60 °C).

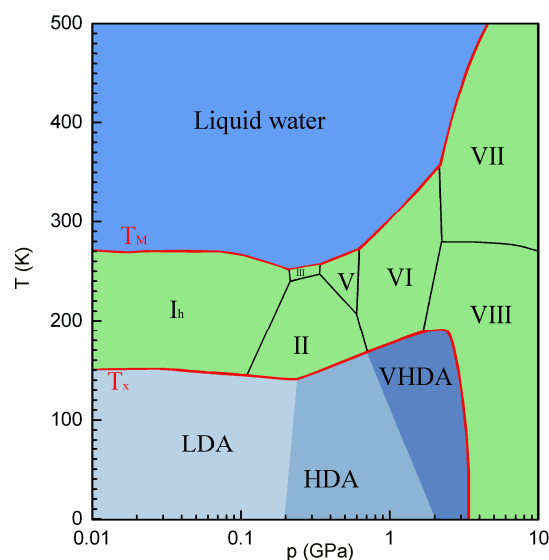


Fig. 1: Zustandsdiagramm von Wasser (adaptiert von Ref. [7])

Ein Blick auf das Zustandsdiagramm von Wasser (**Fig. 1**) offenbart die Vielfalt an Zuständen, die (festes) Wasser bei bestimmten Drücken und Temperaturen einnehmen kann. Die Tatsache, dass Eis verschiedene Kristallstrukturen einnehmen kann, wird Polymorphismus genannt. Bisher sind 17 kristalline (mit römischen Ziffern nummeriert) und drei amorphe (Low-density Amorphous Ice (LDA), High-density Amorphous Ice (HDA) und Very high-density amorphous ice (VHDA)) Eisformen bekannt [8].

Bis heute fehlt eine universelle Theorie, die alle Anomalien des Wassers erklärt bzw. korrekt vorhersagt. Eine häufig zitierte Hypothese erklärt das anomale Verhalten mit der Existenz eines zweiten kritischen Punktes [9]. Unterhalb dieses hypothetischen kritischen Punktes koexistieren zwei unterschiedlich dichte Flüssigkeiten. Demnach wäre flüssiges Wasser – wie wir es tagtäglich erleben- eine Mischung aus zwei Flüssigkeiten.

Literatur

- [1] Brovchenko I, Oleinikova A. Multiple Phases of Liquid Water. *Chem Phys Chem* 2008; 9: 2660–2675.
- [2] Kepler J. *The six-cornered snowflake*. Oxford: Oxford University Press, 2014.
- [3] Ball P. In retrospect: On the Six-Cornered Snowflake. *Nature* 2011; 480: 455–455.
- [4] Ludwig R, Paschek D. Wasser: Anomalien und Rätsel. *Chem Unserer Zeit* 2005; 39: 455-455.
- [5] Cavendish H. Three Papers, Containing Experiments on Factitious Air, by the Hon. Henry Cavendish, F. R. S. *Philos Trans R Soc Lond* 1766; 56: 141–184.
- [6] Priestley J, Hey W. Observations on Different Kinds of Air. *Philos Trans 1683-1775* 1772; 62: 147–264.
- [7] Amann-Winkel K, Böhmer R, Fujara F, et al. *Colloquium* : Water’s controversial glass transitions. *Rev Mod Phys* 2016; 88: 011002.
- [8] Fuentes-Landete V, Mitterdorfer C, Handle P H, et al. Crystalline and amorphous ices. *Proc Int Sch Phys Enrico Fermi* 2015; 173–208.
- [9] Poole P H, Sciortino F, Essmann U, et al. Phase behaviour of metastable water. *Nature* 1992; 360: 324–328.