

**Nordisk Korthandels periodesystem 2020** er baseret på korthandlens tidligere version, som er blevet opdateret i samarbejde med kemikerne Anders Døssing (lektor, Kemisk Institut, Københavns Universitet), Keld Nielsen (lektor, Køge Gymnasium) og Ture Damhus (formand, Kemisk Forenings Nomenklaturudvalg).

### Grundstofnavne

De senest tilkomne grundstoffer op til oganesson, nr. 118, er tilføjet. Systemet indeholder de engelske grundstofnavne, som foreskrives af IUPAC (*International Union of Pure and Applied Chemistry*), og de danske navne og stavemåder, som anbefales af Nomenklaturudvalget. Disse stavemåder blev for de daværende grundstoffers vedkommende gjort til Dansk Standard i 1984 og er nu de gængse i fx kemilærebøger i gymnasieskolen. De ligger som sådan og i afledninger til grund for hele den danske kemiske nomenklatur, der siden 1980'erne har været anbefalet af Nomenklaturudvalget (se udvalgets hjemmeside [www.kemisknomenklatur.dk](http://www.kemisknomenklatur.dk)). I enkelte tilfælde afviger de fra stavemåder i Retskrivningsordbogen, som fx skriver fosfor, jod, klor og karbon. Retskrivningsordbogen har langt fra medtaget alle grundstofnavne. For grundstoffer, hvis grundstofsymboler er afledt af det latinske navn, anføres også det latinske navn.

Systemet præsenterer en hel række oplysninger om grundstofferne, herunder fysisk-kemiske data. I en række tilfælde er disse indiskutable, i andre tilfælde er der mere eller mindre divergerende angivelser i litteraturen, og der har måttet anlægges et skøn. Nedenfor forklares nærmere, hvilke overvejelser der ligger til grund for revisionen, og hvilke kilder der er benyttet.

### Relative atommasser (atomvægte)

Atommasserne er under løbende revision af *Commission on Isotopic Abundances and Atomic Weights*, der refererer til IUPAC's Division II. Tallene i periodesystemet er fra opdateringen i 2018, som fx kan ses i forbindelse med IUPAC's online-isotop-periodesystem (<https://www.isotopesmatter.com>). Atommasser er benævnte tal med enheden u (på engelsk *unified atomic mass unit*) defineret ved, at ét atom af isotopen carbon-12 har massen præcis 12 u. Når atommassen angives relativt til massen 1 u, taler man om *den relative atommasse*, som er et ubenævnt tal, der også (stadig) kaldes, og gerne må kaldes, *atomvægten*.

Ofte er atomvægtene bestemt med et større antal betydende cifre end medtaget her, hvor der konsekvent er medtaget fire og kun fire betydende cifre, undtagen for lithium, hvis atomvægt er dårligere bestemt pga. en stor naturlig isotopvariation.

Atomvægte er ikke anført for de grundstoffer, der ikke forekommer i naturen i tilstrækkelige mængder til, at der kan udføres sikre målinger på naturlige prøver indeholdende grundstofferne.

### Allotroper

En række grundstoffer eksisterer i forskellige strukturelle former, *allotroper*, med forskellige fysiske egenskaber (densitet/massefylde, smelte- og kogepunkt). For disse grundstoffer er den termodynamisk stabile allotrop ved 25 °C og 1 bar valgt, fx  $\beta$ -rhombisk bor, dioxygen, orthorhombisk svovl, gråt arsen, gråt selen, hvidt tin og polonium i simpel kubisk kuglepakning. Selv om hvidt phosphor (tetraphosphor) *ikke* er den termodynamisk stabile form, angives den sædvanligvis i den kemiske faglitteratur som standardformen af phosphor, og den er valgt her. Af pædagogiske grunde anføres i periodesystemet ved carbon data for både diamant og graphite.

## Grundstoffernes tilstandsform

Grundstoffernes tilstandsform (fast form, flydende form eller gasform) er angivet ved 25 °C og 1 bar (standardtilstanden). Grundstoffer tungere end einsteinium (nr. 99) er ikke fremstillet i ren form eller i vejelige mængder, og tilstandsformen angives derfor som ubestemt. For de pågældende grundstoffer anføres derfor ikke data for deres fysiske egenskaber.

Et grundstof er anført som radioaktivt, hvis der kun kendes radioaktive isotoper. Dette fremgår af IUPAC's isotopsystem nævnt ovenfor samt af lærebøgerne nævnt nedenfor.

## Elektronkonfiguration og 1. ioniseringsenergi

Eksperimentelt bestemte elektronkonfigurationer for atomerne i grundtilstanden samt værdier for den 1. ioniseringsenergi findes i databasen hos *National Institute of Standards and Technology* (NIST):

<https://physics.nist.gov/PhysRefData/ASD/ionEnergy.html>

For grundstoffer tungere end einsteinium (nr. 99) er der (med et par undtagelser) ingen eksperimentelt bestemte værdier for den 1. ioniseringsenergi. For grundstoffer tungere end hassium (nr. 108) er elektronkonfigurationen bestemt på baggrund af beregninger og dermed behæftet med usikkerhed med hensyn til fordelingen af de *yderste* elektroner. Se fx:

E. Eliav, S. Fritzsche, U. Kaldor: Electronic structure theory of the superheavy elements, *Nuclear Physics A* 944 (2015) 518–550.

<https://doi.org/10.1016/j.nuclphysa.2015.06.017>

## Krystalsystem

Strukturen af grundstofferne på fast form ved 1 bar er givet ved krystalsystemet. For grundstoffer, som ved 25 °C er på flydende form eller på gasform, angives strukturen af den faste form ved en temperatur umiddelbart under grundstoffets smeltepunkt. Helium eksisterer ved 1 bar ikke på fast form. Strukturen af bor, arsen, antimon, samarium og kviksølv (krystalliserer alle i rumgruppe nr. 166) kan også beskrives som hexagonal. Data her er hentet fra:

[https://www.webelements.com/periodicity/crystal\\_structure/](https://www.webelements.com/periodicity/crystal_structure/)

<https://periodictable.com/Properties/A/CrystalStructure.html>

L.R. Morss, N.M. Edelstein, J. Fuger (red.): *The Chemistry of the Actinide and Transactinide Elements*, Springer, Dordrecht, 3<sup>rd</sup> Ed., 2006. ISBN: 1402035551. doi:10.1007/1-4020-3598-5\_5.

A.F. Wells: *Structural inorganic chemistry*, Clarendon Press, Oxford, 5<sup>th</sup> Ed., 1984. ISBN: 0198553706.

## Elektronegativitet (Pauling)

*Paulings elektronegativitetsskala* er baseret på termokemiske data, og data er hentet fra:

J.E. Huheey: *Inorganic Chemistry*, Harper International SI Edition, Cambridge, 3<sup>rd</sup> Ed., 1983. ISBN: 0060429879.

(samt referencer deri). Elektronegativiteten er her konsekvent angivet med to betydende cifre. Værdier for elektronegativiteten af grundstofferne europium, terbium og ytterbium er ikke inkluderet i ovennævnte bog.

## Densitet/massefylde

Densiteter/massefylder er som udgangspunkt angivet med tre betydende cifre. Enkelte grundstoffers densitet/massefylde er dårligere bestemt og angives med kun to betydende cifre.

Data for grundstoffer på fast og flydende form er hentet fra:

J.A. Dean (red.): *Lange's Handbook of Chemistry*, McGraw-Hill, New York, 14<sup>th</sup> Ed., 1992. ISBN: 0070161941.

D.R. Lide (red.): *Chemical Rubber Company Handbook of Chemistry and Physics*, CRC Press, Boca Raton, Florida, USA, 77<sup>th</sup> Ed., 1996. ISBN: 0849304776.

L.R. Morss, N.M. Edelstein, J. Fuger (red.): *The Chemistry of the Actinide and Transactinide Elements*, Springer, Dordrecht, 3<sup>rd</sup> Ed., 2006. ISBN: 1402035551.  
doi:10.1007/1-4020-3598-5\_5.

E.M. Savitskii: *Physical Metallurgy of Platinum Metals*, Pergamon Press, New York, 1978. ISBN: 0080232590.

For grundstoffer på gasform er data hentet fra:

H. Kuchling: *Taschenbuch der Physik*, Verlag Harri Deutsch, Thun und Frankfurt/Main, 13. Auflage, 1991. ISBN: 3817110200.

J.A. Dean (red.): *Lange's Handbook of Chemistry*, McGraw-Hill, New York, 14<sup>th</sup> Ed., 1992. ISBN: 0070161941.

M. Baskaran: *Radon: A Tracer for Geological, Geophysical and Geochemical Studies*, Springer International Publishing, Switzerland, 2016. ISBN: 9783319213286.  
doi:10.1007/978-3-319-21329-3.

M. Jaccaud, R. Faron, D. Devilliers, R. Romano: *Fluorine. Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry*. Weinheim: Wiley-VCH, 2000. ISBN: 9783527306732.  
doi:10.1002/14356007.a11\_293.

I disse referencer er densiteter/massefylder angivet ved  $p = 101,325$  kPa og  $T = 273,15$  K.

Densiteter/massefylder er herefter omregnet til  $p = 100,000$  kPa og  $T = 298,15$  K.

## Almindelige oxidationstal

Udvælgelsen af "almindelige" (hyppigt forekommende) oxidationstal for grundstofferne er baseret på konsultation af gængse lærebøger i uorganisk kemi (se nedenfor). Oxidationstallet 0, som tilordnes alle frie grundstoffer, men også visse grundstoffer i bl.a. metalorganiske forbindelser som fx nikkel i tetracarbonylnikkel(0),  $[\text{Ni}(\text{CO})_4]$ , er ikke medtaget.

## Smelte- og kogepunkter

Data er opsøgt i

*Chemical Rubber Company Handbook of Chemistry and Physics*, CRC Press, fortrinsvis 77<sup>th</sup> Edition, 1996 (D.R. Lide, red.) ISBN: 0849304776 og 92<sup>nd</sup> Edition, 2011 (W.M. Haynes, red.) ISBN: 1439855110.

J.A. Dean (red.): *Lange's Handbook of Chemistry*, McGraw-Hill, New York, 14<sup>th</sup> Ed., 1992. ISBN: 0070161941 og 15<sup>th</sup> Ed., 1998; ISBN: 0070163847.

A.M. James and M.P. Lord in *Macmillan's Chemical and Physical Data*, Macmillan, London, UK, 1992. ISBN: 0333511670.

G.W.C. Kaye and T.H. Laby in *Tables of physical and chemical constants*, Longman, London, UK, 15<sup>th</sup> edition, 1993. ISBN: 0582463548.

A.K. Lavrukhina, A.A. Pozdnyakov: *Analytical Chemistry of Technetium, Promethium, Astatine, and Francium*. Translated by R. Kondor. Ann Arbor–Humphrey Science Publishers. (1970), p. 269. ISBN: 978-0-250-39923-9.

samt i de nedenfor nævnte lærebøger. Der findes ofte forskellige angivelser i denne litteratur af smelte- og kogepunkter for et givet grundstof. Udvælgelsen af data til periodesystemet har beroet på skøn, men har i nogle tilfælde reelt været arbitrær. Grundstofferne carbon og arsen vil ved opvarmning ved 1 bar sublimere (fordampe uden forudgående smeltning), og smelte- og kogepunkter er derfor ikke angivet.

### **Opdagelseshistorie**

Følgende kilder er blevet konsulteret:

H. Henriksen, E. Pawlik: *Bogen om Grundstofferne*, Gyldendal 1998. ISBN: 87-00-22384-0.

N.E. Holden: *History of the Origin of the Chemical Elements and their Discoverers*, dokument forfattet i forbindelse med IUPAC's 41<sup>st</sup> General Assembly i 2001 og opdateret i 2004.

E. Rancke-Madsen: *Grundstoffernes Opdagelseshistorie*, C.E.C. Gad, København, 1984. ISBN: 87-12-74224-4.

En lang række IUPAC-dokumenter i *Pure and Applied Chemistry* fra 1990'erne og frem om opdagelsen (syntesen) af transfermiumgrundstofferne.

Lærebøgerne nævnt nedenfor.

### **Lærebøger i uorganisk kemi**

N.N. Greenwood, A. Earnshaw: *Chemistry of the Elements*, Pergamon Press, Oxford, 1985. ISBN: 0080220576.

F.A. Cotton, G. Wilkinson: *Advanced Inorganic Chemistry*, John Wiley & Sons, New York, 4<sup>th</sup> Ed., 1980. ISBN: 0471027758.

C. E. Housecroft, A. G. Sharpe: *Inorganic Chemistry*, Pearson, London, 5<sup>th</sup> Ed., 2018. ISBN: 9781292134147.

*Holleman-Wiberg Lehrbuch der anorganischen Chemie*, 101. Auflage (N. Wiberg, red.), de Gruyter 1995. ISBN: 3-11-012641-9.