

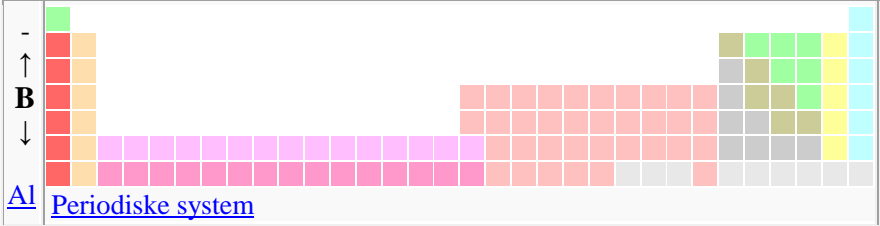

Bor

Fra Wikipedia, den frie encyklopædi

Gå til: [navigation](#) , [søg](#)

Denne artikel handler om grundstoffet. For andre anvendelser, se [Bor \(flertydig\)](#).

Ikke at forveksle med [borium](#) , et wolframcarbide produkt.

Bor	
5	B
<div style="display: flex; align-items: center;"><div style="margin-right: 5px;">- ↑ B ↓</div></div> <div style="margin-top: 5px;">Al Periodiske system</div>	
beryllium ← bor → kulstof	
Udseende	
sortbrun	
	
Generelle egenskaber	
Navn, symbol , antallet	bor, B, 5
Udtale	/ b ɔər ɒ n /
Metallic kategori	metalloid

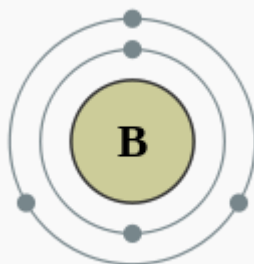
Gruppen , periode , blok [13](#) , [2](#) , [s](#).

Standard atomvægt 10.81 (1)

[Han] $2s^2 2p^1$

2, 3

Elektronkonfiguration



Historie

Discovery

[Joseph Louis Gay-Lussac](#) og [Louis Jacques Thénard](#) ^[1] (30. juni 1808)

Første isolering

[Humphry Davy](#) ^[2] (9. juli 1808)

Fysiske egenskaber

Fase

[solid](#)

Flydende [densitet](#) på [smp](#)

2,08 g · cm⁻³

[Smeltepunkt](#)

2349 [K](#) , 2076 ° C, 3769 ° F

[Kogepunkt](#)

4200 K, 3927 ° C, 7101 ° F

[Smeltevarme](#)

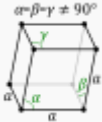
50,2 [kJ · mol⁻¹](#)

[Fordampningsvarme](#)

480 kJ · mol⁻¹

[Molær varmekapacitet](#)

11,087 J · mol⁻¹ · K⁻¹

<u>Damptryk</u>						
P (Pa)	1	10	100	1 k	10 k	100 k
ved T (K)	2348	2562	2822	3141	3545	4072
Atomic egenskaber						
<u>Oxidationstrin</u>	3, 2, 1 ^[3] (Svagt <u>sure</u> oxid)					
<u>Elektronegativitet</u>	2,04 (Pauling skala)					
<u>Ioniseringsenergier</u> (<u>more</u>)	1st: 800,6 kJ · mol ⁻¹ 2nd: 2427,1 kJ · mol ⁻¹ 3. plads: 3659,7 kJ · mol ⁻¹					
<u>Atomic radius</u>	<u>90 pm</u>					
<u>Kovalent radius</u>	<u>84 ± 3 pm</u>					
<u>Van der Waals radius</u>	<u>192 pm</u>					
Miscellanea						
<u>Krystalstruktur</u>	<u>rhomboedrisk</u> 					
<u>Magnetisk bestilling</u>	<u>diamagnetisk</u> ^[4]					
<u>Elektrisk modstand</u>	(20 ° C) ~ 10 ⁶ Ω · m					
<u>Varmeledningsevne</u>	27,4 W · m ⁻¹ · K ⁻¹					
<u>Termisk udvidelse</u>	(25 ° C) (β form) 5-7 ^[5] um · m ⁻¹ · K ⁻¹					

Speed of sound (tynd stang) (20 ° C) 16.200 m · s⁻¹

Mohs hårdhed ~ 9,5

CAS register nummer 7440-42-8

Mest stabile isotoper

Uddybende artikel: [Isotoper af bor](#)

iso	NA	halveringstid	DM	DE (MeV)	DP
¹⁰ B	19,9 (7)% *	¹⁰ B er <u>stabil</u> med 5 <u>neutroner</u> ^[6]			
¹¹ B	80,1 (7)% *	¹¹ B er <u>stabil</u> med 6 <u>neutroner</u> ^[6]			

* Bor-10 indhold kan være så lav som 19,1%, og som høj som 20,3% i naturlige prøver. Bor-11 er resten i sådanne tilfælde. ^[7]

- [v](#)
- [t](#)
- [e](#)
- [r](#)

Bor er et [grundstof](#) med kemisk symbol **B** og [atomnummer](#) 5. Fordi bor er produceret udelukkende af [kosmisk Spallation](#) og ikke af [stjernenukleosyntese](#) , ^[8] det er en lav-overflod element i både solsystemet og Jordens skorpe. Bor koncentrerer på jorden ved vandopløselighed af de mere almindelige naturligt forekommende forbindelser, de [borat mineraler](#) . Disse udvindes industrielt som [evaporiter](#) , såsom [borax](#) og [kermit](#) .

Kemisk ikke-bundet bor, der er klassificeret som et [metalloid](#) , findes ikke naturligt på Jorden. Industrielt, er meget ren bor fremstilles med besvær, som bor tendens til dannelse af ildfaste materialer, der indeholder små mængder carbon eller andre elementer. Adskillige [allotropes](#) af bor findes: [amorft](#) bor er et brunt pulver og krystallinsk bor er sort, meget hårdt (omkring 9,5 på [Mohs skala](#)), og en dårlig leder ved stuetemperatur. Elementar bor anvendes som [doteringsmiddel](#) i [halvlederindustrien](#) .

De store industrielle skala anvendelse af borforbindelser er i [natriumperborat](#) blegemidler og borax komponent af glasfiber isolering. Boron polymerer og keramik spiller specialiserede roller som høj styrke letvægts strukturelle og ildfaste materialer. Borforbindelser anvendes silicabaserede glas og keramik at give dem modstandsdygtighed over for [varmechok](#) . Bor-holdige [reagenser](#) anvendes til som mellemprodukter ved [syntese af organiske finkemikalier](#) . Et par bor-holdige organiske lægemidler anvendes eller er i undersøgelsen. Naturlige bor består af to stabile isotoper, hvoraf den ene ([bor-10](#)) har en række anvendelser som en neutron-indfangningsmidlet.

I biologi, har borater lav toksicitet hos pattedyr (svarende til bordsalt), men er mere toksiske over for [arthropoder](#) og anvendes som insekticider. Borsyre er mildt antimikrobiel, og en naturlig borholdig organiske antibiotikum er kendt.^[9] Boron er afgørende for liv. Små mængder af borforbindelser spiller en styrkelse rolle i cellevæggene i alle planter, hvilket bor nødvendig i jord. Forsøg indikerer en rolle for bor som [ultratrace element](#) i dyr, men dens rolle i dyrefysiologi er ukendt.

Indhold

[[hide](#)]

- [1 Historie og etymologi](#)
- [2 Karakteristika](#)
 - [2,1 Allotropes](#)
 - [2,2 Chemistry af elementet](#)
 - [2.2.1 Kemiske forbindelser](#)
 - [2.2.1.1 Organoboron kemi](#)
 - [2.2.1.2 Forbindelser med B \(I\) og B \(II\)](#)
 - [2,3 Isotoper](#)
 - [2.3.1 Kommerciel isotop berigelse](#)
 - [2.3.2 Beriget bor \(bor-10\)](#)
 - [2.3.3 Depleteret bor \(bor-11\)](#)
 - [2.3.4 NMR spektroskopi](#)
 - [2,4 Forekomst](#)
- [3 Produktion](#)
 - [3,1 Markedsudvikling](#)
- [4 Ansøgninger](#)
 - [4,1 Glas og keramik](#)
 - [4,2 detergentformuleringer og blegemidler](#)
 - [4,3 Insekticider](#)
 - [4,4 Halvledere](#)
 - [4,5 Magneter](#)
 - [4,6 High-hårdhed og slibende stoffer](#)
 - [4.6.1 borcarbid](#)
 - [4.6.2 Andre superhårde borforbindelser](#)
 - [4,7 Afskærmning i kernereaktorer](#)
 - [4,8 Andre nonmedical anvendelser](#)
 - [4,9 Farmaceutiske og biologiske applikationer](#)
 - [4,10 Forskningsområder](#)
- [5 Natural biologiske rolle](#)
 - [5,1 Analytisk kvantificering](#)
 - [5,2 Sundhedsspørgsmål og toksicitet](#)
- [6 Se også](#)
- [7 Referencer](#)
- [8 Eksterne links](#)

Historie og etymologi

Navnet bor stammer fra det [arabiske](#) ord بوراق *Buraq* eller den [persiske](#) ord بور *burah*, ^[10] der er navne for mineral [borax](#) . ^[11]



Sassolit

Borforbindelser var kendt tusinder af år siden. Borax var kendt fra ørkenen i det vestlige Tibet, hvor den fik navnet *tinkal*, stammer fra [sanskrit](#) . Borax glasurer blev brugt i Kina fra AD300, og nogle tinkal selv nåede Vesten, hvor den persiske alkymist [Jabir ibn Hayyan](#) synes at nævne det i 700. [Marco Polo](#) bragte nogle glasurer tilbage til Italien i det 13. århundrede. Agricola, omkring 1600, rapporterer brug af borax som en flux i [metalindustrien](#) . I 1777, [borsyre](#) blev anerkendt i varme kilder ([soffioni](#)) nær [Firenze](#) , Italien, og blev kendt som *sal sedativum*, med hovedsagelig medicinske anvendelser. Den sjældne mineral kaldes [sassolit](#) , som findes på Sasso, Italien. Sasso var den vigtigste kilde til europæisk borax 1827 til 1872, på hvilken dato amerikanske kilder erstattede det. ^{[12] [13]} Borforbindelser var relativt sjældent brugt kemikalier, indtil slutningen af 1800'erne, da [Francis Marion Smith](#) 's [Pacific Coast Borax Company](#) først populariseret disse forbindelser og gjort dem i mængde og dermed billigt. ^[14]


Bor blev ikke anerkendt som et element indtil det blev isoleret ved Sir [Humphry Davy](#) ^[2] og af [Joseph Louis Gay-Lussac](#) og [Louis Jacques Thénard](#) . ^[1] I 1808 Davy observeret, at elektrisk strøm sendes gennem en opløsning af borater produceret et brunt bundfald på en af elektroderne. I sine efterfølgende eksperimenter anvendte han kalium at reducere borsyre i stedet for [elektrolyse](#) . Han producerede nok bor for at bekræfte et nyt element og navngav element *boracium*. ^[2] Gay-Lussac og Thénard brugt jern til at reducere borsyre ved høje temperaturer. De viste ved at oxidere bor med luft, at borsyre er et oxidationsprodukt af bor. ^{[1] [15]} [Jöns Jakob Berzelius](#) identificerede bor som et element i 1824. ^[16] Pure bor blev velsagtens først produceret af den amerikanske kemiker Ezekiel Weintraub i 1909. ^{[17] [18] [19]}

Karakteristika

Allotropes

Uddybende artikel: [Allotropes af bor](#)



 Boron bidder

Bor ligner [carbon](#) i dets evne til at danne stabile [kovalent bundne](#) molekulære netværk. Selv nominelt uordnet ([amorft](#)) bor indeholder regelmæssige bor [icosahedra](#) der imidlertid bundet tilfældigt til hinanden uden [langtrækkende orden](#) . ^[20] ^[21] [Krystallinsk](#) bor er et meget hårdt, sort materiale med et højt smeltepunkt på over 2000 ° C. Den findes i fire store [polymorfer](#) : α , β , γ og T. der α , β og T faser baseret på B_{12} icosahedra kan γ -fase beskrives som en [Rocksalt](#) -type arrangement af icosahedra og B_2 atomare par . ^[22] Det kan fremstilles ved sammenpresning af andre bor-faser til 12-20 GPa og opvarmning til 1500-1800 ° C, hvor den forbliver stabil efter udløsning af temperatur og tryk. The T fase fremstilles ved tilsvarende tryk, men højere temperaturer på 1800-2200 ° C. Med hensyn til α -og β faser, kan de begge sameksistere ved [omgivelsesbetingelser](#) med β fase er mere stabil. ^[22] ^[23] ^[24] komprimere bor over 160 GPa frembringer en bor fase med en endnu ukendt struktur, og dette fase er en [superleder](#) ved temperaturer 6-12 K. ^[25]

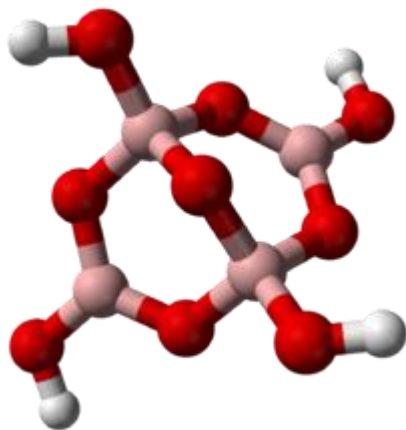
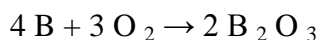
Boron fase	α	β	γ	T
Symmetry	Rhomboedrisk	Rhomboedrisk	Orthorhombisk	Tetragonale
Atomer / enhed celle ^[22]	12	~ 105	28	
Densitet (g / cm³) ^[26] ^[27] ^[28] ^[29]	2,46	2,35	2,52	2,36
Vickers hårdhed (GPa) ^[30] ^[31]	42	45	50-58	
Bulk modulus (GPa) ^[31] ^[32]	185	224	227	
Bandgap (eV) ^[31] ^[33]	2	1,6	2,1	

Kemien af elementet

Se også kategori: [Borforbindelser](#)

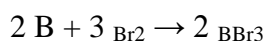
Grundstofanalyse bor er sjældne og dårligt undersøgt, fordi materialet er ekstremt vanskeligt at fremstille. De fleste studier af "bor" omfatter prøver, der indeholder små mængder carbon. Kemisk, bor opfører sig mere lighed med [silicium](#) end [aluminium](#) . Krystallinsk bor er kemisk inert og modstandsdygtigt over for angreb fra kogende [flussyre](#) eller [saltsyre](#) . Når findelt, er det angribes langsomt ved varm koncentreret [hydrogenperoxid](#) , varm koncentreret [salpetersyre](#) , varm [svovlsyre](#) eller varm blanding af svovlsyre og [krom-syrer](#) . ^[18] ^[34]

Hastigheden for oxidation af bor afhænger af krystallinitet, partikelstørrelse, renhed og temperatur. Bor ikke reagerer med luft ved stuetemperatur, men ved højere temperaturer det brænder til dannelse [Bortrioxid](#) : ^[35]



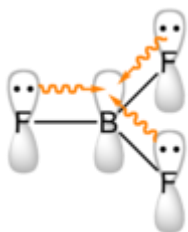
Kugle-og-stav-model af tetraborat anion, $[\text{B}_4 \text{ O}_5 (\text{OH})_4]^{2-}$, som den forekommer i krystallinsk borax, $\text{Na}_2 [\text{B}_4 \text{ O}_5 (\text{OH})_4] \cdot 8 \text{ H}_2 \text{ O}$. Boronatomer er lyserød, med brodannende oxygenatomer i rød, og fire hydroxylgrupper hydrogen i hvidt. Note to borons er trigonally bundet sp^2 uden formel tiltale, mens de to andre borons tetraedrisk bindes sp^3 , som hver bærer en formel ladning på -1. Oxidationstrinnet for alle borons er III. Denne blanding af bor koordinering numre og formelle afgifter er karakteristisk for naturlige bor mineraler.

Bor undergår halogenering til opnåelse trihalogeniderne, for eksempel



The trichlorid i praksis er normalt lavet af oxidet. ^[35]

Kemiske forbindelser



[Bor \(III\) trifluorid](#) struktur, der viser "tomme" bor p orbital i pi-type [kvalente koordinationsbindinger](#)

I sine mest kendte forbindelser, har bor den formelle oxidationstrin III. Disse indbefatter oxider, sulfider, nitrider og halogenider. ^[35]

De trihalogeniderne vedtage en plan trigonal struktur. Disse forbindelser er [Lewis-syrer](#), idet de let danner [addukter](#) med elektron-par donorer, som kaldes [Lewis-baser](#). For eksempel fluorid⁻ og (F) [bortrifluorid](#) kombineret (BF_3), hvilket gav [tetrafluorborat](#) anion, BF_4^- . Bortrifluorid anvendes i den petrokemiske industri som katalysator. Halogeniderne reagerer med vand til dannelse af [borsyre](#).^[35]

Bor findes i naturen på Jorden helt som forskellige oxider af B (III), ofte i forbindelse med andre elementer. Jo mere end hundrede [borater](#) har alle bor i oxidationstrin +3. Disse mineraler ligner silicater i nogle henseende, men bor ofte findes ikke kun i en tetraedrisk koordination med oxygen, men også i en trigonal plan konfiguration. I modsætning til silicater, aldrig de bor mineraler har bor med koordination tal større end fire. En typisk motiv er eksemplificeret ved de tetraborat anioner af den almindelige mineral [borax](#), vist til venstre. Den formelle negative ladning af tetraedriske borat centre afbalanceres af metalkationer i de mineraler, såsom natrium (Na^+) i borax.^[35]

Uddybende artikel: [Bornitrid](#)

De [bor nitrid](#) er bemærkelsesværdige for de mange forskellige strukturer, som de udsteder. De vedtager strukturer svarende til forskellige allotropes af [kulstof](#), herunder grafit, diamant, og nanorør. I den diamantlignende struktur kaldet kubisk bornitrid (handelsnavn [Borazon](#)), boronatomer eksisterer i den tetraedriske konstruktion af carbonatomer i diamant, men hver fjerde BN bindinger kan ses som et [koordinat kovalent binding](#), er hvor to elektroner doneret af nitrogenatomet, der virker som [Lewis-base](#) til en binding til [Lewis sure](#) bor (III) center. Kubisk bornitrid, blandt andre anvendelser, anvendes som slibemiddel, da det har en hårdhed sammenlignelig med diamant (de to stoffer er i stand til at producere ridser på hinanden). I BN forbindelsen analog af grafit, hexagonal bornitrid (h-BN), det positivt ladede bor og negativt ladede nitrogenatomer i hvert plan ligger ved siden af modsat ladede atom i den næste plan. Følgelig grafit og h-BN har meget forskellige egenskaber, selv om begge er smøremidler, som disse planer glide forbi hinanden let. Imidlertid h-BN er en forholdsvis dårlig elektrisk og termisk leder i de plane retninger.^{[36] [37]}

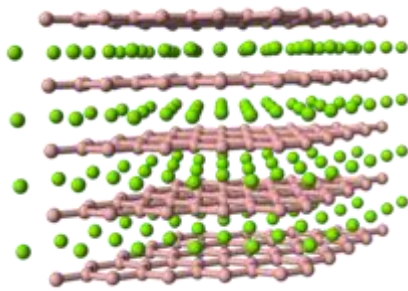
Organoboron kemi

Uddybende artikel: [Organoboron kemi](#)

Et stort antal organoboron forbindelser er kendt, og mange er egnede til [organisk syntese](#). Organoboron (III) forbindelser er sædvanligvis tetraedrisk eller trigonal plan, f.eks [tetraphenylborat](#) ($\text{B}(\text{C}_6\text{H}_5)_4^-$) vs [triphenylborane](#) ($\text{B}(\text{C}_6\text{H}_5)_3$). Mange er fremstillet af [hydroborering](#), som anvender [diboran](#) (B_2H_6).

Forbindelser med B (I) og B (II)

Selv om disse ikke findes på jorden naturligt, bor danner en række af stabile forbindelser med formelle oxidationstrin mindre end tre. Som for mange kovalente forbindelser, er formelle oxidationstrin ofte af ringe betydning i [borhydridforbindelser](#) og metal borider. Halogeniderne også danne derivater af B (I) og B (II). BF , isoelectronic med N_2 , ikke isolerbart i komprimeret form, men B_2F_4 og B_4Cl_4 er velkarakteriserede.^[38]



Ball-and-stick model af superleder magnesium diborid. Boronatomer ligger i sekskantede aromatiske grafit-lignende lag, med en ladning på -1 per bor. Magnesium (II) ioner ligger mellem lagene

Binære metal-borforbindelser, metal borider, træk bor i oxidationstrin under III. Illustrative er [magnesium diborid](#) (MgB_2). Hver boratom har en formel -1 ladning og magnesium er tildelt en formel ladning på 2+. I dette materiale, er bor centre trigonal plane, med en ekstra dobbeltbinding for hvert bor, med boronatomer danner ark beslægtet med carbonet i [grafit](#). Men i modsætning til tilfældet med heksagonalt bornitrid, der ved sammenligning mangler elektroner i planet af de kovalente atomer, tillader de delokaliserede elektroner i planet af magnesium diborid det til at lede strøm svarende til isoelectronic grafit. Desuden er dette materiale i 2001 viste sig at være en højtemperatur [superleder](#). ^{[39] [40]}

Visse andre metal borider finde specialiserede applikationer som hårde materialer til skærende værktøjer. ^[41]

Fra den strukturelle perspektiv, er de mest markante kemiske forbindelser af bor de hydrider. Inkluderet i denne serie er molekyllklynger [dodecaborate](#) ($B_{12}H_{12}^{2-}$), [decaborane](#) ($B_{10}H_{14}$), og [Carboraner](#) såsom $C_2B_{10}H_{12}$. Karakteristisk sådanne forbindelser har bor med koordinering numre større end fire. ^[35]

Isotoper

Uddybende artikel: [Isotoper af bor](#)

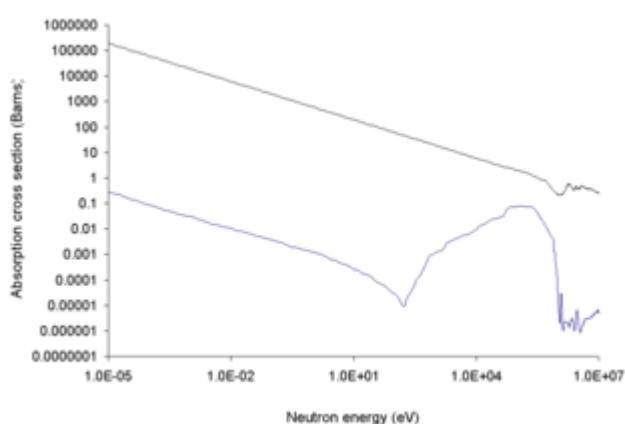
Bor har to naturligt forekommende og stabile [isotoper](#), ^{11}B (80,1%) og ^{10}B (19,9%). De massive forskel medfører en lang række $\delta^{11}B$ -værdier, der defineres som en relativ forskel mellem ^{11}B og ^{10}B og traditionelt udtrykt i tusindedele, i naturlige vande i området fra -16 til +59. Der er 13 kendte isotoper af bor, den korteste levetid isotop er 7B , der henfalder gennem [proton emission](#) og [alfahenfald](#). Det har en [halveringstid](#) på $3,5 \times 10^{-22}$ s. Isotopfraktionering af bor styres af udvekslingsreaktioner af bor arter $B(OH)_3$ og $[B(OH)_4]^-$. Boron isotoper er også fraktioneres under mineral krystallisation, ved H_2O faseændringer i [hydrotermiske](#) systemer, og under hydrotermisk ændring af [sten](#). Den sidstnævnte virkning fører til præferentiel fjernelse af $^{10}B(OH)_4$ [ion](#) på lerarter. Det resulterer i løsninger, beriget med $^{11}B(OH)_3$ og kan derfor være ansvarlig for den store ^{11}B berigelse i havvand i forhold til både [oceaniske](#) skorpe og [kontinentale](#) skorpe, denne forskel kan virke som en [isotopisk signatur](#). ^[42] Den eksotiske ^{17}B udviser en [nuklear halogen](#), dvs dens radius er betydeligt større end forudsagt af den [flydende dråbe model](#). ^[43]

Den ^{10}B isotop er god til at opfange [termiske neutroner](#) . ^[44] Naturlig bor er omkring 20% ^{10}B og 80% ^{11}B . Den [nukleare industri](#) beriger naturlig bor til næsten ren ^{10}B . Den mindre værdifuldt biprodukt, depleteret bor, er næsten ren ^{11}B .

Kommerciel isotop berigelse

Grund af dens høje neutron tværsnit, er bor-10 ofte anvendes til at styre fission i kernereaktorer som en neutron-indfangende stof. ^[45] Adskillige industriell skala berigelse er blevet udviklet, men kun fraktioneret vakuumdestillation af [dimethyl ether](#) addukt af [bortrifluorid](#) (DME-BF_3) samt søjlechromatografi af borater, der anvendes. ^{[46] [47]}

Beriget bor (bor-10)



Neutron tværsnit af bor (øverste kurve er for ^{10}B og nederste kurve for ^{11}B)

Beriget bor eller ^{10}B anvendes i både strålingsafskærmningsmaterialet og er den primære nuklid anvendt i [neutronindfangningsterapi af cancer](#) . I sidstnævnte ("borneutronindfangningsterapi" eller BNCT) er en forbindelse indeholdende ^{10}B inkorporeret i et farmaceutisk, der selektivt optages af en ondartet tumor og væv i nærheden af den. Patienten behandles derpå med en stråle af enten termiske neutroner eller pålagt neutroner med lav energi, ved en relativt lav neutronstråling dosis. Neutronerne imidlertid udløse energisk og kortdistance sekundære [alfapartikel](#) og lithium-7 tunge ionstråling, som er produkter af bor + neutron [kernereaktion](#) , og denne ionstråling yderligere bombarderer tumoren, især fra inde i tumorcellerne. ^{[48] [49] [50] [51]}

I kernereaktorer, er ^{10}B bruges til reaktivitet kontrol og i [nødstop-systemer](#) . Det kan tjene enten funktion i form af [borsilikat styrestænger](#) eller [borsyre](#) . I [trykvaendreaktorer](#) , er borsyre sættes til reaktoren kølemiddel når anlægget er lukket ned til brændstofpåfyldning. Det er derefter langsomt filteret over mange måneder [fissilt](#) materiale er opbrugt, og brændstoffet bliver mindre reaktive. ^[52]

I fremtiden bemanded interplanetarisk rumfartøj, har ^{10}B en teoretisk rolle som strukturelt materiale (som borfibre eller BN [nanorør](#) materiale), som også vil tjene en særlig rolle i strålingsafskærmningen. En af de vanskeligheder i forbindelse med [kosmiske stråler](#) , som for det meste høj energi protoner, er, at nogle sekundære stråling fra samspillet mellem kosmiske stråler og rumfartøjer materialer er høj energi [Spallation](#) neutroner. Sådanne neutroner kan blive modereret af materialer med højt lette elementer såsom [polyethylen](#) , men de modererede neutroner fortsat være

en strålingsfare medmindre aktivt absorberet i afskærmningen. Blandt lette elementer, der absorberer termiske neutroner, ^6Li og ^{10}B vises som potentielle rumfartøjer strukturelle materialer, der tjener både til mekanisk forstærkning og strålingsbeskyttelse. ^[53]

Depleteret bor (boron-11)

[Kosmisk stråling](#) vil producere sekundære neutroner hvis den rammer rumfartøjer strukturer. Disse neutroner bliver opfanget i ^{10}B , hvis det er til stede i fartøjets [halvledere](#), der producerer en [gammastråle](#), en [a-partikel](#) og en [lithium](#)-ion. Disse resulterende henfaldsprodukter kan derefter bestråle nærheden halvleder 'chip' strukturer, der forårsager tab af data (bit flipping, eller [enkelt begivenhed forstyrret](#)). I [strålingshærdede](#) halvleder design, modtræk ene er at bruge **forarmet bor** som er meget beriget i ^{11}B og indeholder næsten ingen ^{10}B . ^{11}B er stort set immun over for stråleskader. Forarmet bor er et biprodukt af den [nukleare industri](#). ^[52]

^{11}B er også en kandidat som brændstof til [aneutronic fusion](#). Når den rammes af en proton med energi på omkring 500 k [eV](#), den producerer tre alfapartikler og 8,7 MeV af energi. De fleste andre fusionsreaktioner involverer brint og helium producerer gennemtrængende neutronstråling, hvilket svækker reaktor strukturer og inducerer langsigtet radioaktivitet til skade betjeningspersonale. Henviser til de [alfapartikler](#) kan fra ^{11}B fusion vendes direkte til elektrisk strøm, og al stråling standser, så snart reaktoren er slukket. ^[54]


NMR-spektroskopi

Både ^{10}B og ^{11}B besidder [kernespin](#). Den kernespin af ^{10}B er 3, og at af ^{11}B er 3/2. Disse isotoper er derfor nyttige i [kernemagnetisk resonans](#)- spektroskopi og spektrometre særligt tilpassede til detektering af boron-11 kerner er kommercielt tilgængelige. The ^{10}B og ^{11}B kerner også forårsage spaltning i [resonanser](#) af vedhæftede kerner. ^[55]

Forekomst

Se også kategori: [Boratbuildere mineraler](#)



 Et fragment af ulexit



Borax krystaller

Bor er et forholdsvis sjældent grundstof i Jordens skorpe, hvilket kun 0,001%. Den verdensomspændende kommercielle borat indskud anslås til 10 millioner tons. ^[56] ^[57] [Tyrkiet](#) og [USA](#) er verdens største producenter af bor. ^[58] ^[59] Tyrkiet har 63% af verdens bor reserver. ^[60] Bor vises ikke på Jorden i form af grundstoffer, men er fundet sammen i [borax](#) , [borsyre](#) , [colemanit](#) , [kernit](#) , [ulexit](#) og [borater](#) . Borsyre er undertiden fundet i [vulkanske](#) kildevand.

[Ulexit](#) er en af over hundrede [borat mineraler](#) , det er en fibrøs krystal, hvor de enkelte fibre kan lede lys som [optiske fibre](#) . ^[61]

Økonomisk vigtige kilder til bor er rasorite ([kernit](#)) og [tinkal](#) (borax malm). [35°2'34.447"N 117°40'45.412"W](#) [35.04290194°N 117.67928111°W](#) De er begge fundet i [Mojave-ørkenen](#) i [Californien](#) , hvor [Rio Tinto Borax Mine](#) (også kendt som den amerikanske Borax Boron Mine) [35 ° 2'34 0,447 "N 117 ° 40'45 0,412" W 35,04290194 ° N 117,67928111 ° V](#) nær [Boron, Californien](#) er [Californiens](#) største open-pit mine og den største [borax](#) mine i verden, der producerer næsten halvdelen af verdens [borater](#) . fra denne single site ^[62] ^[63] De største borax kendte forekomster, mange stadig udnyttet, er i centrale og vestlige [Tyrkiet](#) , herunder provinserne [Eskişehir](#) , [Kütahya](#) og [Balıkesir](#) . ^[64] ^[65] ^[66]

Produktion

Produktionen af borforbindelser ikke indebærer dannelse af elementært bor, men udnytter den bekvemme tilgængelighed af borater.

De tidligste veje til elementært bor involverede reduktion af [boroxid](#) med metaller, såsom [magnesium](#) eller [aluminium](#) . Men produktet er næsten altid forurenede med metal [borider](#) . Pure bor kan fremstilles ved at reducere flygtige borhalogenider med [hydrogen](#) ved høje temperaturer. Ultrarent bor, til anvendelse i halvlederindustrien, produceres, er ved nedbrydning af [diboran](#) ved høje temperaturer og derefter yderligere oprenset med [zonen smeltning](#) eller [Czochralski processer](#) . ^[67]

Markedstendens

Anslået globale forbrug af bor steg til en rekord 1,8 millioner tons af B₂O₃ i 2005 efter en periode med kraftig vækst i efterspørgslen fra Asien, Europa og Nordamerika. Boron minedrift og

raffinering kapacitet anses for at være tilstrækkelige til at opfylde de forventede niveauer af vækst gennem det næste årti.

Den form, hvori bor forbruges har ændret sig i de seneste år. Brugen af malme som [colemanit](#) er faldet efter bekymringer over [arsen](#) indhold. Forbrugerne har bevæget sig i retning brugen af raffinerede borater og borsyre, der har en lavere forurenende indhold. De gennemsnitlige omkostninger for krystallinsk bor er \$ 5 / g. ^[68]

Stigende efterspørgsel efter borsyre har ført en række producenter til at investere i yderligere kapacitet. ETI Mine Company Tyrkiet åbnet en ny borsyre anlæg med en produktionskapacitet på 100.000 ton om året ved [Emet](#) i 2003. [Rio Tinto Group](#) øget kapaciteten i sin bor plante fra 260.000 tons om året i 2003 til 310.000 tons om året fra maj 2005 , med planer om at vokse dette til 366.000 tons om året i 2006. Kinesiske bor producenter har været i stand til at opfylde hastigt voksende efterspørgsel efter høj kvalitet borater. Dette har ført til import af natriumtetraborat ([borax](#)), vokser med en hundredfold mellem 2000 og 2005 og borsyre import steg med 28% om året i samme periode. ^[69] ^[70]

Stigningen i den globale efterspørgsel har været drevet af høje vækstrater i [glasfiber](#) og [borosilicate](#) produktion. En hurtig stigning i fremstilling af armering-grade glasfiber i Asien med en deraf følgende stigning i efterspørgslen efter borater har opveje udviklingen af bor-fri armering-grade glasfiber i Europa og USA. De seneste stigninger i energipriserne kan føre til øget brug af isolering-grade glasfiber, med deraf følgende vækst i bor forbrug. Roskill Consulting Group forudser, at verdens efterspørgsel efter bor vil vokse med 3,4% om året for at nå 21 millioner tons i 2010. Den højeste vækst i efterspørgslen forventes at være i Asien, hvor efterspørgslen kan stige med gennemsnitligt 5,7% om året. ^[69] ^[71]

Ansøgninger

Næsten alle bor udvundne malm fra Jorden er bestemt til raffinering i [borsyre](#) og [natriumtetraborat pentahydrat](#) . I USA er 70% af bor, der anvendes til fremstilling af glas og keramik. ^[72] ^[73]

Glas og keramik



Borosilikatglas. Vist er to bægre og et reagensglas.

[Borsilikat](#) glas, der typisk er 12-15% B_2O_3 , 80% SiO_2 , og 2% Al_2O_3 , har en lav [termisk udvidelseskoefficient](#) giver det en god modstandsdygtighed over for termisk chok. Duran og [Pyrex](#) er to store navne til dette glas, brugte både i [laboratorieudstyr](#) og i forbrugernes [køkkengrej og Bageforme](#), især for denne modstand. ^[74]

Boron filamenter er høj styrke, letvægtsmaterialer, der bruges hovedsageligt til avancerede [rumfart](#) strukturer som en bestanddel af [kompositmaterialer](#), samt begrænset produktion forbruger og sportsudstyr, såsom [golfklubber](#) og [fiskestænger](#). ^{[75] [76]} Fibrene kan fremstilles ved [kemisk pådampning](#) af bor på en [wolfram](#) filament. ^{[58] [77]}

Boron fibre og sub-millimeter størrelse krystallinske bor fjedre er produceret af [laser](#)-assisteret [kemisk dampudfældning](#). Oversættelse af den fokuserede laserstråle kan bruges til fremstilling selv komplekse spiralstrukturer. Sådanne strukturer udviser gode mekaniske egenskaber ([elasticitetsmodul](#) 450 GPa, fraktur stamme 3,7%, fraktur stress 17 GPa) og kan anvendes til forstærkning af keramik eller [mikromekaniske systemer](#). ^[78]

Detergentformuleringer og blegemidler

Borax bruges i forskellige vaske- og rengøringsmidler, ^[79] herunder den velkendte "[20 Mule Team Borax](#)" vasketøj booster og "[Boraxo](#)" pulveriseret hånd sæbe. Det er også til stede i nogle [tandblegning](#) formler. ^[73]

[Natriumperborat](#) tjener som en kilde til [aktiv ilt](#) i mange [rengøringsmidler](#), [vaskemidler](#), [rengøringsmidler](#) og vaskeri [blegemidler](#). Men trods sit navn, "Borateem" vasketøj blegemiddel indeholder ikke længere nogen borforbindelser, ved hjælp af [natriumpercarbonat](#) i stedet som blegemiddel. ^[80]

Insekticider

Borsyre anvendes som et insekticid, navnlig mod myrer, lopper, og kakerlakker. ^[81]

Halvledere

Bor er en nyttig [doteringsmiddel](#) til sådanne halvledere som [silicium](#), [germanium](#), og [siliciumcarbide](#). Har en mindre valenselektron end værten atom, den donerer et [hul](#) resulterer i [p-type](#) ledningsevne. Traditionelle måde at introducere bor i halvledere er via dets [atomare diffusion](#) ved høje temperaturer. Denne fremgangsmåde anvender enten faste stof (B_2O_3), flydende (BF_3), eller gasformige bor kilder (B_2H_6 eller BF_3). Efter 1970'erne blev det meste erstattet af [ionimplantation](#), som meste afhængig BF_3 som en bor-kilde. ^[82] Bortrichlorid gas er også et vigtigt kemikalie i halvlederindustrien, men ikke for doping men snarere til [plasmaætsning](#) af metaller og deres oxider. ^[83] Triethylboran også injiceres i [dampafsætningsmetoder](#) reaktorer som bor kilde. Eksempler er plasma deposition af borholdige hårde carbonfilm, siliciumnitrid-bornitrid film og til [doping](#) af [diamant](#) film med bor. ^[84]

Magneter

Bor er en del af [neodym magneter](#) ($\text{Nd}_2\text{Fe}_{14}\text{B}$), som er de stærkeste type permanent magnet. De findes i en bred vifte af indenlandske og professionel elektromekaniske og elektroniske enheder, såsom [magnetisk resonans imaging](#) (MRI), forskellige motorer og [aktuatorer](#), computer harddiske, cd-og dvd-afspillere, mobiltelefoner, timeren, højttalere og så videre. ^[4]

Høj hårdhed og slibende stoffer

Uddybende artikel: [superhårde materialer](#)



Borcarbide bruges til indvendige plader af [ballistiske veste](#)

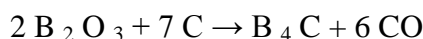
Adskillige borforbindelser er kendt for deres ekstreme hårdhed og sejhed.

Borcarbide og kubisk bornitrid pulvere er almindeligt anvendt som slibemidler. Metal [borider](#) anvendes til coating af værktøjer gennem [kemisk dampaflejring](#) eller [fysisk pådampning](#). Implantation af bor-ioner i metaller og legeringer, gennem [ionimplantering](#) eller [ionstråle deposition](#), resulterer i en bemærkelsesværdig stigning i overflademodstand og mikrohardhed. Laser legering er også med succes blevet anvendt til samme formål. Disse borider er et alternativ til diamanbelagte værktøjer, og deres (behandlet) overflader har tilsvarende egenskaber som dem af bulk borid. ^[85]

Borcarbide

Uddybende artikel: [borcarbide](#)

[Borcarbide](#) er et keramisk materiale, som opnås ved nedbrydning B_2O_3 med carbon i den elektriske ovn:



Borcarbide struktur er kun ca B_4C , og det viser klart udtømmning af kulstof fra dette foreslåede støkiometriske forhold. Dette er på grund af sin meget kompliceret struktur. Stoffet kan ses med [empiriske formel](#) B_{12}C_3 (dvs. med B_{12} dodecahedra er et motiv), men med mindre carbon som de foreslåede C_3 enheder er erstattet med BC-kæder, og der er mindre (B_6) oktaedre foreliggende samt. (Se artiklen om strukturel analyse).

Den gentagne polymer plus semikrystallinske struktur af borcarbide giver den stor strukturel styrke per vægtenhed. Det anvendes i [tanken rustning](#), [skudsikre veste](#) og talrige andre strukturelle anvendelser.

Borcarbide evne til at absorbere neutroner uden at danne langlivede [radionuklider](#) (især når doteret med ekstra bor-10) gør materialet attraktivt som et absorberende for neutronstråling, der opstår i atomkraftværker. Nukleare anvendelser af borcarbide omfatter afskærmning, styrestænger og nedlukning pellets. Inden styrestænger, er borcarbide ofte pulveriseret, for at øge sit areal. [\[86\]](#) [\[87\]](#)

Mekaniske egenskaber for BCN faststoffer [\[88\]](#) og ReB_{10} [\[89\]](#)

Materiale	Diamant	cubic-BC ₂ N	cubic-BC ₅	cubic-BN	B ₄ C	REB ₂
Vickers hårdhed (GPa)	115	76	71	62	38	22
Brudsejhed (MPa m ^{1/2})	5,3	4,5	9,5	6,8	3,5	

Andre superhårde borforbindelser

- [Heterodiamond](#) (også kaldet BCN);
- [Bornitrid](#). Dette materiale er isoelectronic til [carbon](#). Svarende til carbon, det har både hexagonal (blød grafit-lignende h-BN) og kubiske (hård, diamantlignende c-BN) former. h-BN anvendes som en højtemperatur-komponent og smøremiddel. c-BN, også kendt under handelsnavnet [borazon](#), [\[90\]](#) er en overlegen slibemiddel. Dens hårdhed er kun lidt mindre, men kemisk stabilitet er bedre end diamant.
- [Rhenium diborid](#) kan fremstilles ved omgivelsestryk, men er temmelig dyrt på grund af rhenium. Hårdheden af REB₂ udviser betydelig [anisotropi](#) på grund af dens hexagonal lagdelte struktur. Dens værdi er sammenlignelig med [wolframcarbide](#), [siliciumcarbide](#), [titandiborid](#) eller [zirconiumdiborid](#). [\[89\]](#)
- AlMgB₁₄ + TiB₂ kompositter har høj hårdhed og slidstyrke og anvendes i enten løs form eller som overtræk til komponenter udsættes for høje temperaturer og slid belastninger. [\[91\]](#)

Afskærmning i kernereaktorer

Bor afskærmning anvendes som en kontrol for [atomreaktorer](#), der udnytter sin høje tværsnit til neutronindfangning. [\[92\]](#)

Andre nonmedical anvendelser



Menu

0:00



Lancering af *Apollo 15* Saturn V raket, ved hjælp af triethylboran ignitor

- På grund af sin karakteristiske grøn flamme, der amorf bor anvendes i [pyrotekniske nødblus](#) ^[93].
- [Stivelse](#) og [casein](#) -baserede klæbemidler indeholder natriumtetraborat decahydrat ($\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$)
- Nogle korrosionsbeskyttende systemer indeholder borax. ^[94]
- Natriumborater bruges som en [flux](#) til lodning sølv og guld og med [ammoniumchlorid](#) til svejsning jernholdige metaller. ^[95] De er også brandhæmmende additiver til plast og gummi artikler. ^[96]
- [Borsyre](#) (også kendt som orthoborsyre) H_3BO_3 anvendes til fremstilling af tekstilvarer glasfiber og [fladskærme](#) ^[73] ^[97], og i mange [PVAc](#) og [PVOH](#)- klæbemidler.
- [Triethylboran](#) er et stof, som antænder [JP-7](#) brændstof [Pratt & Whitney J58 turbojetmotorer](#) / [Ramjet](#) motorer kraftoverførsel den [Lockheed SR-71 Blackbird](#). ^[98] Den blev også brugt til at antænde [F-1 Motorer](#) på [Saturn V](#) Rocket anvendes af [NASA](#) 's [Apollo](#) og [Skylab](#) programmer fra 1967 til 1973. Triethylboran er egnet til dette på grund af dens [pyrofore](#) egenskaber, især det faktum, at det brænder med en meget høj temperatur. ^[99] Triethylboran er en industriel [initiator](#) i [radikale](#) reaktioner, hvor det er effektivt selv ved lave temperaturer.

Farmaceutiske og biologiske applikationer

[Borsyre](#) har antiseptiske, svampedræbende, og antivirale egenskaber, og af denne grund anvendes som en vand klaringstank i swimming pool vandbehandling. ^[100] Milde opløsninger af borsyre er blevet anvendt som øjet antiseptika.

[Bortezomib](#) (*Velcade* ®). Bor fremstår som et aktivt element i sin første-godkendt organisk pharmaceutical i romanen farmaceutiske bortezomib, en ny klasse af lægemidler kaldet proteasom-inhibitorer, der er aktive i myelom og en form for lymfom (det er i øjeblikket i eksperimentelle forsøg mod andre typer lymfom). Boratomet i bortezomib binder det katalytiske sted af [26S-proteasom](#) ^[101] med høj affinitet og specificitet.

- En række potentielle boronerede lægemidler ved hjælp af [bor-10](#), er blevet udarbejdet til brug for [borneutronindfangningsterapi](#) (BNCT). ^[102]

- Nogle borforbindelser viser lovende i behandlingen af [gigt](#) , men ingen som endnu ikke er generelt godkendt til formålet. ^[103]

Forskningsområder

[Magnesium diborid](#) er en vigtig [superledende materiale](#) med overgangstemperaturen af 39 K. MGB₂ ledninger fremstilles med [pulver-i-rør](#) proces og anvendes i superledende magneter. ^{[104] [105]}

Amorft bor anvendes som et smeltepunkt depressivt på nikkel-chrom slagloddets legeringer. ^[106]

Heksagonalt [bornitrid](#) danner atomically tynde lag, der er blevet anvendt til at øge [elektron mobilitet](#) i [graphene](#) enheder. ^{[107] [108]} Den danner også nanotubular strukturer ([BNNTs](#)), der har med høj styrke, høj kemisk stabilitet og høj [varmeledningsevne](#) blandt sin liste over ønskelige egenskaber. ^[109]

Naturlige biologiske rolle

Der er en boronindeholdende naturligt [antibiotikum](#) , [boromycin](#) , isoleret fra [Streptomyces](#) . ^{[110] [111]} Bor er et essentielt plante [næringsstof](#) , der kræves primært til at opretholde integriteten af cellevægge. Omvendt høje jord koncentrationer på > 1,0 [ppm](#) kan forårsage marginal og drikkepenge nekrose i blade samt generelt dårlig vækst. Niveauer så lave som 0,8 ppm kan forårsage de samme symptomer skal vises i planter særlig følsomme over for bor i jorden. Næsten alle planter, selv de lidt tolerante af bor i jorden, vil vise i det mindste nogle symptomer på bor toksicitet, når borindhold i jorden er større end 1,8 ppm. Når dette indhold overstiger 2,0 ppm, vil få planter klarer sig godt, og nogle kan ikke overleve. Når bor niveauer i plantevæv overstige 200 ppm symptomer på bor toksicitet sandsynligvis dukke op. ^{[112] [113] [114]}

Som [ultratrace element](#) , er bor nødvendig for optimal sundhed hos rotter, selv om det er nødvendigt i så små mængder, at ultrapurified fødevarer og støv filtrering af luft er nødvendig for at inducere Bormangel, som manifesterer som ringe pels eller hår kvalitet. Formodentlig bor er nødvendigt til andre pattedyr. Ingen mangel syndrom hos mennesker er blevet beskrevet. Små mængder af bor optræder ofte i kosten, og de beløb, der er nødvendige i kosten ville i lighed med gnavere, være meget lille. Den nøjagtige fysiologiske rolle af bor i dyreriget er dårligt forstået. ^[115]

Bor forekommer i alle fødevarer, der fremstilles fra planter. Siden 1989 dens næringsværdi er blevet fremført. Det menes, at bor spiller adskillige biokemiske roller i dyr, herunder mennesker. ^[116] Det amerikanske landbrugsministerium udført et eksperiment, hvor postmenopausale kvinder tog 3 mg af bor om dagen. Resultaterne viste, at supplerende bor reduceret udskillelse af calcium med 44%, og aktiveret [estrogen](#) og [vitamin D](#) , hvilket antyder en mulig rolle ved bekæmpelse af [osteoporose](#) . Men om disse effekter var konventionelt ernæringsmæssige eller medicinske, kunne ikke bestemmes. Den amerikanske [National Institutes of Health](#) , at "Total daglig bor indtagelse i normale [menneskelige kost](#) spænder fra 2,1 til 4,3 mg bor / dag. " ^{[117] [118]}

[Medfødt endotel dystrofi type 2](#) , en sjælden form af [hornhinde dystrofi](#) , er forbundet med mutationer i [SLC4A11](#) gen, som koder en transportør angiveligt regulerer den intracellulære koncentration af bor. ^[119]

Analytisk kvantificering

Til bestemmelse af borindhold i fødevarer eller materialer den [kolorimetriske](#) curcumin metode. Bor skal overføres til borsyre eller [borater](#) og omsætning med [curcumin](#) i sur opløsning, en rød [borchelat](#) kompleks, [rosocyanine](#) , dannes. ^[120]

Sundhedsspørgsmål og toksicitet




Elementar bor, [boroxid](#) , [borsyre](#) , borater, og mange [organoboron forbindelser](#) er ikke-toksiske for mennesker og dyr (ca. svarende til bordsalt). The [LD₅₀](#) (dosis, ved hvilken der er 50% dødelighed) for dyr er omkring 6 g per kg legemsvægt. Stoffer med LD₅₀ over 2 g betragtes som ikke-toksiske. Den mindste dødelige dosis for mennesker er ikke fastlagt. Et indtag på 4 g / dag borsyre blev rapporteret uden hændelser, men mere end dette anses for giftige for mere end et par doser. Indtag af mere end 0,5 gram om dagen i 50 dage forårsage mindre mave og andre problemer, der tyder på toksicitet. ^[121] Enkelte medicinske doser på 20 g borsyre for neutronindfangningsterapi er blevet anvendt uden unødigt toksicitet. Fisk har overlevet i 30 minutter i en mættet borsyreopløsning og kan overleve længere i stærke borax opløsninger. ^[122] Borsyre er mere toksisk for insekter end til pattedyr og anvendes rutinemæssigt som et insekticid. ^[181]






De [boraner](#) (bor hydrogenforbindelser) og lignende gasformige forbindelser er ganske giftige. Som sædvanlig er det ikke et element, der er uløseligt giftig, men giftighed afhænger af strukturen. ^[12] ^[13]

De boraner er giftige samt yderst [brandfarligt](#) og kræver særlig forsigtighed ved håndtering. Natriumborhydrid udgør en brandfare på grund af dets reducerende karakter, og frigørelse af hydrogen ved kontakt med syre. Borhaliderne er ætsende. ^[123]

Se også

- [Allotropes af bor](#)
- [Kategori: Borforbindelser](#)
- [Bormangel](#)
- [Boroxid](#)
- [Bornitrid](#)
- [Borneutronindfangningsterapi](#)
- [Boronsyre](#)
- [Hydroborering-oxidationsreaktion](#)
- [Suzuki-kobling](#)

Bøger Se eller bestil samlinger af artikler	 Bor
	 Periode 2 elementer
	 Boron gruppe
	 Kemiske grundstoffer

	<u>(sorteret alfabetisk)</u>
	<u>Kemiske grundstoffer (sorteret efter antal)</u>
<hr/>	
Portaler Adgang relaterede emner	 <u>Kemi portal</u>
<hr/>	
Find ud af mere om Wikipedias Søsterprojekter	 <u>Medier fra Commons</u>
	 <u>Definitioner fra Wiktionary</u>
	 <u>Læringsressourcer fra Wikiversity</u>

Referencer

- [^] ^{*a b c*} Gay Lussac, JL og Thenard, LJ (1808) "[Sur la dekomponering et la genkomponering de l'Acide boracique.](#)" *Annales de Chimie* [senere: Annales de Chemie et de physique], bd. 68, pp. 169-174.
- [^] ^{*a b c*} Davy H (1809). "[En højde for nogle nye analytiske undersøgelser om arten af visse organer, især baser, fosfor, svovl, carbonholdigt stof, og syrerne hidtil undecomposed: med nogle generelle bemærkninger om kemisk teori](#)" . *Philosophical Transactions of Royal Society of London* **99**:. 33-104 <http://books.google.com/books?id=gpwEAAAAYAAJ&pg=PA140#v=onepage&q&f=false> .
- [^] Zhang, KQ, Guo, B.; Braun, V.; Dulick, M.; Bernath, PF (1995). "[Infrared Emission Spektroskopi af BF og AlF](#)" *J. Molekylspektroskopi* **170**:. 82 [Bibcode 1995JMoSp.170...82Z](#) . [doi : 10.1006/jmsp.1995.1058](#) . <http://bernath.uwaterloo.ca/media/125.pdf> .
- [^] ^{*a b*} Lide, David R. (ed.) (2000). [magnetisk susceptibilitet af elementerne og uorganiske forbindelser, i Handbook of Chemistry and Physics](#) . CRC presse. [ISBN 0849304814](#) . http://www-d0.fnal.gov/hardware/cal/lvps_info/engineering/elementmagn.pdf .
- [^] Holcombe Jr., CE, Smith, DD, LORC, JD, Duerlesen, WK, Carpenter, DA (oktober 1973). "Fysisk-kemiske egenskaber af beta-rhomboedrisk Boron". *Høj temp. Sci* **5** (5):. 349-57.
- [^] ^{*a b*} "[atomvægte og isotopiske kompositioner til alle elementer](#)" . Nationale Institut for Standarder og Teknologi. http://physics.nist.gov/cgi-bin/Compositions/stand_alone.pl . Hentet 2008/09/21.
- [^] Szegedi, S.; Váradi, M.; Buczkó, Cs. M.; Várnagy, M.; Sztaricskai, T. (1990). "Bestemmelse af bor i glas ved neutron transmission metode" *Journal of Radioanalytisk og nuklear Chemistry Letters* **146** (3):. 177. [doi : 10.1007/BF02165219](#) .
- [^] "[Q & A: Hvor kommer elementet Bor kommer fra](#)" . *physics.illinois.edu*. <http://van.physics.illinois.edu/qa/listing.php?id=17594> . Hentet 2011/12/04.
- [^] "[De tartrolons, nye bor-holdige antibiotika fra en myxobacterium, Sorangium cellulosum.](#)" . https://www.jstage.jst.go.jp/article/antibiotics1968/48/1/48_1_26/article . Hentet 2013/01/24.
- [^] Shipley, Joseph T. (2001). [Oprindelsen af engelske ord: en diskursiv ordbog over indoeuropæiske Roots](#) . JHU Press. [ISBN 978-0-8018-6784-2](#) . <http://books.google.com/?id=m1UKpE4YEK&pg=PA83> .
- [^] "[Etymologi af Elements](#)" . Innvista. <http://www.innvista.com/science/chemistry/elements/etymolo.htm> . Hentet 2009/06/06.

12. ^a ^b Garrett, Donald E. (1998) *Borater.: håndbog af indskud, behandling, egenskaber og anvendelse*. Academic Press. s. 102, 385-386. [ISBN 0-12-276060-3](#) .
13. ^a ^b Calvert, JB. "[Boron](#)". *University of Denver*. <http://mysite.du.edu/~jcalvert/phys/boron.htm> . Hentet 2009/05/05.
14. ^a Hildebrand, GH (1982) "Borax Pioneer: Francis Marion Smith." San Diego: Howell-North Books. s. 267 [ISBN 0-8310-7148-6](#)
15. ^a Uger, Mary Elvira (1933). "[XII Andre elementer isoleres ved hjælp af kalium og natrium: beryllium, bor, silicium og aluminium](#)". *opdagelsen af Elements*. Easton, PA: Journal of Chemical Education. s. 156. [ISBN 0-7661-3872-0](#) . <http://books.google.com/books?id=SJIk9BPdNWcC&pg=PA156> .
16. ^a Berzelius fremstillet bor ved at reducere en borofluoride salt; specifikt ved opvarmning kalium borofluoride med kalium-metal. Se: Berzelius, J. (1824) "[Undersökning of flusspatssyran and its märkvärdigaste föreningar](#)" (Part 2) (Undersøgelse af flussyre og af sine mest bemærkelsesværdige forbindelser), *Kongliga Vetenskaps-Academiens Handlingar* (Proceedings of the Royal Science Academy), Vol. . 12, pp. 46-98, se især s. 88ff. Genoptrykt i tysk som: Berzelius, JJ (1824) "[Untersuchungen über die Flußpathsäure und Deren merkwürdigste Verbindungen](#)" , Pogendorff s *Annalen der Physik und Chemie*, bd. 78, side 113-150.
17. ^a Weintraub, Ezekiel (1910) "[Forberedelse og egenskaber af ren bor](#)" . *Transaktioner i American Elektrokemisk Society* **16**: 165-184. <http://books.google.com/books?id=e5USAAAAYAAJ&pg=PA165#v=onepage&q&f=false> .
18. ^a ^b Laubengayer, AW, Hurd, DT, Newkirk, AE, Hoard, JL (1943). ". Boron I. Forberedelse og egenskaber af ren krystallinsk Boron" *Journal of American Chemical Society* **65** (10):. 1924-1931. [doi](#) : [10.1021/ja01250a036](https://doi.org/10.1021/ja01250a036) .
19. ^a Borchert, W.; Dietz, W.; Koelker, H. (1970). "Crystal Vækst af Beta-Rhombohedral Boron" *Zeitschrift für Angewandte Physik* **29**:. 277. [Osti 4.098.583](#) .
20. ^a Delaplane, RG, Dahlborg, U, Graneli, B, Fischer, P, Lundstrom, T (1988). "A neutroddiffraktion undersøgelse af amorft bor" *Journal of Non-Crystalline Solids* **104** (2-3):. 249. [Bibcode 1988JNCS .. 104 .. 249 D](#) . [doi](#) : [10.1016/0022-3093\(88\)90395-X](https://doi.org/10.1016/0022-3093(88)90395-X) .
21. ^a RG Delaplane, Dahlborg, U, Howells, W, Lundstrøm, T (1988). "A neutroddiffraktion undersøgelse af amorft bor med en pulseret kilde" *Journal of Non-Crystalline Solids* **106**:. 66. [Bibcode 1988JNCS .. 106 ... 66 D](#) . [doi](#) : [10.1016/0022-3093\(88\)90229-3](https://doi.org/10.1016/0022-3093(88)90229-3) .
22. ^a ^b ^c Oganov, AR, Chen J., Gatti C., Ma Y.-M., Yu T., Liu Z., Glas CW, Ma Y.-Z., Kurakevych OO, Solozhenko VL (2009). "[Ionic højtryks-form for elementært bor](#)" . *Nature* **457** (7231):
23. ^a van Setten MJ, Uijttewaal MA, de Wijs GA, de Groot RA (2007). "Termodynamiske stabilitet af bor: Hvilken rolle spiller defekter og nul point bevægelse" *J. Am. Chem. Soc.* **129** (9):. 2458-2465 [doi](#) : [10.1021/ja0631246](https://doi.org/10.1021/ja0631246) . [PMID 17.295.480](#) .
24. ^a Widom M., Mihalkovic M. (2008). "Symmetri-brudt krystalstruktur af elementært bor ved lav temperatur". *Phys. Rev B* **77** (6):. 064.113 [arXiv : 0.712.0530](#) . [Bibcode 2008PhRvB .. 77f4113 W](#) . [doi](#) : [10.1103/PhysRevB.77.064113](https://doi.org/10.1103/PhysRevB.77.064113) .
25. ^a Eremets, MI, Struzhkin, VV, Mao, H; Hemley, RJ (2001). "Superledning i Boron" *Science* **293** (5528):.. 272-4 [Bibcode 2001Sci ... 293 .. 272 E](#) . [doi](#) : [10.1126/science.1062286](https://doi.org/10.1126/science.1062286) . [PMID 11.452.118](#) .
26. ^a Wentorf Jr, RH (1965). "Bor: En anden Form" *Science* **147** (3653):.. 49-50 (Powder Diffraction File database (CAS nummer 7440-42-8)) [Bibcode 1965Sci ... 147 ... 49 W](#) . [doi](#) : [10.1126/science.147.3653.0.49](https://doi.org/10.1126/science.147.3653.0.49) . [PMID 17.799.779](#) .
27. ^a Hoard, JL, Sullenger, DB, Kennard, CHL, Hughes, RE (1970). "Strukturen analyse af β -romboedrisk bor". *J. Solid State Chem* **1** (2):.. 268-277 [Bibcode 1970JSSCh ... 1 .. 268 H](#) . [doi](#) : [10.1016/0022-4596\(70\)90.022-8](https://doi.org/10.1016/0022-4596(70)90.022-8) .
28. ^a Will, G.; Kiefer, B. (2001). "Electron Deformation Tæthed i romboedrisk a-Bor" *Zeitschrift für anorganische und Allgemeine Chemie* **627** (9): 2100.. [doi](#) : [10.1002/1521-3749\(200.109\)627:9<2100::AID-ZAAC2100>3.0.CO;2-G](https://doi.org/10.1002/1521-3749(200.109)627:9<2100::AID-ZAAC2100>3.0.CO;2-G) .
29. ^a Talley, CP, LaPlaca, S., Post, B. (1960). "En ny polymorf af bor" *Acta Crystallogr* **13** (3):. 271. [doi](#) : [10.1107/S0365110X60000613](https://doi.org/10.1107/S0365110X60000613) .
30. ^a Solozhenko, VL, Kurakevych, OO, Oganov, AR (2008). "På hårdheden af et nyt bor fase, orthorhombisk γ -B₂₈" *Journal of superhårde Materials* **30** (6):.. 428-429 [doi](#) : [10.3103/S1063457608060117](https://doi.org/10.3103/S1063457608060117) .
31. ^a ^b ^c Zarechnaya, E. Yu. Dubrovinsky, L., Dubrovinskaia, N.; Filinchuk, Y.; Chernyshov, D.; Dmitriev, V., Miyajima, N.; El Goresy, A. et al. (2009). "Superhard halvledende optisk transparent High Pressure fase af Boron". *Phys. Rev. Lett* **102** (18):. 185.501 [Bibcode 2009PhRvL.102r5501Z](#) . [doi](#) : [10.1103/PhysRevLett.102.185501](https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.102.185501) . [PMID 19.518.885](#) .

32. [^] Nelmes, RJ, Loveday, JS, Allan, DR, Hull, S., Hamel, G.; Grima, P., Hull, S. (1993). "Neutron-og røntgen-diffraktion målinger af bulk-modulus af bor". *Phys. Rev B* **47** (13):. 7668 [Bibcode 1993PhRvB..47.7668N](#) . [doi : 10.1103/PhysRevB.47.7668](#) .
33. [^] Madelung, O., ed. (1983). *Landolt-Bornstein, New Series*. **17e**. Berlin: Springer-Verlag.
34. [^] ["WebElements.com - Bor"](#) . <http://www.webelements.com/boron/> . Hentet 2009/05/05.
35. [^] ^{abdef} Holleman, Arnold F.; Wiberg, Egon, Wiberg, Nils, (1985). "Bor" (på tysk). *Lehrbuch der Anorganischen Chemie* (91-100 red.). Walter de Gruyter. pp. 814-864. [ISBN 3-11-007511-3](#) .
36. [^] Engler, M. (2007). ["Hexagonal bornitrid \(HBN\) - Ansøgninger fra Metallurgi til kosmetik"](#) . *CFI / Ber. DKG 84*:
37. [^] Greim, Jochen og Schwetz, Karl A. (2005). *borcarbid bornitrid og Metal borider, i Ullmann s Encyclopedia of Industrial Chemistry*. Wiley-VCH:. Weinheim [doi : 10.1002/14356007.a04_295.pub2](#) .
38. [^] [Greenwood, Norman N.](#) .. Earnshaw, Alan (1997) *Chemistry of the Elements* (. 2. udgave) [Butterworth-Heinemann](#) . [ISBN 0080379419](#) .
39. [^] Jones, Morton E. og Marsh, Richard E. (1954). "Den Forberedelse og opbygning Magnesium borid, MGB ₂" *Journal of American Chemical Society* **76** (5):. 1434. [doi : 10.1021/ja01634a089](#) .
40. [^] . Canfield, Paul C.; Crabtree, George W. (2003) ["Magnesium diborid: Bedre sent end aldrig"](#) . *Physics Today* **56** (3):
41. [^] . Cardarelli, François (2008) ["titandiborid"](#) . *Materials håndbog: En kortfattet desktop reference*. pp. 638-639. [ISBN 978-1-84628-668-1](#) . <http://books.google.com/books?id=PvU-qbQJq7IC&pg=PA638> .
42. [^] Barth, S. (1997). "Bor isotopanlyse af naturlige ferske og salte vande ved negativ termisk ionisering massespektrometri" *Chemical Geologi* **143** (3-4):. 255-261. [doi : 10.1016/S0009-2541\(97\)00.107-1](#) .
43. [^] Liu, Z. (2003). . "Two-krop og tre-body halo kerner" *Science in China G: Fysik Mekanik og Astronomi* **46** (4):. 441 [Bibcode 2003ScChG..46..441L](#) . [doi : 10.1360/03yw0027](#) .
44. [^] Se [neutron tværsnit # Typiske tværsnit](#)
45. [^] ["Resultaterne af B4C styrestang Test QUENCH-07"](#) . <http://bibliothek.fzk.de/zb/berichte/FZKA6746.pdf> .
46. [^] ["Idriftsættelse af Boron Enrichment Plant"](#) . Indira Gandhi Center for Atomic Hentet 2008/09/21.
47. [^] se Aida, Masao, Fujii, Yasuhiko, Okamoto, Makoto (1986). . "Kromatografisk Berigelse af 10B ved hjælp Svag-Base anionbytterharpiks" *Adskillelse Science and Technology* **21** (6): 643-654. [doi : 10.1080/01496398608056140](#) viser en berigelse fra 18% til over 94%..
48. [^] Barth, Rolf F. (2003). "En kritisk vurdering af Boron Neutron Capture Therapy: En oversigt" *Journal of Neuro-Oncology* **62** (1):. 1-5. [doi : 10.1023 / A: 1023262817500](#) .
49. [^] Coderre, Jeffrey A., Morris, GM (1999). "The Radiation Biology of Boron Neutron Capture Therapy" *Radiation Research* **151** (1):. 1-18. [doi : 10.2307/3579742](#) . [JSTOR 3.579.742](#) . [PMID 9.973.079](#) .
50. [^] Barth, Rolf F.; S, F (15. februar 1990). "Boron Neutron Capture Therapy of Cancer" *Cancer Research* **50** (4):. 1061-1070. [PMID 2.404.588](#) .
51. [^] ["Boron Neutron Capture Therapy - Et overblik"](#) . Pharmainfo.net. 2006/08/22. <http://www.pharmainfo.net/reviews/boron-neutron-capture-therapy-overview> . Hentet 2011/11/07.
52. [^] ^{ab} Duderstadt, James J.; Hamilton, Louis J. (1976) *kernereaktor Analysis*.. Wiley-Interscience. s.. 245. [ISBN 0-471-22363-8](#) .
53. [^] J. . Yu, Chen, Y.; Elliman, RG, Petracic, M. (2006) ["isotopisk beriget 10 mia Nanorør"](#) *Advanced Materials* **18** (16):.
54. [^] Nevins, WM (1998). "En gennemgang af indespærring Krav til avancerede brændstoffer" *Journal of Fusion Energy* **17** (1):. 25-32. [doi : 10.1023 / A: 1022513215080](#) .
55. [^] ["Boron NMR"](#) . BRUKER Biospin. Arkiveret fra [originalen](#) den 2. maj 2009. <http://web.archive.org/web/20090502140944/http://rmn.iqfr.csic.es/guide/eNMR/chem/B.html> . Hentet 2009/05/05.
56. [^] Argust, Peter (1998). "Distribution af bor i miljøet" *Biologisk Trace Element Research* **66** (1-3):. 131-143. [doi : 10.1007/BF02783133](#) . [PMID 10.050.915](#) .
57. [^] Woods, William G. (1994). ["En introduktion til bor: historie, kilder, bruger og kemi"](#) *Environmental Health Perspectives* **102**, [Tillæg 7](#) (Suppl 7):.. 5-11 [PMC 1.566.642](#) . [PMID 7.889.881](#) . // [Www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1566642/](http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1566642/).
58. [^] ^{ab} Kostick, Dennis S. (2006). ["Mineral Yearbook: Bor"](#) . (PDF) [USA Geological Survey](#) . <http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/boron/myb1-2006-boron.pdf> . Hentet 2008/09/20.
59. [^] ["Mineralske Commodity Resumeer: bor"](#) . (PDF) [United States Geological Survey](#) . 2008. <http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/boron/mcs-2008-boron.pdf> . Hentet 2008/09/20.
60. [^] ["Udviklingen i den økonomiske sektor \(Tyrkiet\)"](#) . Tyrkiske regering. Arkiveret fra [originalen](#) den 19. december Hentet 2007/12/21.

61. [^] Simmons, R.; Ahsian, N.; Raven, H. (2007) *The Book of Stones: hvem de er og hvad de underviser.* Nordatlantiske Bøger. pp. 421-422. [ISBN 1-55643-668-8](#) .
62. [^] [Center for Land Use Tolkning](#)
63. [^] [Rio Tinto](#)
64. [^] . Kistler, RB (1994) "[Bor og Borater](#)". *Industrial Minerals and Rocks* (Society for minedrift, metallurgi og Exploration, Inc.): 171-186. <http://kisi.deu.edu.tr/cahit.helvacı/Boron.pdf> .
65. [^] Zbayolu, G.; Poslu, K. (1992). "Minedrift og forarbejdning af Borater i Tyrkiet" *Mineral Processing og Extractive Metallurgi anmeldelse* **9** (1-4): 245-254. [doi](#) : [10.1080/08827509208952709](https://doi.org/10.1080/08827509208952709) .
66. [^] Kar, Y.; SEN, Nejdet, Demırbaş, Ayhan (2006). "Boron Mineraler i Tyrkiet, deres anvendelsesområder og betydning for landets økonomi" *Minerals & Energy - Raw Materials Rapport* **20** (3-4):. 2-10. [doi](#) : [10.1080/14041040500504293](https://doi.org/10.1080/14041040500504293) .
67. [^] Berger, LI (1996). *halvleder materialer*. CRC Press. pp. 37-43. [ISBN 0-8493-8912-7](#) .
68. [^] "[Boron Properties](#)". Los Alamos National Laboratory. http://www.rareearth.org/boron_properties.htm . Hentet 2008/09/18.
69. [^] ^{ab} *The Economics of Boron, 11. udgave*. Roskill Information Services, Ltd. 2006. [ISBN 0-86214-516-3](#) .
70. [^] "[Rå og fremstillet Materials 2006](#)" Hentet 2009/05/05.
71. [^] "[Roskill rapporter: bor](#)". Roskill. <http://www.roskill.com/reports/boron> . Hentet 2009/05/05.
72. [^] "[Bor: Statistik og Information](#)". USGS. <http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/boron/> . Hentet 2009/05/05.
73. [^] ^{abc} Hammond, CR (2004). *The Elements, i Handbook of Chemistry and Physics 81:e udgave*. CRC presse. [ISBN 0-8493-0485-7](#) .
74. [^] Pfaender, HG (1996). *Schott guide til glas* (2 ed.). Springer. s.. 122. [ISBN 0-412-62060-X](#) .
75. [^] Sild, HW (1966). "[Valgt mekaniske og fysiske egenskaber af bor filamenter](#)". NASA. http://ntrs.nasa.gov/archive/nasa/casi.ntrs.nasa.gov/19660005941_1966005941.pdf . Hentet 2008/09/20.
76. [^] Layden, GK (1973). "Fracture behaviour of boron filaments". *Journal of Materials Science* **8** (11): 1581–1589. [Bibcode 1973JMatS...8.1581L](#) . [doi](#) : [10.1007/BF00754893](https://doi.org/10.1007/BF00754893) .
77. [^] Cooke, Theodore F. (1991). "Inorganic Fibers—A Literature Review". *Journal of the American Ceramic Society* **74** (12): 2959–2978. [doi](#) : [10.1111/j.1151-2916.1991.tb04289.x](https://doi.org/10.1111/j.1151-2916.1991.tb04289.x) .
78. [^] Johansson, S.; Schweitz, Jan-Åke; Westberg, Helena; Boman, Mats (1992). "Microfabrication of three-dimensional boron structures by laser chemical processing". *Journal Applied Physics* **72** (12): 5956–5963. [Bibcode 1992JAP...72.5956J](#) . [doi](#) : [10.1063/1.351904](https://doi.org/10.1063/1.351904) .
79. [^] [Optag](#) i Household Products Database of [NLM](#)
80. [^] Thompson, R. (1974). "[Industrial applications of boron compounds](#)". *Pure and Applied Chemistry* **39** (4): 547. [doi](#) : [10.1351/pac197439040547](https://doi.org/10.1351/pac197439040547) . <http://www.iupac.org/publications/pac/1974/pdf/3904x0547.pdf> .
81. [^] ^{ab} Klotz, JH; Moss, JI; Zhao, R; Davis Jr, LR; Patterson, RS (1994). "Oral toxicity of boric acid and other boron compounds to immature cat fleas (Siphonaptera: Pulicidae)". *J. Econ. Entomol.* **87** (6): 1534–1536. [PMID 7836612](#) .
82. [^] May, Gary S.; Spanos, Costas J. (2006). *Fundamentals of semiconductor manufacturing and process control* . John Wiley and Sons. pp. 51–54. [ISBN 0-471-78406-0](#) .
83. [^] Sherer, J. Michael (2005). *Semiconductor industry: wafer fab exhaust management* . CRC Press. pp. 39–60. [ISBN 1-57444-720-3](#) .
84. [^] Ehrenfried Zschech, Caroline Whelan, Thomas Mikolajick (2005). *Materials for information technology: devices, interconnects and packaging* . Birkhäuser. s.. 44. [ISBN 1-85233-941-1](#) .
85. [^] Gogotsi, YG and Andrievski, RA (1999). *Materials Science of Carbides, Nitrides and Borides* . Springer. pp. 270–270. [ISBN 0-7923-5707-8](#) .
86. [^] Weimer, Alan W. (1997). *Carbide, Nitride and Boride Materials Synthesis and Processing* . Chapman & Hall (London, New York). [ISBN 0-412-54060-6](#) .
87. [^] . 2010. [doi](#) : [10.1016/j.jnucmat.02.022](https://doi.org/10.1016/j.jnucmat.02.022) .
88. [^] Solozhenko, VL; Kurakevych, Oleksandr O.; Le Godec, Yann; Mezouar, Mohamed; Mezouar, Mohamed (2009). "Ultimate Metastable Solubility of Boron in Diamond: Synthesis of Superhard Diamondlike BC5". *Phys. Rev. Lett.* **102** (1): 015506. [Bibcode 2009PhRvL.102a5506S](#) . [doi](#) : [10.1103/PhysRevLett.102.015506](https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.102.015506) . [PMID 19257210](#) .
89. [^] ^{ab} Qin, Jiaqian; He, Duanwei; Wang, Jianghua; Fang, Leiming; Lei, Li; Li, Yongjun; Hu, Juan; Kou, Zili et al. (2008). "Is Rhenium Diboride a Superhard Material?". *Advanced Materials* **20** (24): 4780. [doi](#) : [10.1002/adma.200801471](https://doi.org/10.1002/adma.200801471) .
90. [^] Wentorf, RH (1957). "Cubic form of boron nitride". *J. Chem Phys.* **26** (4): 956. [Bibcode 1957JChPh..26..956W](#) . [doi](#) : [10.1063/1.1745964](https://doi.org/10.1063/1.1745964) .

91. [^] Schmidt, Jürgen; Boehling, Marian; Burkhardt, Ulrich; Grin, Yuri (2007). "Preparation of titanium diboride TiB₂ by spark plasma sintering at slow heating rate". *Science and Technology of Advanced Materials* **8** (5): 376. [Bibcode 2007STAdM...8..376S](#) . [doi : 10.1016/j.stam.2007.06.009](#) .
92. [^] Martin, James E (2008). *Physics for Radiation Protection: A Handbook* . pp. 660–661. [ISBN 978-3-527-61880-4](#) . <http://books.google.com/books?id=4GzRaq0rIEwC&pg=PA660> .
93. [^] Kosanke, BJ *et al.* (2004). *Pyrotechnic Chemistry* . Journal of Pyrotechnics,. s.. 419. [ISBN 978-1-889526-15-7](#) .
94. [^] "[Borax Decahydrate](#)" . <http://chemicalland21.com/industrialchem/inorganic/BORAX%20DECAHYDRATE.htm> . Hentet 2009/05/05.
95. [^] Davies, AC (1992). *The Science and Practice of Welding: Welding science and technology* . Cambridge University Press. s.. 56. [ISBN 0-521-43565-X](#) .
96. [^] Horrocks, AR and Price, D. (2001). *Fire Retardant Materials* . Woodhead Publishing Ltd.. s.. 55. [ISBN 1-85573-419-2](#) .
97. [^] Ide, F. (2003). "[Information technology and polymers. Flat panel display](#)". *Engineering Materials* **51** : 84 . <http://sciencelinks.jp/j-east/article/200311/000020031103A0287941.php> .
98. [^] "[Lockheed SR-71 Blackbird](#)" . March Field Air Museum . <http://www.marchfield.org/sr71a.htm> . Hentet 2009/05/05.
99. [^] Young, A. (2008). *The Saturn V F-1 Engine: Powering Apollo Into History* . Springer. s.. 86. [ISBN 0-387-09629-9](#) .
100. [^] "[Boric acid](#)" . <http://chemicalland21.com/industrialchem/inorganic/BORIC%20ACID.htm> . Hentet 2009/05/05.
101. [^] Bonvini P, Zorzi E, Basso G, Rosolen A (2007). "Bortezomib-mediated 26S proteasome inhibition causes cell-cycle arrest and induces apoptosis in CD-30+ anaplastic large cell lymphoma". *Leukemia* **21** (4): 838–42. [doi : 10.1038/sj.leu.2404528](#) . [PMID 17268529](#) .
102. [^] [Overview of neutron capture therapy pharmaceuticals.](#)
103. [^] Travers, Richard L.; Rennie, George; Newnham, Rex (1990). "Boron and Arthritis: The Results of a Double-blind Pilot Study". *Journal of Nutritional & Environmental Medicine* **1** (2): 127–132. [doi : 10.3109/13590849009003147](#) .
104. [^] Canfield,, Paul C.; Crabtree, George W. (2003). "[Magnesium Diboride: Better Late than Never](#)" . *Physics Today* **56** (3):
105. [^] Braccini, Valeria; Nardelli, D; Penco, R; Grasso, G (2007). "Development of ex situ processed MgB₂ wires and their applications to magnets". *Physica C: Superconductivity* **456** (1–2): 209–217. [Bibcode 2007PhyC..456..209B](#) . [doi : 10.1016/j.physc.2007.01.030](#) .
106. [^] Wu, Xiaowei; Chandel, RS; Li, Hang (2001). "Evaluation of transient liquid phase bonding between nickel-based superalloys". *Journal of Materials Science* **36** (6): 1539–1546. [doi : 10.1023/A:1017513200502](#) .
107. [^] Dean,, CR; Young,, AF; Meric,, I; Lee,, C; Wang,, L; Sorgenfrei,, S; Watanabe,, K; Taniguchi,, T. *et al.* (2010). "Boron nitride substrates for high-quality graphene electronics |". *Nature Nanotechnology* **5** (10): 722–726. [arXiv : 1005.4917](#) . [Bibcode 2010NatNa...5..722D](#) . [doi : 10.1038/nnano.2010.172](#) . [PMID 20729834](#) .
108. [^] Gannett, W.; Regan, W.; Watanabe, K.; Taniguchi, T.; Crommie, MF; Zettl, A. (2010). "Boron nitride substrates for chemical vapor deposited graphene". *Applied Physics Letters* **98** (24): 242105. [arXiv : 1105.4938](#) . [Bibcode 2011ApPhL..98x2105G](#) . [doi : 10.1063/1.3599708](#) .
109. [^] Zettl, Alex; Cohen, Marvin (2010). "The physics of boron nitride nanotubes". *Physics Today* **63** (11): 34–38. [Bibcode 2010PhT...63k..34C](#) . [doi : 10.1063/1.3518210](#) .
110. [^] Hütter, R.; Keller-Schierlein, W; Knüsel, F; Prelog, V; Rodgers Jr, GC; Suter, P; Vogel, G; Voser, W *et al.* (1967). "Stoffwechselprodukte von Mikroorganismen. 57. Mitteilung. Boromycin". *Helvetica Chimica Acta* **50** (6): 1533–1539. [doi : 10.1002/hlca.19670500612](#) . [PMID 6081908](#) .
111. [^] "Structure of boromycin". *Helvetica Chimica Acta* **54** (6): 1709–1713. 1971. [doi : 10.1002/hlca.19710540624](#) . [PMID 5131791](#) .
112. [^] Mahler, RL. "[Essential Plant Micronutrients. Boron in Idaho](#)" . University of Hentet 2009/05/05.
113. [^] "[Functions of Boron in Plant Nutrition](#)" (PDF). US Borax Inc. . <http://web.archive.org/web/20090320175602/http://www.borax.com/agriculture/files/an203.pdf> .
114. [^] Blevins, Dale G.; Lukaszewski, KM (1998). "Functions of Boron in Plant Nutrition". *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology* **49** : 481–500. [doi : 10.1146/annurev.arplant.49.1.481](#) . [PMID 15012243](#) .
115. [^] Nielsen, Forrest H. (1998). "Ultratrace elements in nutrition: Current knowledge and speculation". *The Journal of Trace Elements in Experimental Medicine* **11** (2–3): 251–274. [doi : 10.1002/\(SICI\)1520-670X\(1998\)11:2/3<251::AID-JTRA15>3.0.CO;2-Q](#) .

116. [^] ["Boron"](#) . PDRhealth. Arkiveret fra [originalen](#) den 24. maj Hentet 2008/09/18.
117. [^] Zook, EG (1965). "Total boron". *J. Assoc. Off Agric. Chem* **48** : 850.
118. [^] United States. Environmental Protection Agency. Office of Water, US Environmental Protection Agency Staff (1993). [Health advisories for drinking water contaminants: United States Environmental Protection Agency Office of Water health advisories](#) . CRC Press. s.. 84. ISBN 0-87371-931-X . <http://books.google.com/?id=trUdm-GXchIC&pg=PA84> .
119. [^] Vithana, En; Morgan, P; Sundaresan, P; Ebenezer, Nd; Tan, Dt; Mohamed, Md; Anand, S; Khine, Ko; Venkataraman, D; Yong, Vh; Salto-Tellez, M; Venkatraman, A; Guo, K; Hemadevi, B; Srinivasan, M; Prajna, V; Khine, M; Casey, Jr; Inglehearn, Cf; Aung, T (July 2006). "Mutations in sodium-borate cotransporter SLC4A11 cause recessive congenital hereditary endothelial dystrophy (CHED2)". *Nature Genetics* **38** (7): 755–7. doi : [10.1038/ng1824](#) . ISSN 1061-4036 . PMID 16767101 .
120. [^] Silverman, L.; Trego, Katherine (1953). "Corrections-Colorimetric Microdetermination of Boron By The Curcumin-Acetone Solution Method". *Anal. Chem.* **25** (11): 1639. doi : [10.1021/ac60083a061](#) .
121. [^] Nielsen, Forrest H. (1997). *Plant and Soil* **193** (2): 199. doi : [10.1023/A:1004276311956](#) .
122. [^] Garrett, Donald E. (1998). *Borates* . Academic Press. s.. 385. ISBN 0-12-276060-3 . <http://books.google.com/?id=imMJJP5T5rsC&pg=PA385> .
123. [^] ["Environmental Health Criteria 204: Boron"](#) . the [IPCS](#) . 1998 . <http://www.inchem.org/documents/ehc/ehc/ehc204.htm> . Hentet 2009/05/05.

Eksterne links

- [The Periodic Table of Videos](#) video of [Boron](#) at [YouTube](#)
- [Bor](#)
- [National Pollutant Inventory - Bor og forbindelser](#)

Bor

Indhold

- i. [Indledning](#)
- ii. [The Elements](#)
- iii. [Introduktion til Boron](#)
- iv. [Bor-Oxygen Kæder](#)
- v. [Tyvefladet Boron](#)
- vi. [Mineralogi og Produktion af Boron](#)
- vii. [Referencer](#)

Indledning

Udarbejdelsen af en artikel om kviksølv nogen tid tilbage vakt interesse og nysgerrighed om andre metaller, så så mange oplysninger om bly, tin, zink, kobber, aluminium, sølv og guld, som jeg kunne finde blev samlet ind i andre artikler, hvoraf mange illustreret interessant kemiske eller fysiske emner. Når jeg sket på tværs bor i løbet af disse bestræbelser, indså jeg, at jeg havde lidt kendskab til dette element og dets forbindelser, kunne gøre lidt sans for dens kemi, og at bor tilbydes nogle meget interessante lektioner. Denne artikel er resultatet. Læseren vil blive langt mere fortrolig med brug af bor, dets nysgerrig elektron-hungrende kemi med halve obligationer og ikosaedriske strukturer, og dets lighed med silicium.

The Elements

For to tusind år "elementerne" betød jord, luft, ild og vand, de fire Empedoclean elementer, der anerkendes af Aristoteles. Empedokles var en siciliansk som levede 495-430 f.Kr.. Påvirket af Pythagoræiske idéer, han underviste permanens af de fire elementer, og at deres blanding i forskellige forhold producerede observeret sagen. Disse elementer er relateret til, hvad vi nu kalder de stater i sagen: fast, flydende og luftformigt, med måske plasma tilføjet i, men var adskilt fra dem.

Dette var på ingen måde den eneste syn på naturen. Grundlaget for Epicurean filosofi var atomisme af Demokrit og Leucippus, som lærte at sagen var sammenfaldet af uendelig små atomer, der ved deres chance kombinationer skabt det synlige univers, og at fysiske og kemiske ændringer var forårsaget af bevægelse af atomer, ikke vilje af spiritus. De typer af atomer var ikke specifikt identificeret, men skulle være tilstrækkelig til at skabe den observerede variation i tingene. Epikur døde omkring 270 f.Kr., og de to visninger eksisterede side om side, indtil tilhængere af Aristoteles og kristendommen undertrykt og bagtalt Epicurean synspunkter.

Vores nuværende synspunkter er meget tættere på dem Epikur end til dem i Aristoteles. Der var ingen måde at vælge mellem dem i oldtiden, men den moderne atomteori kommer hårdt ned på siden af Epicurus. Kvantitative eksperimenter i det 18. århundrede gav anledning til den moderne opfattelse af elementerne, først klart formuleret af Lavoisier i slutningen af århundredet. Nu havde vi ilt, brint, kviksølv, kul og andre stoffer uløselige i enklere dem, snart ganget med elektrokemi af Davy i en omfattende lager af simple stoffer.

Men det synspunkt fastholdt af stoffer med bestemte egenskaber, ligesom de gamle Empedoclean elementer, men større i sort og eksisterende som atomer. Atomisme forklarede lov konstante og multiple proportioner, og egenskaberne af ideelle gasser. Det er stadig den naive opfattelse af kemiske elementer. Faktisk kemi teksterne stadig definere et molekyle som den mindste mængde af et stof, der bevarer egenskaberne af dette stof. Carbon er tænkt som sort, sølv som skinnende, svovl som gul og kviksølv som væske, og disse betragtes egenskaber ved de elementer.

Det er forvirrende, så, når kombinationen af to elementer ikke producerer en slags betyde mellem dem, ligesom børn af forældre. Den aktive bløde hvide metal natrium, der brænder i luften kombinerer med den tunge, skarp grøn gas klor med stærke blegemidler beføjelser til at producere salt, en uskadelig transparent skørt krystallinsk materiale med en karakteristisk smag, og som hverken kan brænde eller bleges i nogen grad.

Elementer, i virkeligheden, er alle temmelig meget ens. Deres atomer består af en tung, positivt ladet kerne holdt sammen af stærke kernekræfter, der besidder et lige ansvar for lette, mobile elektroner tæt omkring det, så det hele er elektrisk neutral og ikke udøve stærke kræfter på andre atomer. Neutrale atomer er alle nogenlunde samme størrelse, fra brint med en proton og en elektron, at uran med 92 protoner og et tilsvarende antal af elektroner. Neon ($Z = 10$) er 0,320 nm i diameter, xenon ($Z = 54$) er 0,436 nm. Magnesium ($Z = 12$) er 0,320 nm i diameter, kviksølv ($Z = 80$) er 0,300 nm. Individuelt, de har ingen makroskopiske egenskaber, i hvert fald ikke dem, målelige mængder af elementerne. Atomer er kun de byggeklodser ud af, hvilke stoffer der bygget.

Når disse generiske atomer mødes, er det ofte muligt at omarrangere elektroner, og altid de yderste, mindst stramt holdt, dem, således at den resulterende elektrostatiske energi er mindre end de to separate atomer. Hvordan atomerne opfører kemisk bestemmes af mulighederne for omfordeling af ladning. En lidt energi kræves for at udtrække en elektron fra et natriumatom, lidt udvundet Når elektronen klæber til et chloratom, og en stor mængde energi frigøres, når en masse af disse ioner associerer i et krystalgitter. Salt er dette gitter og dens egenskaber, ikke egenskaberne for ethvert molekyle eller atom i sig selv. Den typiske definition af molekyle er blottet for mening.

Stoffers egenskaber er egenskaberne af sammenslutninger af atomer, og arten af associeringen er vigtigere end den særlige atom. Metaller er et bemærkelsesværdigt eksempel på dette. De fleste metaller er næsten ens i naturen: blød, skinnende, tunge, uigennemsigtige stoffer, der kan bøjes og hamret. De er en budding af positive ioner i et hav af elektroner, og deres grove egenskaber afhænger ikke af arten af den ion. Helst egnet atom kan gøre et metal. Svovl ikke gøre dette, fordi andre former for forening give lavere energier end en metallisk gitter ville. Tin eksisterer i begge verdener: ved højere temperaturer er det et typisk metal, medens ved lave temperaturer er en smuldrende nonmetallic krystallinsk stof.

Jeg har talt for enkelhed af minimum energi som afgørende ligevægtstilstanden. Ved en given temperatur, er det faktisk det mindste fri energi $F = U - TS$, der tæller, og entropien S er lige så vigtig som det indre energimarked U . Oxygenmolekyler tiltrække hinanden, så mindstekrav til energimæssig resultater, når de er alle i en bunke i hjørnet. Entropy er hvad der holder dem flyvende rundt ved stuetemperatur, selv på bekostning af ekstra kinetisk energi.

Bor vil give os et glimrende eksempel på disse begreber. Den generiske atom kan gøre stoffer den største mangfoldighed og interesse. Det vil være helt klart, at der er ikke sådan noget som "bor-ness" i atomerne.

Introduktion til Boron

Bor er en af de enkleste af atomer. De eneste enklere dem er hydrogen, helium, lithium og beryllium. Bor har kemiske betegnelse B, atomnummer 5, og forekommer naturligt som 80% B^{11} og 20% B^{10} . Sidstnævnte isotop har en høj tværsnit til termisk neutron absorption, 3800 staldene. Termiske neutroner tællere er ofte fyldt med BF_3 gas. The gammastråle fra neutronindfangning reaktionen $B^{10}(n, -)B^{11}^*$ efterfulgt af henfald af B^{11}^* til en α plus Li^7 frembringer ionisering, som påvises derefter. Bor bruges også i reaktor styrestænger. Dette er en *nuklear* ejendom af bor, og har slet ikke noget at gøre med dens kemi. Atomvægten af bor er 10,81.

Bor findes i en række forskellige lignende mineraler alle relateret til *borax*, natriumtetraborat, $Na_2B_4O_7 \cdot 10H_2O$. Navnet kommer fra det arabiske *Buraq*, "hvid". Borax er den samme i fransk og tysk som på engelsk, men elementet er *bor*. På spansk, er de ord *bóraxo* og *Boro*. Det er en forholdsvis sjælden element i jordskorpen, hvilket kun 0,001%. I USA, er borax findes i store mængder i Californien, i Searles Lake saltopløsninger og i Mojave ørkenen. Det er også fundet i Tyrkiet, Sydamerika og andre steder. De naturlige forekomster er udtørrede sø senge. Smeltet borax reagerer med metaloxider til dannelse af borater, der opløses i smelten, så det er egnet som et svejsning og loddeflusmiddel, og farvede emaljer til jern. I virkeligheden var det den tidligste brug af borax, som en keramik glasur. Den samme egenskab bruges til borax perle test i kemi, hvor de karakteristiske farver fremstillet i et transparent borax dråbe smeltet på en løkke af platintråd i en bunsenbrænder flamme overholdes. Blå, for eksempel, er farven af cobalt, grøn, chrom. Farven kan variere i oxiderende (blå) og reduktion (gul) flammer.

Borax hydrolyseres i vand til dannelse af en svagt alkalisk opløsning, der er godt til rengøring, da det emulgerer fedt og olie. Endvidere blødgør vandet ved at udfælde calciumborat. En husstand vink til fremstilling af borax sæbe for virkelig vanskelige vaskeri job var som følger. Skær op £ 1 vaskeri sæbe, tilføj til en ounce af borax og en liter vand, og kog indtil det er ensartet. Efter afkøling tilsyneladende i en form, og skåret til stænger når fast stof.

Den elektron konfiguration af bor er $1s^2 2s^2 2p$. Det har kun tre elektroner til at arbejde med, så ionen er unpolarizable, og ikke hydrat. Af denne grund er bor ikke ivrig efter at donere elektroner i en electrovalent obligation, og kan heller ikke acceptere dem let. Derfor er de fleste af sine bindinger er covalent, og selv danner *halv-bindinger*, hvori kun én elektron er delt kovalent, ikke den sædvanlige to. Dette giver bor en tilsyneladende valens på seks, som vi skal se i nogle interessante forbindelser. Den første ioniseringspotentialer er 8,30 V, hvilket ikke er usædvanligt høje.

De andre almindeligt anvendte borforbindelser er orthoborsyre, eller blot borsyre eller Borsyre, H_3BO_3 , og Bortrioxid, B_2O_3 , dets anhydrid. Bemærk, at formlen for borsyre kan skrives $B(OH)_3$, som bor hydroxid. Hvis bor var et normalt metal, ville de hydroxylioner separere i vand og skaber den trivalente bor ion B^{+++} . Dette er imidlertid ikke ske med den mindste grad, og bor ikke danner ionbindinger. Desuden borsyre ikke gelatinøs som aluminiumhydroxid, men krystalliserer pænt. Bortrifluorid, BF_3 ikke en ionisk forbindelse som NaF, som ikke har nogen ioner i dens krystaller. I stedet er de hydrogen tabt længe før oxygenatomerne. I vandig opløsning, er borsyre en meget svag syre, svagere end selv carbonsyre. Dens første ionisering produkt er $6,4 \times 10^{-10}$. Borsyreopløsning (opløselighed 6,35% ved stuetemperatur, 27,6% ved $100^\circ C$) anvendes som et antiseptisk middel, især som et øjenskyllestation. Borsyre kan fremstilles af borax ved behandling

med H_2SO_4 , og Bortrioxid ved opvarmning borsyre. Disse er de første processer i syntesen af alle borforbindelser.

Elemental bor blev opdaget af Davy, Gay-Lussac og Thénard i 1808. De producerede metallisk kalium ved elektrolyse, og derefter bruges det til at reducere borater til urene bor. Davy kaldet element *boracium*, franskmændene *boring*. Det kan også opnås i ren form ved reduktion af oxidet B_2O_3 af magnesium, eller i ren form ved reduktion af BCl_3 med hydrogen på varme filamenter. Den første rene bor blev produceret af Weintraub i 1909. Almindeligt bor er et brun-sort amorf pulver. Pure bor kan fremstilles som ekstremt hårde gule monokline krystaller, der er en halvleder ligner silicium. Bandet hul er 1,50 eller 1,56 eV. Krystallinsk bor er en isolator ved lave temperaturer, men bliver en leder ved forhøjede temperaturer, som det kunne forventes som bærer termisk er spændte i ledningsbåndet. Fabrication vanskeligheder har hidtil forhindret brugen af bor som en halvleder. Densiteten af krystallinsk bor er 2,34 g / cc, af amorf bor, 2,37. Det smelter ved $2300^\circ C$ og koger ved $2550^\circ C$ (nogle kilder siger $2040^\circ C$ og $4100^\circ C$), så det er en meget ildfast stof. Borfibre er blevet anvendt i kompositmaterialer på grund af deres store styrke.

Bor giver en blågrøn flamme, og den brune amorfe form anvendes ofte i pyrotechnical anordninger til dette formål. Farven kan skelnes fra den smaragdgrønne af kobber. Bor anvendes også i borsilicatglas, som er 12% -15% B_2O_3 , 80% SiO_2 , og 2% Al_2O_3 . Natrium, kalium, magnesium og calcium oxider holdes på minimale mængder, da det er deres udelukkelse der giver glasset dens ønskelige egenskaber. "Pyrex" er en fælles betegnelse for en borosilikatglas. Dette glas er kemisk resistent, og har en lille termisk udvidelseskoefficient. Borcarbid, B_4C , hårdere end SiC , dannes ved nedbrydning B_2O_3 med carbon i den elektriske ovn: $2B_2O_3 + 7C \rightarrow B_4C + 6CO$. Det blev først foreslået til kommerciel brug i 1934, og er en fremragende slibemiddel. Bornitrid, BN, er en anden meget hårdt stof, der anvendes i skærende værktøjer. Der er talrige andre borider med komplekse strukturer. Bor bruges også i porcelæn emaljer til jern, og for fliser og sanitetsprodukter.

En interessant test for bor og borater anvender flygtige $(CH_3)_3BO_3$, der brænder med en grøn flamme. Kombiner opløsningen, der skal testes med methanol, hvorefter der tilsættes koncentreret svovlsyre for at gøre methyl borat. En anden test benytter gurkemeje papir, som bliver rødbrun ved befugtning med borsyre eller borater. Hvis da en dråbe af ammoniumhydroxid eller natriumhydroxid er sat på papiret, bliver det mørk grøn, blå eller sort. For at gøre gurkemeje papir, vaske nogle jorden gurkemeje i vand. Derefter fordøje den vaskede pulver med alkohol, og filtreres. Soak afslettede hvidt papir i filtratet, så tør og skæres i teststrimler. Den aktive bestanddel i gurkemeje papir kan være curcumin, som synes at virke på samme måde. Det er tilgængeligt i en alkoholisk 0,1% opløsning til dette formål.

Borax er nødvendigt med små mængder til plantevækst, en af de 16 essentielle næringsstoffer. I større mængder er giftigt for planter, og området kan være lille. For ferskner, er 1 ppm nødvendigt, men mere end 5 ppm er toksisk. Hvis tegn på Bormangel er angivet i planter, kan et bor supplement anvendes. Borater kan anvendes som ikke-toksiske og ikke-specifikke herbicider. Borater er ikke-toksiske for dyr. LD_{50} (dosis, ved hvilken der er 50% dødelighed) for mennesker er ca 6 g per kg legemsvægt. Noget over 2 g anses ikke-toksisk, og borater er kun 2 til 3 gange så toksisk som aspirin. Derfor er du er temmelig sikkert, medmindre du spiser et halvt kilo og en halv af borax til en snack. Borater er mere toksisk for insekter end til pattedyr. De boraner og lignende gasformige forbindelser er ganske giftige. Som sædvanlig er det ikke et element, der er uløseligt giftig, men giftighed afhænger af strukturen.

Bor-Oxygen Kæder

Vi har nævnt, at bor hellere ville miste H i $B(OH)_3$ end oxygen. Som silicium, som har en lignende overbevisning, kan bor danne kæder såsom-BOBOB-, hvor hver mellemliggende bor har en fri valens til at arbejde med. Dette ses i tetraborsyre, $O = BOB(OH)-OB(OH)-OB = O$ eller $H_2B_4O_7$, som kan afledes fra $B(OH)_3$ ved dehydrering: $4H_3(BO)_3 \rightarrow H_2B_4O_7 + 5H_2O$. Dehydrering af borsyre giver også Bortrioxid: $2B(OH)_3 \rightarrow B_2O_3 + 3H_2O$. Bortrioxid kan også skrives $O = BOB = O$, hvor bor-oxygen-kæden igen vises.

Nogle forbindelser kan betragtes som derivater af det teoretiske acid HBO_2 , kaldet *borater*. Denne metaborsyre er borsyre mindre et vandmolekyle. Hvis den taber et andet vand, bliver det B_2O_3 , som vi allerede har set. Bortrioxid i vand bliver borsyre. Anvendelsen af borax som flusmiddel afhænger af reaktioner som $O = BOB(ONa)-OB(ONa)-OB = O$ (borax) + $NiO \rightarrow 2NaBO_2 + Ni(BO_2)_2$.

Bor-oxygen-kæderne danner også forbundet plane strukturer, der har udseendet af hegnstråd med sekskantede åbninger. Oxygenatomer rage radialt for at gøre bindinger med andre atomer.

Tyvefladet Boron

Ikosaeder ("20-base") er en af de fem platoniske legemer, en regulær konveks polyhedron med 20 flader, 30 kanter og 12 hjørner. I fravær af degenerering vil en symmetrisk struktur har den laveste energi, og regelmæssighed er muligt på grund af identiteten af atomerne. The tetraeder, firkantet, oktaeder og dodecahedron også vises i molekulære strukturer. Det er bemærkelsesværdigt, at bor finder ikosaeder tilpasset sine formål. Fremragende tegninger af de strukturer, vi drøfter her findes i Pauling og Hayward. De ikosaedriske strukturer udvises af forbindelser kendt som *boraner*.

Lige efter Anden Verdenskrig, blev det amerikanske militær interesseret i at udvikle et avanceret flybrændstof for dyser og ramjets, der ville erstatte kulbrinte-baserede JP-4 og lignende brændstoffer. Nogen foreslog, at de daværende dårligt kendte boraner ville give en bedre effekt-til-vægt forhold, og Project ZIP blev lanceret i 1952. Regeringen penge regnede ned over forskningsprojekter, der beskæftiger sig med bor, og for ca et årti var der nær hysteri i kapløbet om forskning penge, og mange ting var i øvrigt lærte om bor. De boraner viste sig at være ikke de kraftcentre, der blev forventet, var svært at fremstille og lagre, havde en tendens til at starte brande, og var også ekstremt giftige. Militær begejstring afkølet, og den forskning, pengene gik andetsteds. Men vi fandt ud af de interessante strukturer boraner, og en god portion bor kemi. Halvtreds år senere, flyvemaskiner stadig brænde JP-4.

En boratom på en tyvefladet vertex kan gøre fem lige obligationer til sine nærmeste naboer, forlader en obligation til at holde ud radialt. Bor-bor obligationer er halv-obligationer med en længde 0,180 nm. Hvis vi sætter en boratom ved hvert hjørne, hver med en proton, og antager, at alle obligationer er halv-obligationer, så har vi den neutrale struktur $B_{12}H_{12}$. Imidlertid vil protonerne gerne have flere elektroner i deres obligationer, og samlet 6 elektroner mangler for en fuld enkeltbinding. Dette ville give alt for stor en ladning til ion, så strukturen kun tiltrækker 2 ekstra elektroner, der er spredt over de 12 obligationer til protonerne. Det sker, at to ekstra elektroner er ideelle til resonans stablization af ion. Proton obligationer vinder op på 0,120 nm. Stoffet kalium dodecaborohydride indeholder denne ion i dens krystaller.

Bor vil ikke dannes BH_3 . I stedet danner større borhydrid kaldet boraner. I decaborane, $B_{10}H_{14}$, er kun 10 af de 12 knudepunkter i ikosaeder besat. De ekstra 4 hydrogenatomer er hver bundet til to tilstødende boronatomer og erstatter de "manglende" dem. De 10 radiale hydrogenatomer har obligationer 0,118 nm lange, medens de brodannende hydrogenatomer har obligationer 0,135 nm lange. I tetraborane, B_4H_{10} , er kun fire hjørnepunkter besat, og der er 10 brodannende hydrogenatomer. Tetraborane har en dårlig lugt. Diboran, B_2H_6 har ingen bor-bor-bindinger, men to brodannende hydrogenatomer ud af planet i den plane molekyle.

Davy måske har gjort en boran da han behandlede bor med saltsyre. Gassen, der blev udviklet brændt med en blå-grøn flamme. Boraner reagere voldsomt med ilt, så de er blevet betragtet som kandidater til raket brændstoffer. De er eksempler på *elektron-deficiente* forbindelser, da der er flere bonding orbitals til rådighed, end der er elektroner til at fylde dem. *Carboraner* er boraner, hvor nogle af borons er erstattet af carbonatomer. Det er ikke nemt at lave boraner, og der var en betydelig interval mellem Davy og de første anerkendte boraner.

En form for krystallinsk bor er tetragonale. Enhedscellen af dette gitter består af 4 icosahedrons af bor og to ekstra boronatomer, 50 i alt. De radiale obligationer går til andre icosahedrons eller til de ekstra atomer, der viser tetraedriske obligationer. Bindingen længde er 0,180 nm som i boraner.

Mineralogi og Produktion af Boron

Borax blev først kendt fra ørkenen i det vestlige Tibet, hvor den fik navnet *tinkal*, stammer fra sanskrit. Borax glasurer blev brugt i Kina fra AD300, og nogle tinkal selv nåede Vesten, hvor den arabiske alkymist Geber synes at nævne det i 700. Marco Polo bragte nogle tilbage til Italien i det 13. århundrede. Agricola, omkring 1600, rapporterer dets anvendelse som et flusmiddel i metalindustrien.

I 1777 blev borsyre indregnet i varme kilder eller *soffioni* nær Firenze, Italien, og blev kendt som *sal sedativum*, med hovedsagelig medicinske anvendelser. Den sjældne mineral kaldes *sassolit*, som findes på Sasso, Italien. Dette var den vigtigste kilde til europæisk borax 1827 til 1872, på hvilken dato amerikanske kilder erstattede det.

Borax blev fundet af John A. Veatch i kildevand i Tehama County, Californien, i januar 1856. I september blev borax fremstillet af Borax Lake i Lake County. Den californiske Borax Company arbejdede disse aflejringer fra 1864 til 1868, da selskabet mislykkedes. John Searles og andre opdagede borax nær Mono Lake i 1870, og denne "marsh borax" blev den primære kilde. En af de udnyttede mineraler var *ulexit*, $CaB_4O_7 \cdot nH_2O$, eller "vatkugler," da det er fundet i bløde, fibrøse bolde. Det er almindeligt i Chile, Argentina, Nevada og Californien, hvor den findes i ørken playas. Fibrene guide lys som fiberoptik. Searles arbejdede disse indskud, indtil 1896. Men i 1882 colemanit blev opdaget længere sydpå i Mojave ørkenen, og minedrift begyndte nær Daggett i 1887. Denne kilde i Calico Mountains var langt mere tilgængelig, da det var nær jernbanen. Det er udarbejdet af underjordisk minedrift. I 1903, på udmattelse af Calico Mountain reserver minedrift flyttede nordpå til Death Valley, og colemanit begyndte at blive udvundet i åbne gruber. Colemanit er et calciumborat dannet ved ændring af ulexit. Det er opkaldt efter den San Francisco handelsskibe der første gang blev markedsført det. Før opdagelsen af colemanit, leverede Sydamerika meste af verdens borax, der blev opdaget i Chile i 1852, men ikke fungerede kommercielt før meget senere.

Death Valley colemanit miner var oprindelsen af et berømt varemærke. Harmony Borax Works blev etableret i Furnace Creek i 1883. Produktet blev slæbt 166 miles syd til Mojave af hold af 20 muldyr. Størrelsen af disse hold var sandsynligvis på grund af de barske miljømæssige forhold, således at de muldyr ikke opbruges sig i varme og tørke. De trak kun en vogn og en tank trailer (som var sandsynligvis deres vand), der normalt kunne sandsynligvis have været håndteret af seks muldyr. "20-Mule-Team Borax" blev set på mange butikshylderne i mange år, men nu er det svært at finde borax i ethvert supermarked. Holdene arbejdede indtil 1890, da selskabet mislykkedes, og minen blev lukket.

Kermit er en ændret form af borax med kun 4 hydratiseringsvand i stedet for 10. Det kaldes også *rasorite*, og har været den vigtigste kilde til borax siden 1927. En anden kilde er farvandene i Searles Lake, som er arbejdet for andre mineraler så godt, som f.eks Trona. Kermit er kun fundet i Kern County, Californien, i Kramer-distriktet omkring 3 miles nord for Boron, Californien. Den tidligere jernbane sidespor på Kramer blev omdøbt Boron. Disse indskud blev opdaget i 1916. Colemanit var produceret lige øst efter 1913. Kramer kernit og Searles Lake saltopløsninger har nu fuldstændig fortrængt colemanit produktion. Kramer sø senge findes i pliocæn Ricardo formation. De fleste produktion er nu fra en åben-pit mine åbnede i 1955. Bor er om halvvejs mellem Barstow og Mojave.

Borax findes især i tørre områder, da borater er opløselige til en vis grad, og i en fugtig region ville være blevet udvasket bort længe siden. De blev deponeret oprindeligt fra vand forbundet med vulcanism. I Californien, ville dette være den store Tertiær vulcanism præget af ark basalter. Disse borax-laden farvande fordampet i søer uden en stikkontakt i de tørre omgivelser, der eksisterede dengang som nu. Nogle af disse indskud blev dækket af senere sediment og beskyttet mod udvaskning, ligesom de kernit aflejringer af Boron. Omdannelsen fra borax til kermit er et resultat af mild metamorphism forårsaget ved nedgravning under flere hundrede meter overjord.

Hvor farvand er fordampet i stedet for kontinentale farvande, som på Stassfurt, Tyskland, hårde *boracite*, en magnesium borat og chlorid, kan findes, associeret med halite og gips. Det er den eneste hårde bor mineral ($H = 7$), selvom colemanit ($H = 4$), er hårdere end borax mineraler.

Referencer

L. Pauling og R. Hayward, *arkitekturen af molekyler* (San Francisco: WH Freeman, 1964). Illustrationer 32-36.

MJ Sienko og RA Plane, *kemiske principper og praksis*, 2. udg. (New York: McGraw-Hill, 1974, International Student Edition). pp. 563-567.

WN Jones, *Uorganisk kemi* (Philadelphia: Blakistons, 1949). pp. 567-580. Tabel over atomare radier, s.. 83.

RL Bates, *geologi ErhvervsPhD sten og mineraler* (New York: Dover, 1969). pp. 393-401.

DE Garrett, *borater* (San Diego, CA: Academic Press, 1998). En nylig undersøgelse af industrien.

T. Wartik, ed, *Fra Borax til boraner* (Washington, DC: American Chemical Society, 1961).. Papers fra 1958 ACS mødet på højden af boran boble.