p

Die Elemente der 4. Hauptgruppe des Periodensystems: Kohlenstoff (C), Silicium (Si), Germanium (Ge), Zinn (Sn), Blei (Pb)

	Atommasse (u)	Schmelztem-peratur (°C)	Siedetem-peratur (°C)	Elektro-negativität
Kohlenstoff	12,01	3750	3370	2,5
Silicium	28,09	1420	2355	1,9
Germanium	72,59	959	2700	2,0
Zinn	118,69	232	2260	2,0
Blei	207,2	327	1751	2,3

Die Elemente besitzen vier Außenelektronen, d. h. sie müssten entweder vier Elektronen aufnehmen oder abgeben, um Edelgaskonfiguration zu erreichen. Die Ionenbildung ist energetisch ungünstig. Daher bilden die kleinen Atome von Kohlenstoff oder Silicium eher vier Atombindungen aus. Bei den schwereren Elementen sind die Außenelektronen weiter vom Kern entfernt: Zinn und Blei können ihre Elektronen abgeben und Ionenverbindungen bilden. Die Reaktivität mit Sauerstoff und den Halogenen wächst mit steigender Ordnungszahl

Kohlenstoff

Kohlenstoff kommt in der Natur hauptsächlich in Carbonaten z.B. $CaCO_3$ vor. Vom Kohlenstoff gibt es mehrere Modifikationen, Graphit und Diamant. **Graphit** ist stabiler und aus Schichten aufgebaut. Jedes Kohlenstoffatom ist mit drei Kohlenstoffatomen (6 C-Atome bilden einen Ring) verbunden. Das vierte Elektron bleibt frei beweglich. Graphit leitet den Strom gut und wird als Elektrodenmaterial verwendet.

Diamant entsteht, wenn man Graphit unter Druck setzt. Die C-Atome sind tetraedisch von 4 anderen C-Atomen umgeben. Da keine freien Elektronen vorhanden sind, leitet Diamant den Strom nicht.

1991 wurden die **Fullerene** entdeckt, eine weitere Modifikation des Kohlenstoffs, bei denen die C-Atome in Fünf- und Sechsringen kugelförmig als „Fußbälle“ vorliegen.

Radio-Carbon-Methode (Altersbestimmung mit Hilfe von ^{14}C): Durch kosmische Strahlung wird in der höheren Atmosphäre ^{14}N in den radioaktiven Kohlenstoff ^{14}C umgewandelt. Die Halbwertszeit dieses Kohlenstoffs beträgt 5730 Jahre. Nun wird dieser Kohlenstoff in die Pflanzen und Tiere eingebaut. Lebende Pflanzen und Tiere nehmen immer wieder neu diesen Kohlenstoff auf, so dass die Konzentration dieses Kohlenstoffs in ihnen gleich bleibt. Sterben sie jedoch ab, so sinkt die Konzentration an ^{14}C in ihnen. Mit Hilfe der Restkonzentration lässt sich das Alter der abgestorbenen organischen Materialien in Fossilien einigermaßen genau bestimmen.

Kohlenstoffmonooxid CO entsteht bei der unvollständigen Verbrennung von Kohlenstoff. An der Luft verbrennt es mit typischer blauer Flamme zu Kohlenstoffdioxid. Es wird beispielsweise im Hochofenprozess zur Eisengewinnung verwendet. Kohlenstoffmonooxid ist für den Menschen hochgiftig, weil es beim Einatmen eine feste Bindung mit Hämoglobin, das Sauerstoff im Blut transportiert, eingeht. Hämoglobin wird auf diese Weise blockiert und somit der Sauerstofftransport im Blut verhindert.

Kohlenstoffdioxid CO_2 entsteht bei der vollständigen Verbrennung von Kohlenstoff. Es ist ein sehr reaktionsträges Gas, das nicht brennt und die Verbrennung nicht unterhält. (Feuerlöscher). Festes Kohlenstoffdioxid wird auch „Trockeneis“ genannt. Es sublimiert bei -78 °C und dient als Kältemittel. Kohlenstoffdioxid löst sich bei erhöhtem Druck in Wasser, wobei eine schwach saure Lösung entsteht, die Kohlensäure. Die Kohlensäure ist nicht isolierbar, weil sie sich beim Entwässern in Kohlenstoffdioxid und Wasser zersetzt. Zur Herstellung von kohlensäurehaltigen Getränken wird Kohlenstoffdioxid unter Druck in Wasser eingeleitet (typische Bläschen).

Die Salze der Kohlensäure, die Carbonate, kommen zahlreich in der Natur vor und sind zum Teil industriell wichtig: Calciumcarbonat (Kalkstein, Kreide, Marmor), Magnesiumcarbonat (Magnesit), Calcium-Magnesium-Carbonat (Dolomit) und Natriumcarbonat (Soda). Soda wird zur Herstellung von Wasserglas, Waschmitteln und Natriumsalzen gebraucht. Es wird in der Industrie in enormen Mengen benötigt. Hergestellt wird es im Solvayverfahren aus Natriumchlorid und Calciumchlorid.

Silicium

Wie Kohlenstoff auch als der ,,Träger des organischen Lebens'' bezeichnet wird, so wäre Silizium so etwas wie ,,Träger des anorganischen Lebens''. Silicium kommt in der Natur als Oxid (Sand, Quarz) und in Form der vielfältig strukturierten Silicate vor. Es ist nach Sauerstoff das zweithäufigste Element in der Erdkruste.

Hochreines Silicium für die Halbleitertechnik, wird in mehreren Schritten aus Siliciumdioxid hergestellt.

1. Aus Siliciumdioxid lässt sich durch Reduktion mit Kohlenstoff Rohsilicium gewinnen.
2. Dieses wird mit HCl in Trichlorsilan überführt, und destilliert.
3. Die Reduktion mit Wasserstoff liefert dann Reinsilicium.
4. Reinsilicium wird mit weiteren Reinigungsverfahren (z. B. Zonenschmelzen) in Reinstsilicium überführt.

Silicium ist ein dunkelgrauer, glänzender, harter und spröder Feststoff. Sein Aufbau entspricht dem von Diamant und es leitet bei Raumtemperatur nicht. Bei höheren Temperaturen lösen sich allerdings Elektronen aus den Atombindungen und werden frei beweglich (Halbleiter).
Silicium ist wenig reaktiv, es reagiert nur bei hohen Temperaturen mit Stickstoff, Kohlenstoff, Schwefel und Metallen. Mit Fluor oder warmer Natronlauge reagiert Silicium spontan.
Mit Säuren (außer Flusssäure (HF)) reagiert Silicium praktisch nicht, da sich eine Schutzschicht aus Siliciumdioxid bildet. Daher verbrennt Silicium auch an der Luft erst bei über 1000 °C..
Hochreines Silicium und dotiertes Silicium, bei dem z. B. Arsen- oder Galliumatome ins Gitter eingebaut sind, spielen aufgrund ihrer Halbleitereigenschaften eine wichtige Rolle in der Mikroelektronik, z.B: beim Computerbau.
Siliciumdioxid ist wie Kohlenstoffdioxid eine Molekülverbindung mit polaren Atombindungen; ist jedoch ein harter, kristalliner Feststoff und kommt in der Natur als Quarz vor. Viele Schmucksteine sind Abarten von Quarz, beispielsweise Bergkristall, Amethyst, Rosenquarz und Tigerauge, aber auch Carneol, Achat und Opal. Schmilzt man Siliciumdioxid und lässt die Schmelze schnell erstarren, so erhält man Quarzglas, das chemisch widerstandsfähig und hochschmelzend ist und zum Bau von Laborgeräten verwendet wird. Zur Herstellung von Gläsern für den alltäglichen Gebrauch werden der Schmelze weitere Oxide wie Natriumoxid, Calciumoxid oder Kaliumoxid zugesetzt.
Die **Zeolithe** sind dreidimensinale Silicate mit Hohlräumen, welche durch Kanäle verbunden sind. Zeolithe werden wegen der hohen inneren Oberfläche gerne als Katalysator verwendet. Sie haben eine enorme Bedeutung in Waschmitteln, da sie die permanente Wasserhärte durch Ionenaustausch verringern.
Löst man Siliciumdioxid in Wasser, so bildet sich die **Kieselsäure.** Sie ist einige Zeit in sehr verdünnter wässriger Lösung stabil. Unter Wasserabspaltung kondensiert Kieselsäure zu Oligo- bzw. Polysilicaten. Je nach Vernetzungsgrad unterscheidet man verschiedene Silicate, z. B. Kettensilicate, zu denen u. a. Asbest gehört, Schichtsilicate wie Talk und Kaolinit (Porzellanerde) und Gerüstsilicate, z. B. Feldspate und Zeolithe. Die unterschiedlichen Silicate stellen den Hauptbestandteil der Erdkruste dar. Silicate sind wichtige Baustoffe: Rohstoffe zur Herstellung von Zement, Keramiken und Porzellan. Kieselgele (kondensierte Silicate) haben ein ähnlich gutes Adsorptionsvermögen wie Aktivkohle und dienen der Reinigung von Gasen und Flüssigkeiten.
Silicone sind aus Silicium, Sauerstoff und Kohlenwasserstoffresten aufgebaut. Sie sind thermisch und chemisch beständige Kunststoffe, die eine große Bandbreite von Eigenschaften und damit von Verwendungsmöglichkeiten aufweisen. So dienen sie beispielsweise als Schmiermittel, als Dichtungsmittel und zur Imprägnierung.

Germanium
Elementares Germanium wird aus Germanit ($Cu_3(Ge,Fe)S_4$) hergestellt. Germanium ist ein grauweißer, sehr spröder Feststoff, der als Halbleiter elektrische Leitfähigkeit aufweist. Chemisch ist es dem Silicium sehr ähnlich und wird ebenso als Halbleiter verwendet.

Zinn
Zinn kommt überwiegend als Oxid (Zinnstein) vor und wird durch Reduktion von Zinnstein mit Kohlenstoff gewonnen. Man gewinnt auch Zinn elektrolytisch beim Recycling von verzinntem Eisenblech (Weißblech).
Von Zinn gibt es eine metallische und eine nichtmetallische Modifikation. Das metallische beta-Zinn ist bei Temperaturen oberhalb von 13 °C die stabilere Modifikation und wandelt sich unterhalb dieser Temperatur - allerdings sehr langsam - in das pulvrige halbmetallische alpha-Zinn um. Wird metallisches Zinn über längere Zeit zu kalt gelagert, so bilden sich Kristallkeime von alpha-Zinn, von denen aus die Umwandlung schneller voranschreitet, weshalb dieses Phänomen auch als „Zinnpest“ bezeichnet wird.
Verwendet wird Zinn schon seit langer Zeit. Von großer Bedeutung ist Bronze, eine Zinn-Kupfer-Legierung, die seit ca. 3 500 v. Chr. verwendet wird. Auch heute spielt Zinn als Legierungsbestandteil eine wichtige Rolle. Außerdem wird Eisenblech verzinnt, um es vor Korrosion zu schützen.

Blei
Blei kommt in der Natur hauptsächlich als Sulfid PbS (Bleiglanz) vor. Der wird geröstet und in das Oxid überführt. Aus dem Oxid wird durch Reduktion mit Kohlenstoff Blei gewonnen.
Blei ist ein blaugraues, weiches Schwermetall. Frische Schnittflächen sind glänzend, werden aber schnell matt,

weil eine dünne Schicht von Bleioxid gebildet wird (Passivierung). Auch gegen Schwefel-, Salz- und Fluorwasserstoffsäure (Flusssäure) ist Blei widerstandsfähig, weil die entsprechenden Salze gut haftende Schichten bilden.
Von Wasser, das Sauerstoff oder Kohlenstoffdioxid gelöst enthält, wird Blei hingegen mit der Zeit aufgelöst, weil lösliches Blei(II)-hydroxid und Blei(II)-hydrogencarbonat gebildet werden. Da die entstehenden Pb(II)-Ionen toxisch sind, dürfen Trinkwasserleitungen nicht mehr aus Blei hergestellt werden.
Verwendung findet Blei als Legierungsmaterial und zur Herstellung von Akkumulatoren.