

Am Anfang stehen ein Proton und ein Elektron, harmlose Teilchen. Sie bilden zusammen Wasserstoff, ein Gas, leichter als Luft, das einfach in den Himmel steigt und verschwindet. Ein Proton mehr, und man erhält Helium, mit diesem Gas füllt man Luftballons beim Kindergeburtstag. Noch ein Proton dazu, und man hat das Lithium bei etwas ganz anderem: Das Leichtmetall ist leicht entzündlich und ätzend, zugleich beugt es bei bipolaren Erkrankungen dem Suizid vor.

Alles, was es gibt

Silber und Gold, Promethium und Astat – manche Elemente sind wohlbekannt, andere ziemlich obskur. Doch man braucht sie alle für die Welt, wie wir sie kennen

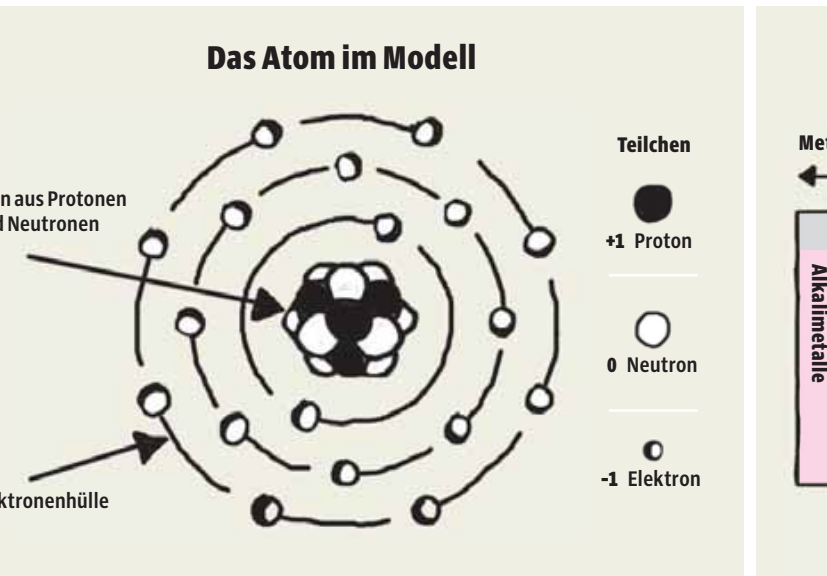
TEXT: HANNO CHARISIUS
ILLUSTRATIONEN: STEFAN DIMITROV

Auf den ersten Blick ist das Periodensystem der Elemente dröge, beim genaueren Hinsehen fasziniert es, wie kleinste Umbauten im Atom zu neuen Eigenschaften führen – die manchmal auch faszinierend gefährlich sind. Geht man etwa in der zweiten Reihe weiter nach rechts, finden sich das giftige Beryllium und Fluor: toxisch, ätzend, brandgefährlich. Die Gefahren in dieser Reihe lassen sich vielerlei noch bündeln, spätestens in der dritten wird es tödlich. Natrium reagiert noch heftiger als Lithium, das direkt in der Reihe drüber liegt. Phosphor wird in Brandbomben gefüllt. Und Chlorgas, das schwerer als Luft und deshalb zu Boden sinkt, wurde erstmals im Ersten Weltkrieg zur brutalen Waffe. In der fünften Reihe kommt die Radioaktivität hinzu. In den Reihen sechs und sieben darunter ist es noch ungemütlicher. Kaum zu glauben, dass eine Welt, die aus solchen Elementen besteht, auch das Leben hervorbringt hat.

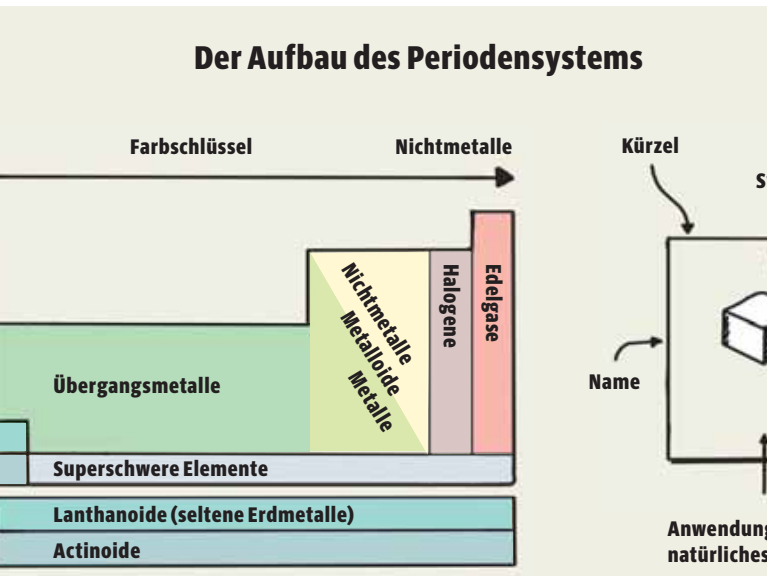
Es ist kein Zufall, dass Elemente mit ähnlichen Eigenschaften oft direkt übereinander in derselben Spalte stehen. Nur durch diese Regelmäßigkeit kam Johann Wolfgang Döbereiner im Jahr 1816 der Ordnung auf die Spur, die den Bausteinen der Welt innewohnt. Dem gelerntem Apotheker, einem Freund Goethes, war aufgefallen, dass Barium, Strontium und Calcium einander ähneln und sortierte sie in eine Gruppe, die er „Triade“ nannte. In den folgenden Jahren fand er weitere Dreiergruppen – etwa Chlor, Brom, Jod und Lithium, Natrium, Kalium. 1829 veröffentlichte er das erste Ordnungssystem der chemischen Elemente. Döbereiner konnte jedoch viele Elemente nicht richtig einsortieren, außerdem waren erst 52 der heute 118 Bausteine der Welt bekannt. Das gelang erst in den 1860er-Jahren dem russischen Chemiker Dmitrij Mendelejew und dem Deutschen Julius Meyer, die unabhängig voneinander das Periodensystem entwickelten, das die meisten Menschen aus ihrem ehemaligen Klassenzimmer kennen.

Wobei man eigentlich eher von einer Entdeckung sprechen sollte, denn die Ordnung ist „von der Natur vorgegeben“, sagt Carola Pomplun vom GSI Helmholtzzentrum für Schwerionenforschung in Darmstadt, mit dem ein Team um Physiker Kerstin Gerber versucht, neue chemische Elemente herzustellen. So einen Ordnungssinn kennt man eigentlich gar nicht aus der Natur. 118 Elemente, fein säuberlich durchnummeriert, sortieren sich in sieben Reihen (oder Perioden) mit regelmäßig wiederkehrenden ähnlichen Eigenschaften. Das zumindest hatte Döbereiner richtig erkannt. Um Oganesson herzustellen, beschossen Physiker eine Probe des ebenfalls künstlichen Elements Californium (Ordnungszahl 98) mit Calcium-Ionen (Ordnungszahl 20). Das ergibt zusammen die 118 Protonen des Oganesson-Atoms. Große Mengen der neuen Materie entstehen auf diesem Wege nicht, sagt Pomplun. „Man kann die Zahl der Atome, die bei so einer Kollision entstehen, an zwei Händen abzählen.“

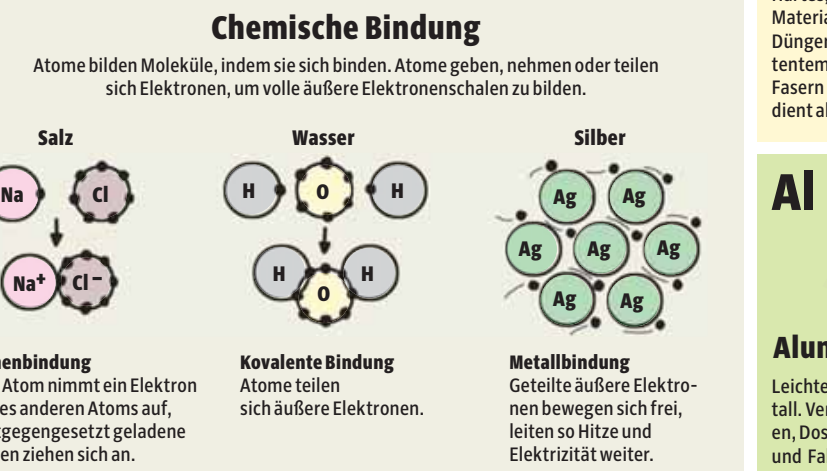
Berechnungen zufolge könnte es auch noch eine weitere Periode geben. Die Elemente 120 und 126 könnten sogar deutlich stabiler sein als ihre direkten Nachbarn, möglicherweise mehrere Jahre. Der russische Kernphysiker Jurij Oganessian, dessen Team im Jahr 2006 zum ersten Mal das Element 118 erschuf, glaubt sogar an eine weitere „Insel der Stabilität“ um das Element 164 herum. Doch um die zu erreichen – falls es sie überhaupt gibt – müssten er und seine Kollegen nicht nur die Natur der Materie noch besser verstehen, sondern auch noch deutlich stärkere Teilchenbeschleuniger bauen. Bislang ist das Spekulation. Doch Kernphysiker haben bereits viele Elemente des Periodensystems künstlich erschaffen. Die Liste der natürlich vorkommenden Elemente endet bei der Ordnungszahl 94, Plutonium. Alle Elemente darüber hinaus wurden bislang nur von Menschen gemacht. Das gilt zumindest für das Sonnesystem. Aber es ist unwahrscheinlich, dass irgendwo im Universum bedeutsame Lagerstätten dieser superschweren Elemente existieren. Das Faustregel gilt: je höher die Ordnungszahl, desto seltener das Element. Das hängt mit der Entstehung der Elemente zusammen. Die waren nicht plötzlich mit dem Urknall da und haben sich dann im Weltall verteilt. Am Anfang gab es nur die leichten Atome Wasserstoff und Helium. Alle schweren Elemente entstanden durch Kernreaktionen in den Sternen oder indem bestehende Atome explodierender Stern herausgeschleudert. So gesehen besteht alles auf der Erde, die Bomben und die Luftballons, die Menschen und die Tiere, nur aus Sternenstaub.



Dieses stark vereinfachte Modell zeigt ein Atom. Sein Kern besteht aus Protonen und Neutronen, umgeben von Elektronen, die auf definierten Schalen kreisen. Kleinere Schalen sind von größeren Schalen umgeben. Die Ordnungszahl (in der Grafik rechts neben dem Elementnamen) gibt die Zahl der Protonen im Atom an, sie bestimmt die chemischen Eigenschaften und die Stellung im Periodensystem. Protonen sind positiv elektrisch geladen, Neutronen sind neutral und Elektronen negativ geladen. Normalerweise haben Atome die gleiche Zahl von Elektronen und Protonen. Ein Ion ist ein geladenes Atom, das mehr oder weniger Elektronen als Protonen hat. Die durchschnittliche Anzahl von Protonen und Neutronen bestimmt das sogenannte Atomgewicht. Es ist üblicherweise 2 bis 2,5 mal so groß wie die Ordnungszahl. Ein Element ist eine Substanz, die aus einem oder mehreren Atomen mit der gleichen Ordnungszahl gemacht ist. Eine Verbindung ist eine Substanz, die aus zwei oder mehreren chemisch gebundenen Elementen besteht.



fest flüssig gasförmig
Menschlicher Körper Die zehn wichtigsten Elemente
Erkrukte Die acht wichtigsten Elemente
Magnetsch Ferromagnetisch bei Raumtemperatur
Edelmetalle Korrosionsbeständig
Radioaktiv Isotope sind radioaktiv und somit instabil
Nur in Spuren in der Natur weniger als ein Millionstel Prozent in der Erkruste
Künstliche Elemente nur von Menschen in kernphysikalischen Experimenten gemacht



Atome bilden Moleküle, indem sie sich binden. Atome geben, nehmen oder teilen sich Elektronen, um volle äußere Elektronenschalen zu bilden.

Table with 7 rows and 1 column, listing elements from Hydrogen (H) to Lawrencium (Lr) with their symbols and atomic numbers.

Table with 7 rows and 2 columns, listing elements from Lithium (Li) to Radium (Ra) with their symbols and atomic numbers.

Table with 7 rows and 2 columns, listing elements from Beryllium (Be) to Francium (Fr) with their symbols and atomic numbers.

Table with 7 rows and 2 columns, listing elements from Boron (B) to Rutherfordium (Rf) with their symbols and atomic numbers.

Table with 7 rows and 2 columns, listing elements from Carbon (C) to Dubnium (Db) with their symbols and atomic numbers.

Table with 7 rows and 2 columns, listing elements from Nitrogen (N) to Seaborgium (Sg) with their symbols and atomic numbers.

Table with 7 rows and 2 columns, listing elements from Oxygen (O) to Bohrium (Bh) with their symbols and atomic numbers.

Table with 7 rows and 2 columns, listing elements from Fluorine (F) to Hassium (Hs) with their symbols and atomic numbers.

Table with 7 rows and 2 columns, listing elements from Neon (Ne) to Meitnerium (Mt) with their symbols and atomic numbers.

Table with 7 rows and 2 columns, listing elements from Sodium (Na) to Oganesson (Og) with their symbols and atomic numbers.

Die 18 Gruppen des Periodensystems der Elemente
Jede Spalte des Periodensystems bildet eine Gruppe. Die Metalle stehen links und in der Mitte des Periodensystems. Nach rechts nimmt der metallische Charakter ab. In der ersten Spalte finden sich direkt unter dem Wasserstoff die weichen und leichten Alkalimetalle. Sie geben gerne ein Elektron ab, oxidieren schnell an Luft und reagieren heftig mit Wasser. Als positiv geladene Ionen stecken sie in vielen Salzen, zum Beispiel in Kochsalz (Natriumchlorid). Erdalkalimetalle füllen die zweite Spalte, haben für potenzielle Bindungspartner gleich zwei Elektronen übrig und bilden ebenfalls zahlreiche Salze. Die Übergangselemente (Gruppe 3 bis 12) sind samt und sonders Metalle, darunter Klassiker wie Eisen, Kupfer und das Edelmetall Gold. Auch die Lanthanoide sind Metalle, sogenannte Seltenerdmetalle. Gleichwohl sind sie, anders als der Name vermuten lässt, gar nicht mal so selten. Neodym etwa kommt auf der Erde häufiger vor als das Allererwähnte Blei. Die Elemente der Actinoide schließlich sind alle radioaktiv. Jedes Element gibt es mit unterschiedlichen Neutronenzahlen im Kern. Manche dieser „Isotope“ zerfallen sehr schnell, andere können sehr langlebig sein. In den Gruppen 13 bis 15 nimmt der metallische Charakter ab. Die Bor-Gruppe (13. Gruppe) enthält ein Halbmetall und vier Metalle. Prominentester Vertreter: das Leichtmetall Aluminium, das nur dank einer dichten Oxidschicht an der Oberfläche nicht korrodiert. In der Kohlenstoff-Gruppe (14) findet sich der wohl bekannteste Halbleiter Silizium. Auch in der Stickstoff-Gruppe sind noch ein Halbmetall und vier Metalle. Die Übergangselemente (Gruppe 3 bis 12) sind samt und sonders Metalle, darunter Klassiker wie Eisen, Kupfer und das Edelmetall Gold. Auch die Lanthanoide sind Metalle, sogenannte Seltenerdmetalle. Gleichwohl sind sie, anders als der Name vermuten lässt, gar nicht mal so selten. Neodym etwa kommt auf der Erde häufiger vor als das Allererwähnte Blei. Die Elemente der Actinoide schließlich sind alle radioaktiv. Jedes Element gibt es mit unterschiedlichen Neutronenzahlen im Kern. Manche dieser „Isotope“ zerfallen sehr schnell, andere können sehr langlebig sein.

Die 18 Gruppen des Periodensystems der Elemente
In den Gruppen 13 bis 15 nimmt der metallische Charakter ab. Die Bor-Gruppe (13. Gruppe) enthält ein Halbmetall und vier Metalle. Prominentester Vertreter: das Leichtmetall Aluminium, das nur dank einer dichten Oxidschicht an der Oberfläche nicht korrodiert. In der Kohlenstoff-Gruppe (14) findet sich der wohl bekannteste Halbleiter Silizium. Auch in der Stickstoff-Gruppe sind noch ein Halbmetall und vier Metalle. Die Übergangselemente (Gruppe 3 bis 12) sind samt und sonders Metalle, darunter Klassiker wie Eisen, Kupfer und das Edelmetall Gold. Auch die Lanthanoide sind Metalle, sogenannte Seltenerdmetalle. Gleichwohl sind sie, anders als der Name vermuten lässt, gar nicht mal so selten. Neodym etwa kommt auf der Erde häufiger vor als das Allererwähnte Blei. Die Elemente der Actinoide schließlich sind alle radioaktiv. Jedes Element gibt es mit unterschiedlichen Neutronenzahlen im Kern. Manche dieser „Isotope“ zerfallen sehr schnell, andere können sehr langlebig sein.

Die 18 Gruppen des Periodensystems der Elemente
In den Gruppen 13 bis 15 nimmt der metallische Charakter ab. Die Bor-Gruppe (13. Gruppe) enthält ein Halbmetall und vier Metalle. Prominentester Vertreter: das Leichtmetall Aluminium, das nur dank einer dichten Oxidschicht an der Oberfläche nicht korrodiert. In der Kohlenstoff-Gruppe (14) findet sich der wohl bekannteste Halbleiter Silizium. Auch in der Stickstoff-Gruppe sind noch ein Halbmetall und vier Metalle. Die Übergangselemente (Gruppe 3 bis 12) sind samt und sonders Metalle, darunter Klassiker wie Eisen, Kupfer und das Edelmetall Gold. Auch die Lanthanoide sind Metalle, sogenannte Seltenerdmetalle. Gleichwohl sind sie, anders als der Name vermuten lässt, gar nicht mal so selten. Neodym etwa kommt auf der Erde häufiger vor als das Allererwähnte Blei. Die Elemente der Actinoide schließlich sind alle radioaktiv. Jedes Element gibt es mit unterschiedlichen Neutronenzahlen im Kern. Manche dieser „Isotope“ zerfallen sehr schnell, andere können sehr langlebig sein.

Die 18 Gruppen des Periodensystems der Elemente
In den Gruppen 13 bis 15 nimmt der metallische Charakter ab. Die Bor-Gruppe (13. Gruppe) enthält ein Halbmetall und vier Metalle. Prominentester Vertreter: das Leichtmetall Aluminium, das nur dank einer dichten Oxidschicht an der Oberfläche nicht korrodiert. In der Kohlenstoff-Gruppe (14) findet sich der wohl bekannteste Halbleiter Silizium. Auch in der Stickstoff-Gruppe sind noch ein Halbmetall und vier Metalle. Die Übergangselemente (Gruppe 3 bis 12) sind samt und sonders Metalle, darunter Klassiker wie Eisen, Kupfer und das Edelmetall Gold. Auch die Lanthanoide sind Metalle, sogenannte Seltenerdmetalle. Gleichwohl sind sie, anders als der Name vermuten lässt, gar nicht mal so selten. Neodym etwa kommt auf der Erde häufiger vor als das Allererwähnte Blei. Die Elemente der Actinoide schließlich sind alle radioaktiv. Jedes Element gibt es mit unterschiedlichen Neutronenzahlen im Kern. Manche dieser „Isotope“ zerfallen sehr schnell, andere können sehr langlebig sein.

Die 18 Gruppen des Periodensystems der Elemente
In den Gruppen 13 bis 15 nimmt der metallische Charakter ab. Die Bor-Gruppe (13. Gruppe) enthält ein Halbmetall und vier Metalle. Prominentester Vertreter: das Leichtmetall Aluminium, das nur dank einer dichten Oxidschicht an der Oberfläche nicht korrodiert. In der Kohlenstoff-Gruppe (14) findet sich der wohl bekannteste Halbleiter Silizium. Auch in der Stickstoff-Gruppe sind noch ein Halbmetall und vier Metalle. Die Übergangselemente (Gruppe 3 bis 12) sind samt und sonders Metalle, darunter Klassiker wie Eisen, Kupfer und das Edelmetall Gold. Auch die Lanthanoide sind Metalle, sogenannte Seltenerdmetalle. Gleichwohl sind sie, anders als der Name vermuten lässt, gar nicht mal so selten. Neodym etwa kommt auf der Erde häufiger vor als das Allererwähnte Blei. Die Elemente der Actinoide schließlich sind alle radioaktiv. Jedes Element gibt es mit unterschiedlichen Neutronenzahlen im Kern. Manche dieser „Isotope“ zerfallen sehr schnell, andere können sehr langlebig sein.

Die 18 Gruppen des Periodensystems der Elemente
In den Gruppen 13 bis 15 nimmt der metallische Charakter ab. Die Bor-Gruppe (13. Gruppe) enthält ein Halbmetall und vier Metalle. Prominentester Vertreter: das Leichtmetall Aluminium, das nur dank einer dichten Oxidschicht an der Oberfläche nicht korrodiert. In der Kohlenstoff-Gruppe (14) findet sich der wohl bekannteste Halbleiter Silizium. Auch in der Stickstoff-Gruppe sind noch ein Halbmetall und vier Metalle. Die Übergangselemente (Gruppe 3 bis 12) sind samt und sonders Metalle, darunter Klassiker wie Eisen, Kupfer und das Edelmetall Gold. Auch die Lanthanoide sind Metalle, sogenannte Seltenerdmetalle. Gleichwohl sind sie, anders als der Name vermuten lässt, gar nicht mal so selten. Neodym etwa kommt auf der Erde häufiger vor als das Allererwähnte Blei. Die Elemente der Actinoide schließlich sind alle radioaktiv. Jedes Element gibt es mit unterschiedlichen Neutronenzahlen im Kern. Manche dieser „Isotope“ zerfallen sehr schnell, andere können sehr langlebig sein.

Die 18 Gruppen des Periodensystems der Elemente
In den Gruppen 13 bis 15 nimmt der metallische Charakter ab. Die Bor-Gruppe (13. Gruppe) enthält ein Halbmetall und vier Metalle. Prominentester Vertreter: das Leichtmetall Aluminium, das nur dank einer dichten Oxidschicht an der Oberfläche nicht korrodiert. In der Kohlenstoff-Gruppe (14) findet sich der wohl bekannteste Halbleiter Silizium. Auch in der Stickstoff-Gruppe sind noch ein Halbmetall und vier Metalle. Die Übergangselemente (Gruppe 3 bis 12) sind samt und sonders Metalle, darunter Klassiker wie Eisen, Kupfer und das Edelmetall Gold. Auch die Lanthanoide sind Metalle, sogenannte Seltenerdmetalle. Gleichwohl sind sie, anders als der Name vermuten lässt, gar nicht mal so selten. Neodym etwa kommt auf der Erde häufiger vor als das Allererwähnte Blei. Die Elemente der Actinoide schließlich sind alle radioaktiv. Jedes Element gibt es mit unterschiedlichen Neutronenzahlen im Kern. Manche dieser „Isotope“ zerfallen sehr schnell, andere können sehr langlebig sein.

Die 18 Gruppen des Periodensystems der Elemente
In den Gruppen 13 bis 15 nimmt der metallische Charakter ab. Die Bor-Gruppe (13. Gruppe) enthält ein Halbmetall und vier Metalle. Prominentester Vertreter: das Leichtmetall Aluminium, das nur dank einer dichten Oxidschicht an der Oberfläche nicht korrodiert. In der Kohlenstoff-Gruppe (14) findet sich der wohl bekannteste Halbleiter Silizium. Auch in der Stickstoff-Gruppe sind noch ein Halbmetall und vier Metalle. Die Übergangselemente (Gruppe 3 bis 12) sind samt und sonders Metalle, darunter Klassiker wie Eisen, Kupfer und das Edelmetall Gold. Auch die Lanthanoide sind Metalle, sogenannte Seltenerdmetalle. Gleichwohl sind sie, anders als der Name vermuten lässt, gar nicht mal so selten. Neodym etwa kommt auf der Erde häufiger vor als das Allererwähnte Blei. Die Elemente der Actinoide schließlich sind alle radioaktiv. Jedes Element gibt es mit unterschiedlichen Neutronenzahlen im Kern. Manche dieser „Isotope“ zerfallen sehr schnell, andere können sehr langlebig sein.

Die 18 Gruppen des Periodensystems der Elemente
In den Gruppen 13 bis 15 nimmt der metallische Charakter ab. Die Bor-Gruppe (13. Gruppe) enthält ein Halbmetall und vier Metalle. Prominentester Vertreter: das Leichtmetall Aluminium, das nur dank einer dichten Oxidschicht an der Oberfläche nicht korrodiert. In der Kohlenstoff-Gruppe (14) findet sich der wohl bekannteste Halbleiter Silizium. Auch in der Stickstoff-Gruppe sind noch ein Halbmetall und vier Metalle. Die Übergangselemente (Gruppe 3 bis 12) sind samt und sonders Metalle, darunter Klassiker wie Eisen, Kupfer und das Edelmetall Gold. Auch die Lanthanoide sind Metalle, sogenannte Seltenerdmetalle. Gleichwohl sind sie, anders als der Name vermuten lässt, gar nicht mal so selten. Neodym etwa kommt auf der Erde häufiger vor als das Allererwähnte Blei. Die Elemente der Actinoide schließlich sind alle radioaktiv. Jedes Element gibt es mit unterschiedlichen Neutronenzahlen im Kern. Manche dieser „Isotope“ zerfallen sehr schnell, andere können sehr langlebig sein.

Die 18 Gruppen des Periodensystems der Elemente
In den Gruppen 13 bis 15 nimmt der metallische Charakter ab. Die Bor-Gruppe (13. Gruppe) enthält ein Halbmetall und vier Metalle. Prominentester Vertreter: das Leichtmetall Aluminium, das nur dank einer dichten Oxidschicht an der Oberfläche nicht korrodiert. In der Kohlenstoff-Gruppe (14) findet sich der wohl bekannteste Halbleiter Silizium. Auch in der Stickstoff-Gruppe sind noch ein Halbmetall und vier Metalle. Die Übergangselemente (Gruppe 3 bis 12) sind samt und sonders Metalle, darunter Klassiker wie Eisen, Kupfer und das Edelmetall Gold. Auch die Lanthanoide sind Metalle, sogenannte Seltenerdmetalle. Gleichwohl sind sie, anders als der Name vermuten lässt, gar nicht mal so selten. Neodym etwa kommt auf der Erde häufiger vor als das Allererwähnte Blei. Die Elemente der Actinoide schließlich sind alle radioaktiv. Jedes Element gibt es mit unterschiedlichen Neutronenzahlen im Kern. Manche dieser „Isotope“ zerfallen sehr schnell, andere können sehr langlebig sein.