LEGO™-Modell des Periodensystems, Radii.

Das Periodensystem wird normalerweise als Tabelle oder Poster dargestellt und ist somit nur zweidimensional. Es ist jedoch durchaus möglich, die Eigenschaften der Elemente auch in der dritten Dimension zu veranschaulichen. In diesem Text wird beschrieben, wie mit LEGO-™ -Steinen ein dreidimensionales Periodensystem aufgebaut werden kann, indem die Höhe jedes Elements den Atomradius des Elements veranschaulicht.

Man muss sich bewusst sein, dass der Atomradius von der verwendeten Definition abhängt und entsprechend variiert. In diesem Fall haben wir uns für die Berechnungen von E. Clementi, D.L. Raimondi und W.P. Reinhardt (1967) entschieden. „Atomic Screening Constants from SCF Functions. II. Atoms with 37 to 86 Electrons”. J. Chem. Phys. 47: 1300. doi:10.1063/1.1712084. Das bedeutet, dass die Zahlen von den Daten abweichen können, die in Chemiebüchern oder anderen Tabellen zu finden sind.

## Allgemeine Bauanleitung

Heute kennen wir 120 verschiedene Elemente, aber wir haben nur Berechnungen der Radien von 86 davon.

Zu den Abmessungen von LEGO-Teilen

Die Einheit „Noppen” wird häufig zur Messung der Größe eines Steins verwendet. Beispielsweise wird Teil:3001 als „BRICK 2X4” bezeichnet, wobei „2X4” darauf hinweist, dass er zwei Noppen breit und vier Noppen lang ist. Steine ohne Noppen, wie z. B. flache Platten, werden ebenfalls in Noppen gemessen. Wir werden dies in der gesamten Anleitung verwenden.

LEGO™-Steine gibt es in verschiedenen Formen, aber in diesem Fall verwenden wir nur Blöcke (2X4), Platten (2x4) und Fliesen „ ” (2x2). Ein Block wird verwendet, um ganze Einheiten zu bezeichnen (1 Block = 1 Einheit, 2 Blöcke = 2 Einheiten ...), eine Platte hat die gleiche Höhe wie 1/3 Block, oder ein Block entspricht drei Platten. Damit entspricht eine Platte 1/3 Einheit. Auf diese Weise können wir die Höhe in Schritten von 0,33 Einheiten variieren.

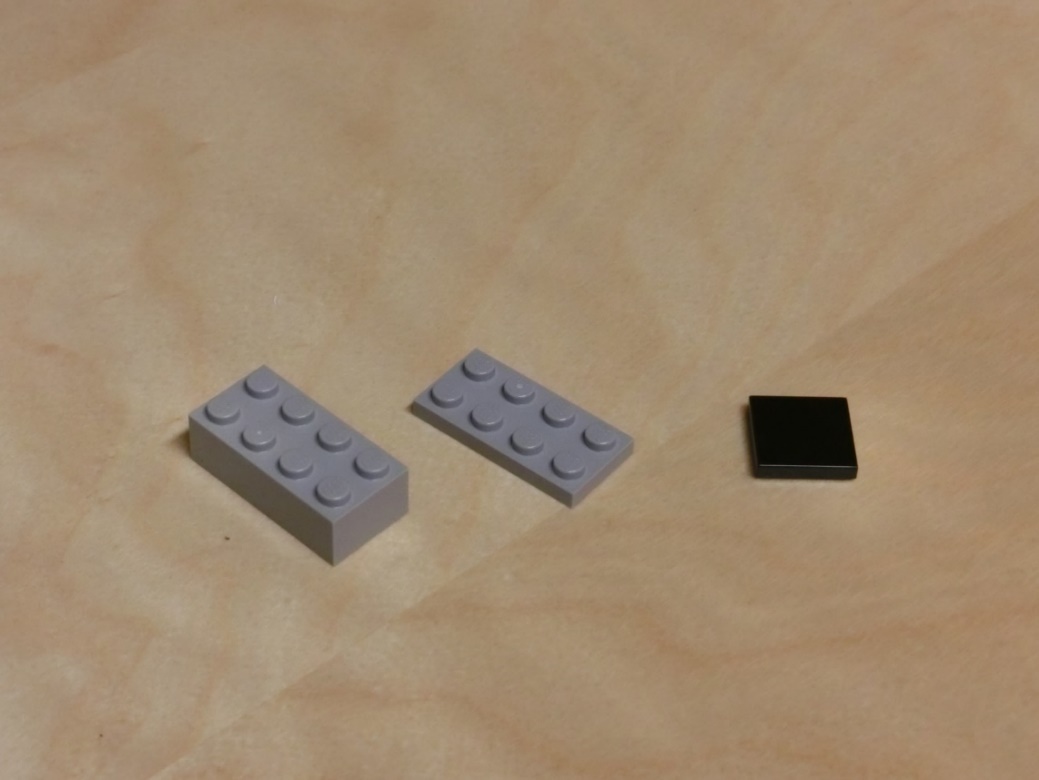


Abbildung 1 LEGO ™ Block, Platte und Fliese

Beim Bauen mit LEGO-Steinen™ ist Stabilität wichtig, insbesondere wenn das Design hoch ist, also mehr als 10 Blöcke umfasst. In diesem Fall ist es nicht ratsam, 2x2- oder 4x4-Blöcke zu verwenden, sondern man sollte 2x4-Blöcke verwenden, aus denen ein 4x4-Block gebildet wird. Durch die Drehung der Blöcke um 90° zwischen verschiedenen Schichten wird das Design stabiler. Außerdem kann so ein Element des LEGO-Modells leicht entfernt werden, um es mit anderen Elementen zu vergleichen.

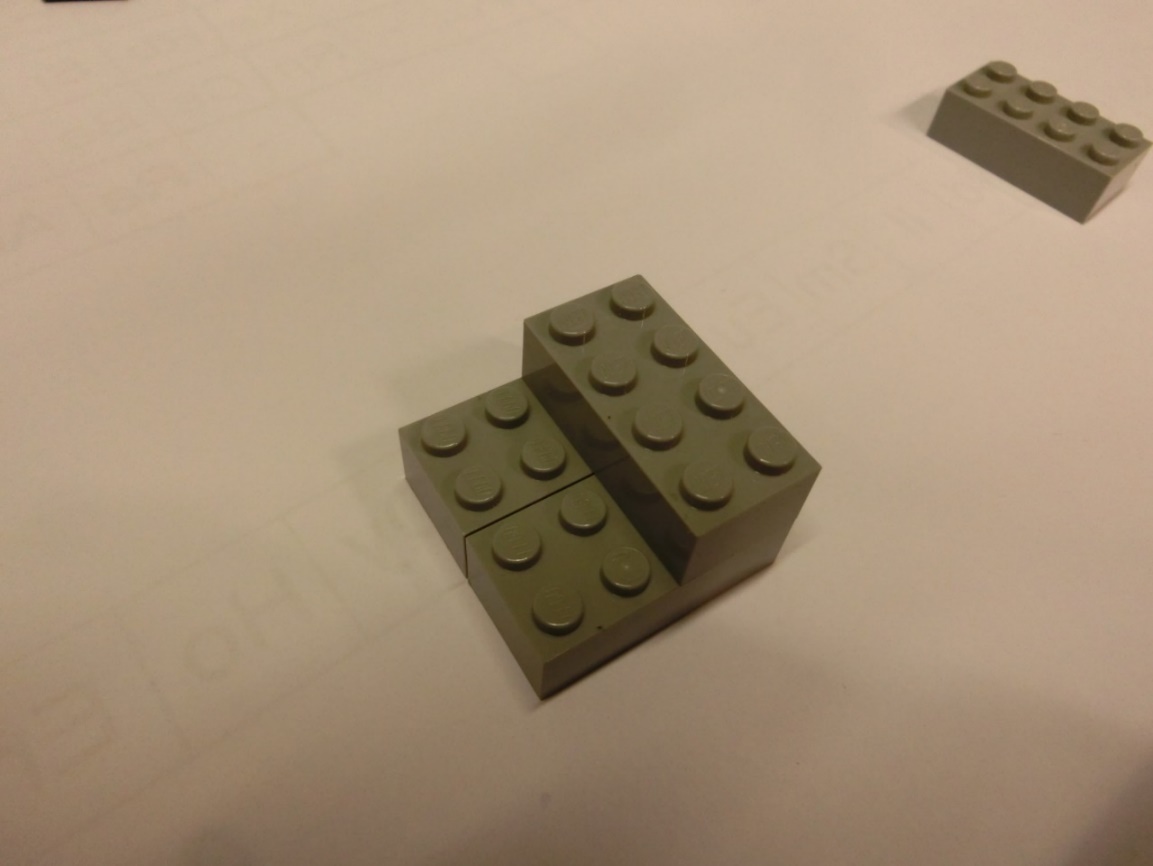


Abbildung 2 eine 90-Grad-Drehung zwischen den Schichten.

## Namensschilder

Um die Benutzerfreundlichkeit des Modells zu erhöhen, sollte man eine Möglichkeit haben, die einzelnen Elemente zu identifizieren. In meinem Modell habe ich mich dafür entschieden, Etiketten auf eine „Kachel” mit glatter Oberfläche zu kleben. Die Größe einer Kachel ist etwas größer als die Kästchen im Periodensystem der IUPAC ([https://iupac.org/wp-content/uploads/2018/12/IUPAC\_Periodic\_Table-01Dec18.pdf),](https://studntnu-my.sharepoint.com/personal/jonaspe_ntnu_no/Documents/IYPT/Lego%20Periodisk%20system/(https:/iupac.org/wp-content/uploads/2018/12/IUPAC_Periodic_Table-01Dec18.pdf)) das heruntergeladen und ausgedruckt werden kann. Es ist zu beachten, dass die Lanthaniden und Actiniden in der Tabelle schattiert sind, daher sollte man einen möglichst hellen Druck wählen, um die Schattierung zu minimieren.

Jedes Elementetikett wird ausgeschnitten und auf die Kacheln geklebt. Es kann sinnvoll sein, zwei Sätze auszudrucken, da die Etiketten leicht verloren gehen können.

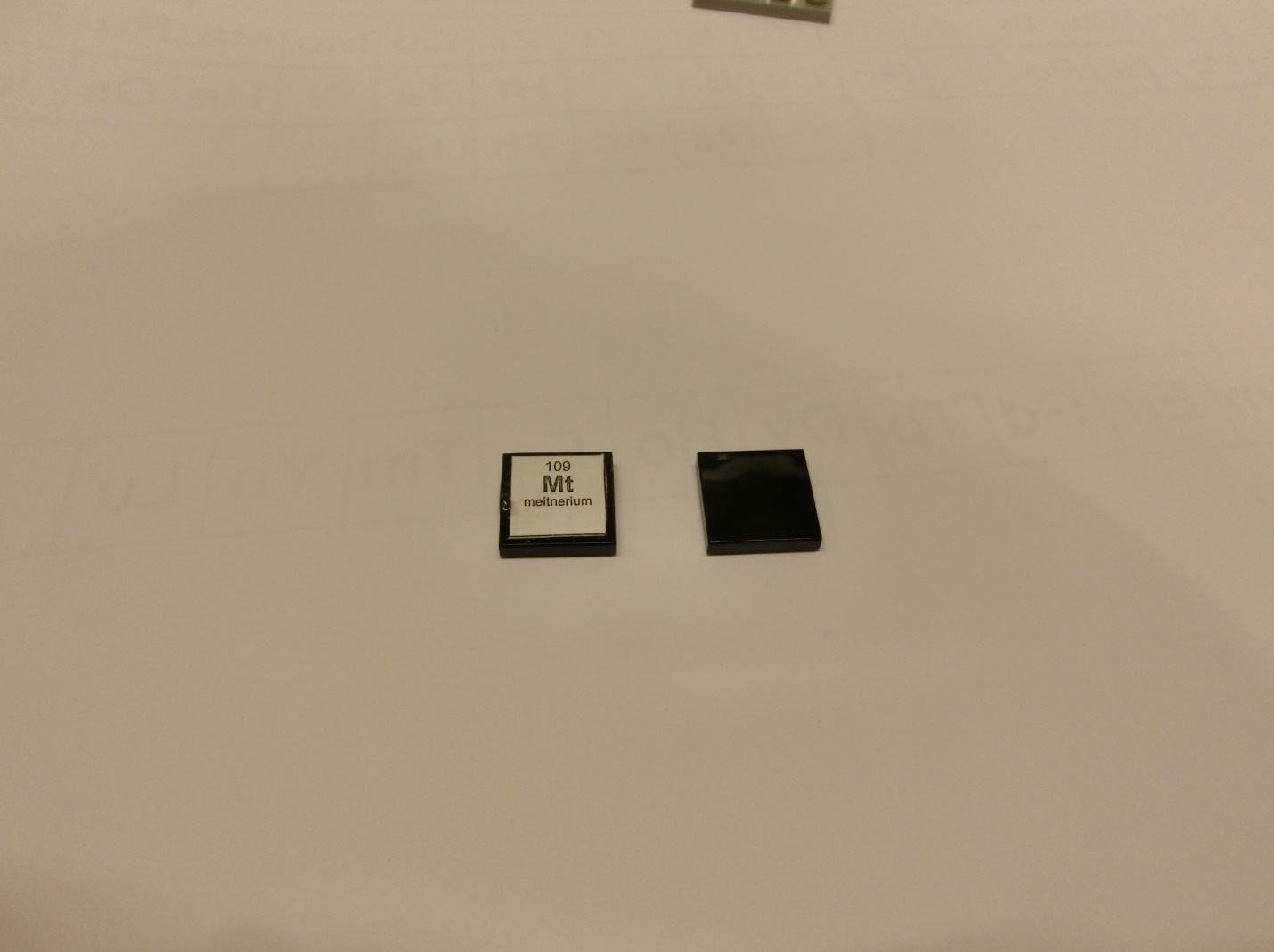


Abbildung 3 Kachel mit und ohne Namensschild.



Abbildung4 Periodensystem der IUPAC

## Grundplatte

Das gebaute System wird ziemlich groß sein, gemessen in LEGO-™ -Einheiten mindestens 72 Noppen, was bedeutet, dass Sie 2 graue Grundplatten (48 x 48, siehe Liste in Tabelle 1. LEGO™ verkauft 32 x 32 Grundplatten) verwenden müssen. Die Größe bietet viel Platz um das Modell herum auf den Platten. Man sollte planen, wo das Modell platziert werden soll**,** damit es so symmetrisch wie möglich ist. **In diesem Modell befindet sich der Startpunkt 12 Noppen innen und 4 Noppen unterhalb der oberen linken Ecke. Um den weiteren Aufbau zu erleichtern, kann man mit einem Bleistift skizzieren, wo die verschiedenen Elemente platziert werden sollen.**

## Elemente

In Modellen werden verschiedene Farben verwendet, um die Unterscheidung zwischen verschiedenen Elementen zu erleichtern und Elemente mit ähnlichen Eigenschaften darzustellen. Wir haben uns dafür entschieden, die Elemente auf diese Weise zu unterteilen und verschiedene Farben auszuwählen (siehe Tabelle 2). Dies ist nicht notwendig, aber ästhetisch ansprechender.

Da wir uns für einen Block von 30 Pikometern entschieden haben, beträgt die maximale Höhe etwa 10 Schichten LEGO-™ -Steine. Das bedeutet, dass das Modell insgesamt etwa 950 Steine enthalten wird. Da wir uns für verschiedene Farben entschieden haben, bedeutet dies in der Regel, dass Sie nicht über die erforderlichen LEGO-™ -Steine verfügen. Sie müssen diese Teile kaufen, was über LEGOs Pick-A-Brick auf deren Website möglich ist. Die empfohlenen Teile mit ID-Nummer und Farben sind in Tabelle 1 aufgeführt.

Tabelle 1 Übersicht über die LEGO-Teile, die für den Bau des Modells benötigt werden.

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| LEGO™ Element-ID |  |  |  | Farbe |
| Stein | # | Platte | # |  |
| 4165967 | 28 | 4537936 | 18 | Leuchtendes Gelbgrün |
| 4625629 | 28 | 4655256 | 8 | Mittleres Azurblau |
| 300121 | 74 | 302021 | 10 | Rot |
| 4153827 | 56 | 4158355 | 14 | Orange |
| 4211201 | 42 | 4211186 | 12 | Rotbraun |
| 300124 | 26 | 302024 | 12 | Gelb |
| 4211385 | 70 | 4211395 | 20 | Hellgrau |
| 4211085 | 318 | 4211065 | 62 | Dunkelgrau |
| 4260493 | 206 | 4586057 | 40 | Erdgrün |
| 4106356 | 0 | 302028 | 0 | Dunkelgrün |
| Grundplatte |  |  |  |  |
| 10701 | 2 |  |  | Grau |
| Kachel zum Markieren |  |  |  |  |
| 306826 | 86 |  |  | Schwarz |

Bitte beachten Sie, dass jeder Block etwa 0,22 € und Fliesen etwa 0,15 € kosten. Die Gesamtkosten belaufen sich also auf etwa€ 110.

Tabelle 2 zeigt, wie viele Schichten (bestehend aus zwei Teilen) für jedes Element benötigt werden. Die H- und Alkalimetalle sollten den Ausgangspunkt bilden und dann mit den anderen Elementen erweitert werden. **Wenn Sie alle Teile haben, dauert es etwa 4 Stunden, bis eine Person das Modell gebaut hat.**

Die Anordnung der Elemente kann grundsätzlich nach dem Periodensystem erfolgen, aber ich empfehle, mit Wasserstoff 8 bis 12 Noppen vom linken Rand und 4 Noppen vom oberen Rand entfernt zu beginnen.

Et bilde som inneholder tekst, innendørs

Beskrivelse som er generert med svært høy visshet

Abbildung5 Komplettes System.

Das von uns entworfene System ist für den Einsatz in der Schule vorgesehen, daher haben wir in der unteren linken Ecke eine Skala angebracht (1 Stein = 30 pm, 3 Steine + 1 Platte = 1 Å). Alle Elemente sind abnehmbar und können neben anderen Elementen oder der „Skala” platziert werden.

Tabelle 2 Farbcodierung der Elemente

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  | Farbe |
| 1 | Nichtmetalle | Hellgelbgrün | |
| 2 | Edelgase | Mittleres Azurblau | |
| 3 | Alkalimetalle | Rot | |
| 4 | Erdalkalimetalle | Orange | |
| 5 | Metalloide | Rotbraun | |
| 6 | Halogene | Gelb | |
| 7 | Post-Übergangsmetalle | Hellgrau | |
| 8 | Übergangsmetalle | Dunkelgrau | |
| 9 | Lanthaniden | Erdgrün | |
| 10 | Actiniden | Dunkelgrün | |

## Hinweise zum Bauen

Die obige Beschreibung gilt für eine einzelne Person, die das Modell mit der Absicht baut, ein fertiges Modell im Unterricht zu zeigen und zu verwenden, wie es im ursprünglichen Entwurf vorgesehen ist.

Es ist jedoch auch möglich, den Bau des Modells als didaktischen Ansatz zu nutzen. In diesem Fall muss die Aufgabe entsprechend vorbereitet werden. Es ist möglich, den Lernenden jeweils eine Reihe zufälliger „Elemente” zum Bauen zu geben und diese dann an ihren Platz zu setzen. Damit dies richtig funktioniert, sollte der Umriss des Periodensystems mit einem geeigneten Stift auf der Grundplatte markiert werden, sodass sowohl die Eigenschaften als auch die Position zu sehen sind. Alternativ kann den Lernenden eine bestimmte Gruppe zugewiesen werden, beispielsweise Alkalimetalle oder Halogene, die auf einer vorab markierten Grundplatte platziert werden können.

### Haftungsausschluss

Ich bin kein Mitarbeiter von LEGO™ und habe auch keine andere Verbindung zu diesem Unternehmen. Das Projekt wurde auch nicht von LEGO™ finanziert. LEGO™ ist eine eingetragene Marke und wird hier zur Veranschaulichung des Konzepts verwendet.

### Dank

An Linnea, die das Modell gebaut hat.

Tabelle 3 Anzahl der Schichten der Elemente nach Ordnungszahl.

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Z | Symbol | Radius (pm) | Farbe | Stein | Platte |
| 1 | H | 53 | 1 | **1** | **2** |
| 2 | Er | 31 | 2 | **1** | **0** |
| 3 | Li | 167 | 3 | **5** | **2** |
| 4 | Sei | 112 | 4 | **3** | **2** |
| 5 | B | 87 | 5 | **3** |  |
| 6 | C | 67 | 1 | **2** | **1** |
| 7 | N | 56 | 1 | **1** | **2** |
| 8 | O | 48 | 1 | **1** | **2** |
| 9 | F | 42 | 6 | **1** | **1** |
| 10 | Ne | 38 | 2 | **1** | **1** |
| 11 | Na | 190 | 3 | **6** | **1** |
| 12 | Mg | 145 | 4 | **4** | **2** |
| 13 | Al | 118 | 7 | **4** |  |
| 14 | Si | 111 | 5 | **3** | **2** |
| 15 | P | 98 | 1 | **3** | **1** |
| 16 | S | 88 | 1 | **3** |  |
| 17 | Cl | 79 | 6 | **2** | **2** |
| 18 | Ar | 71 | 2 | **2** | **1** |
| 19 | K | 243 | 3 | **8** |  |
| 20 | Ca | 194 | 4 | **6** | **1** |
| 21 | Sc | 184 | 8 | **6** |  |
| 22 | Ti | 176 | 8 | **5** | **2** |
| 23 | V | 171 | 8 | **5** | **2** |
| 24 | Cr | 166 | 8 | **5** | **2** |
| 25 | Mn | 161 | 8 | **5** | **1** |
| 26 | Fe | 156 | 8 | **5** | **1** |
| 27 | Co | 152 | 8 | **5** |  |
| 28 | Ni | 149 | 8 | **5** |  |
| 29 | Cu | 145 | 8 | **4** | **2** |
| 30 | Zn | 142 | 8 | **4** | **2** |
| 31 | Ga | 136 | 7 | **4** | **2** |
| 32 | Ge | 125 | 5 | **4** | **1** |
| 33 | Als | 114 | 5 | **3** | **2** |
| 34 | Se | 103 | 1 | **3** | **1** |
| 35 | Br | 94 | 6 | **3** |  |
| 36 | Kr | 88 | 2 | **3** |  |
| 37 | Rb | 265 | 3 | **8** | **2** |
| 38 | Sr | 219 | 4 | **7** | **1** |
| 39 | Y | 212 | 8 | **7** |  |
| 40 | Zr | 206 | 8 | **6** | **2** |
| 41 | Nb | 198 | 8 | **6** | **2** |
| 42 | Mo | 190 | 8 | **6** | **1** |
| 43 | Tc | 183 | 8 | **6** |  |
| 44 | Ru | 178 | 8 | **6** |  |
| 45 | Rh | 173 | 8 | **5** | **2** |
| 46 | Pd | 169 | 8 | **5** | **2** |
| 47 | Ag | 165 | 8 | **5** | **1** |
| 48 | Cd | 161 | 8 | **5** | **1** |
| 49 | In | 156 | 7 | **5** | **1** |
| 50 | Sn | 145 | 7 | **4** | **2** |
| 51 | Sb | 133 | 5 | **4** | **1** |
| 52 | Te | 123 | 5 | **4** |  |
| 53 | I | 115 | 6 | **3** | **2** |
| 54 | Xe | 108 | 2 | **3** | **2** |
| 55 | Cs | 298 | 3 | **10** |  |
| 56 | Ba | 253 | 4 | **8** | **1** |
| 57 | La | 195 | 9 | **6** | **2** |
| 58 | Ce | 158 | 9 | **5** | **1** |
| 59 | Pr | 247 | 9 | **8** | **1** |
| 60 | Nd | 206 | 9 | **7** |  |
| 61 | Pm | 205 | 9 | **6** | **2** |
| 62 | Sm | 238 | 9 | **8** |  |
| 63 | Eu | 231 | 9 | **7** | **2** |
| 64 | Gd | 233 | 9 | **7** | **2** |
| 65 | Tb | 225 | 9 | **7** | **1** |
| 66 | Dy | 228 | 9 | **7** | **2** |
| 67 | Ho | 226 | 9 | **7** | **2** |
| 68 | Er | 226 | 9 | **7** | **2** |
| 69 | Tm | 222 | 9 | **7** | **1** |
| 70 | Yb | 222 | 9 | **7** | **1** |
| 71 | Lu | 217 | 9 | **7** | **1** |
| 72 | Hf | 208 | 8 | **7** |  |
| 73 | Ta | 200 | 8 | **6** | **2** |
| 74 | W | 193 | 8 | **6** | **1** |
| 75 | Re | 188 | 8 | **6** | **1** |
| 76 | Os | 185 | 8 | **6** |  |
| 77 | Ir | 180 | 8 | **6** |  |
| 78 | Pt | 177 | 8 | **6** |  |
| 79 | Au | 174 | 8 | **5** | **2** |
| 80 | Hg | 171 | 8 | **5** | **2** |
| 81 | Tl | 156 | 7 | **5** | **1** |
| 82 | Pb | 154 | 7 | **5** |  |
| 83 | Bi | 143 | 7 | **4** | **2** |
| 84 | Po | 135 | 7 | **4** | **2** |
| 85 | Bei | 127 | 6 | **4** | **1** |
| 86 | Rn | 120 | 2 | **4** |  |

Tabelle 4 Anzahl der Schichten der Elemente nach Gruppe.

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Gruppe | Z | Symbol | Radius (pm) | Farbe | Stein | Platte |
| 1 | 1 | H | 53 | 1 | **1** | **2** |
|  | 3 | Li | 167 | 3 | **5** | **2** |
|  | 11 | Na | 190 | 3 | **6** | **1** |
|  | 19 | K | 243 | 3 | **8** |  |
|  | 37 | Rb | 265 | 3 | **8** | **2** |
|  | 55 | Cs | 298 | 3 | **10** |  |
| 2 | 4 | Sei | 112 | 4 | **3** | **2** |
|  | 12 | Mg | 145 | 4 | **4** | **2** |
|  | 20 | Ca | 194 | 4 | **6** | **1** |
|  | 38 | Sr | 219 | 4 | **7** | **1** |
|  | 56 | Ba | 253 | 4 | **8** | **1** |
| 3 | 21 | Sc | 184 | 8 | **6** |  |
|  | 39 | Y | 212 | 8 | **7** |  |
| 4 | 22 | Ti | 176 | 8 | **5** | **2** |
|  | 40 | Zr | 206 | 8 | **6** | **2** |
|  | 72 | Hf | 208 | 8 | **7** |  |
| 5 | 23 | V | 171 | 8 | **5** | **2** |
|  | 41 | Nb | 198 | 8 | **6** | **2** |
|  | 73 | Ta | 200 | 8 | **6** | **2** |
| 6 | 24 | Cr | 166 | 8 | **5** | **2** |
|  | 42 | Mo | 190 | 8 | **6** | **1** |
|  | 74 | W | 193 | 8 | **6** | **1** |
| 7 | 25 | Mn | 161 | 8 | **5** | **1** |
|  | 43 | Tc | 183 | 8 | **6** |  |
|  | 75 | Re | 188 | 8 | **6** | **1** |
| 8 | 26 | Fe | 156 | 8 | **5** | **1** |
|  | 44 | Ru | 178 | 8 | **6** |  |
|  | 76 | Os | 185 | 8 | **6** |  |
| 9 | 27 | Co | 152 | 8 | **5** |  |
|  | 45 | Rh | 173 | 8 | **5** | **2** |
|  | 77 | Ir | 180 | 8 | **6** |  |
| 10 | 28 | Ni | 149 | 8 | **5** |  |
|  | 46 | Pd | 169 | 8 | **5** | **2** |
|  | 78 | Pt | 177 | 8 | **6** |  |
| 11 | 29 | Cu | 145 | 8 | **4** | **2** |
|  | 47 | Ag | 165 | 8 | **5** | **1** |
|  | 79 | Au | 174 | 8 | **5** | **2** |
| 12 | 30 | Zn | 142 | 8 | **4** | **2** |
|  | 48 | Cd | 161 | 8 | **5** | **1** |
|  | 80 | Hg | 171 | 8 | **5** | **2** |
| 13 | 5 | B | 87 | 5 | **3** |  |
|  | 13 | Al | 118 | 7 | **4** |  |
|  | 31 | Ga | 136 | 7 | **4** | **2** |
|  | 49 | In | 156 | 7 | **5** | **1** |
|  | 81 | Tl | 156 | 7 | **5** | **1** |
| 14 | 6 | C | 67 | 1 | **2** | **1** |
|  | 14 | Si | 111 | 5 | **3** | **2** |
|  | 32 | Ge | 125 | 5 | **4** | **1** |
|  | 50 | Sn | 145 | 7 | **4** | **2** |
|  | 82 | Pb | 154 | 7 | **5** |  |
| 15 | 7 | N | 56 | 1 | **1** | **2** |
|  | 15 | P | 98 | 1 | **3** | **1** |
|  | 33 | Als | 114 | 5 | **3** | **2** |
|  | 51 | Sb | 133 | 5 | **4** | **1** |
|  | 83 | Bi | 143 | 7 | **4** | **2** |
| 16 | 8 | O | 48 | 1 | **1** | **2** |
|  | 16 | S | 88 | 1 | **3** |  |
|  | 34 | Se | 103 | 1 | **3** | **1** |
|  | 52 | Te | 123 | 5 | **4** |  |
|  | 84 | Po | 135 | 7 | **4** | **2** |
| 17 | 9 | F | 42 | 6 | **1** | **1** |
|  | 17 | Cl | 79 | 6 | **2** | **2** |
|  | 35 | Br | 94 | 6 | **3** |  |
|  | 53 | I | 115 | 6 | **3** | **2** |
|  | 85 | Bei | 127 | 6 | **4** | **1** |
| 18 | 10 | Ne | 38 | 2 | **1** | **1** |
|  | 18 | Ar | 71 | 2 | **2** | **1** |
|  | 36 | Kr | 88 | 2 | **3** |  |
|  | 54 | Xe | 108 | 2 | **3** | **2** |
|  | 86 | Rn | 120 | 2 | **4** |  |
|  |  |  |  |  |  |  |
| Lanthaniden | 57 | La | 195 | 9 | **6** | **2** |
|  | 58 | Ce | 158 | 9 | **5** | **1** |
|  | 59 | Pr | 247 | 9 | **8** | **1** |
|  | 60 | Nd | 206 | 9 | **7** |  |
|  | 61 | Pm | 205 | 9 | **6** | **2** |
|  | 62 | Sm | 238 | 9 | **8** |  |
|  | 63 | Eu | 231 | 9 | **7** | **2** |
|  | 64 | Gd | 233 | 9 | **7** | **2** |
|  | 65 | Tb | 225 | 9 | **7** | **1** |
|  | 66 | Dy | 228 | 9 | **7** | **2** |
|  | 67 | Ho | 226 | 9 | **7** | **2** |
|  | 68 | Er | 226 | 9 | **7** | **2** |
|  | 69 | Tm | 222 | 9 | **7** | **1** |
|  | 70 | Yb | 222 | 9 | **7** | **1** |
|  | 71 | Lu | 217 | 9 | **7** | **1** |