



## Einleitung

Flerovium ist das 114 chemische Element im Periodensystem der Elemente und gehört aufgrund der hohen Ordnungszahl zu den radioaktiven Elementen. Aufgrund der besonders hohen Protonenzahl ( $Z > 104$ ) spricht man hier auch von einem „superschweren Element“. [1] In der Natur kommen diese Elemente, Flerovium eingeschlossen, nicht vor. Das letzte natürlich vorkommende Element ist hier, aufgrund der langen Halbwertszeit, Plutonium.[2] Das stabilste Isotop, welches natürlich vorkommt, ist  $^{244}\text{Pu}$  mit einer Halbwertszeit von 80.000.000 Jahren.[3] Flerovium nimmt im Periodensystem der Elemente eine Sonderstellung unter den superschweren Elementen ein, da vermutet wird, dass bestimmte Isotope äußerst stabil, im Vergleich zu den umliegenden superschweren Elementen sind. Diese Vermutung wird als Insel der Stabilität bezeichnet.[2]

Im Folgenden soll ein Überblick über Flerovium gegeben werden, welcher die historischen Aspekte, Eigenschaften, sowie die Herstellung des Elements im Labor genauer beschreibt. Weiterhin soll die vermutete „Insel der Stabilität“ genauer untersucht werden.

## Historische Aspekte

Flerovium wurde erstmals 1998 erzeugt. Dabei wurde im Kernforschungszentrum Dubna, welches sich im Regierungsbezirk Moskau befindet, ein Plutonium-Target mit Kernen des Calcium Isotops  $^{48}\text{Ca}$  beschossen. Dabei konnte ein einziges Atom mit der Nukleonenzahl 289 und der Protonenzahl 114 beobachtet werden.[4]

An gleicher Stelle wurden im Jahr 1999 vom Forschungsteam der Lawrence Livermore National Laboratory neue Anstrengungen unternommen. Dazu wurde das Plutonium Isotop  $^{242}\text{Pu}$  mit verschiedenen Ca-Isotopen beschossen. Diesmal resultierten zwei Kerne der Nukleonenzahl 287 und der Protonenzahl 114.[3] Eine erneute Herstellung des Elements mit der Ordnungszahl 114 war gelungen.



Abbildung 1 - Russische Briefmarke mit Motiv Fljorow



Die Entdeckung des Elements 114 wurde von der IUPAC im Juni 2011 offiziell bestätigt. Dies kommt einer Aufnahme in das Periodensystem der Elemente gleich.[5] Dort erhielt es den vorläufigen Namen Ununquadium (Elementsymbol Uuq). Zu Ehren des russischen Nuklearphysikers Georgi Fljorow, wurde der am 01.12.2011 vorgeschlagene Name Flerovium, am 23.05.2012 von der IUPAC angenommen.[6] Der sowjetische Physiker hat bedeutsame Entdeckung der Kernphysik getätigt. Unter anderen entdeckte er die Protonenradioaktivität und das künstliche Element Rutherfordium. Außerdem half er bei der erstmaligen Synthese von Nobelium (Ordnungszahl 102) und Dubnium (Ordnungszahl 105).[7] Er war Leiter des Laboratoriums für Kernreaktionen am Kernforschungszentrum Dubna, worin später Flerovium erstmals synthetisiert werden konnte. Aufgrund seiner Erfolge und Fortschritte im Bereich der Kernphysik wurde das Element mit der Ordnungszahl 114 nach ihm benannt.

### Eigenschaften von Flerovium

Flerovium weist entsprechend seiner Ordnungszahl 114 Protonen im Atomkern auf. Die Elektronenkonfiguration, bezogen auf das vorangegangene Edelgas Radon, lautet



Die Bildung von zwei und vierwertigen Ionen erscheint, aufgrund dieser Konfiguration, sinnvoll.

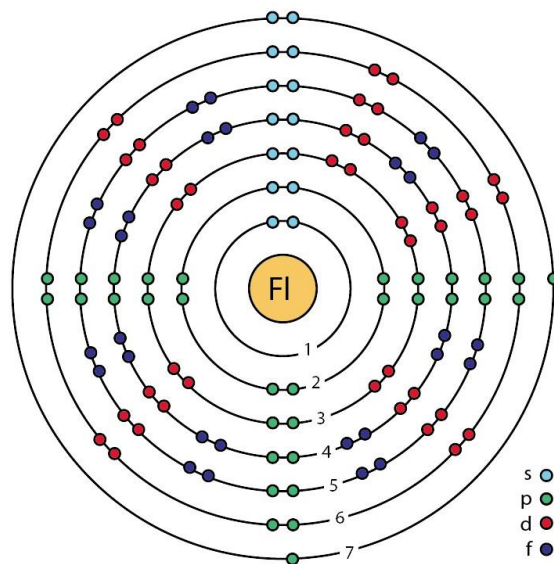


Abbildung 2 - Schalenmodell des Fleroviums

Im Periodensystem steht Flerovium in der 7. Periode und nimmt den letzten Platz in der 4. Hauptgruppe ein. Es gehört dementsprechend zur Kohlenstoffgruppe. Es handelt sich um ein



Metall.[1] Da das Flerovium bisher nur einige Male aufwendig durch Kernfusion hergestellt wurde und meist, trotz aller Mühen, nur ein Atom synthetisiert werden kann, sind weitere Eigenschaften noch nicht erforscht.

### Herstellung des Fleroviums

Alle bekannten Isotope des Fleroviums wurden durch den Beschuss verschiedener Plutonium- Isotope mit  $^{48}\text{Ca}$  synthetisiert. Dabei werden Milliarden Calcium-Atome auf das Plutonium mit einer sehr hohen Geschwindigkeit geschossen, um einzelne Flerovium-Atome zu gewinnen. Die gesamte Reaktion findet in einem Teilchenbeschleuniger statt. Teilchenbeschleuniger dienen zur Erforschung von Materie. Dabei wird Materie ebenfalls mit verschiedenen Elementen beschossen, um Eigenschaften oder Informationen daraus zu schöpfen.[8] Die Beschleunigung der Calcium-Atome erfolgt durch elektrische und magnetische Felder. Durch die Geschwindigkeit kann eine enorme Menge an Energie gewonnen werden, welche für den Aufprall der Atome auf das Plutonium von hoher Bedeutung ist. Diese hohe kinetische Energie erlaubt es, kurzzeitig das instabile Flerovium-Atom zu generieren.



Abbildung 3 - Teilchenbeschleuniger

### Magische Zahlen

Wie die Elektronen besitzen die Neutronen und Protonen ebenfalls besetzbare Schalen. Dabei gilt analog, wenn alle Schalen vollständig besetzt oder unbesetzt sind, ist diese Konfiguration stabil. Die Protonen- und Neutronenzahlen, bei denen eine vollständige Besetzung auftauchen, werden auch magisch Zahlen genannt. Ein Isotop gilt als doppelt magisch, wenn sowohl die Protonenzahl als auch die Neutronenzahl eine magische Zahl ist. Die Insel der Stabilität ist ein Postulat von Glenn Theodore Seaborg, welche besagt, dass es stabile Nuklide für hohe Ordnungszahlen gibt. Als Ursache davon bezeichnet er die Besonderheit und Stabilität beim Auftreten der magischen Zahl.

Tabelle 1 - Magischen Zahlen

|               |   |   |    |    |    |    |     |     |     |     |     |     |     |     |
|---------------|---|---|----|----|----|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Protonenzahl  | 2 | 8 | 20 |    | 50 | 82 | 114 | 126 | 164 |     |     |     |     |     |
| Neutronenzahl | 2 | 8 | 20 | 28 | 50 | 82 |     | 126 |     | 184 | 196 | 228 | 272 | 318 |



### Isotope des Fleroviums

Seit der Entdeckung des Fleroviums ist es gelungen, die Isotope 284 bis 289 durch Kernfusion von  $^{48}\text{Ca}$  mit Plutoniumatomen herzustellen, wobei alle Isotope Halbwertszeiten von wenigen Sekunden oder Sekundenbruchteilen hatten.[9] Alle diese Isotope sind Alpha-Strahler und zerfallen zu Isotopen des Coperniciums.[10]

Protonen- bzw. Neutronenzahlen, die die Schalen vollständig besetzen, werden magische Zahlen genannt und weisen auf hohe Stabilität hin.[11] Aufgrund der magischen Zahl 114 des  $^{289}\text{Fl}$  wurde eine längere Lebensdauer als 2,6s erwartet. Wegen der Zusammensetzung der Protonen- und Neutronenzahlen wird das noch nicht synthetisierte Isotop  $^{298}\text{Fl}$  als äußerst stabil erwartet.[2] Dies wird durch das Vorhandensein zweier magischer Zahlen verursacht. Solche Isotope werden doppelt magisch genannt. Aufgrund der auftretenden magischen Zahlen wird bei den Elementen höherer Ordnungszahlen eine Insel der Stabilität erwartet. Diese könnte zur Folge haben, dass superschwere und nicht natürlich vorkommende Elemente eine stabile Konfiguration, im Vergleich ähnlicher Elemente, aufweisen. Dieses stabile Isotop könnte eine Halbwertszeit von mehreren Minuten besitzen.

### Superschwere Elemente

Als superschwere Elemente werden Elemente bezeichnet, die aufgrund ihrer zahlreichen Protonen und Neutronen eine hohe Massenzahl aufweisen.[1] Einerseits zählen dazu die Transurane mit einer Ordnungszahl größer 92 (Ordnungszahl des Urans) und andererseits werden damit die Transactinoide bezeichnet, mit einer Ordnungszahl größer 103 (Ordnungszahl des Lawrenciums).[12] Eigehende Reaktionen der superschweren Elemente sowie spezifische Eigenschaften sind noch größtenteils unergründet, da die meisten Isotope relativ instabil sind. Zu den superschweren Elementen zählen neben Flerovium auch neu entdeckte Elemente wie Copernicium (Ordnungszahl 112), Nihonium (Ordnungszahl 113), Moscovium (Ordnungszahl 115) und Livermorium (Ordnungszahl 116). Im Folgenden sind Halbwertszeiten des jeweils stabilsten Isotops gelistet, um einen Vergleich zum Flerovium darzustellen.[11] Der Zerfall solch schwerer Elemente erfolgt durch die geringe Energie den Kern zu stabilisieren. Aufgrund dessen zerfallen die meisten superschweren Elemente bereits nach sehr kurzer Zeit in Elemente geringerer Ordnungszahlen und damit in stabilere Isotope.

Tabelle 2 – Zerfallszeiten der jeweils stabilsten Isotope einiger superschwerer Elemente

| Element-Name      | Ds<br>Darmstadtium | Rg<br>Roentgenium | Cn<br>Copernicium | Nh<br>Nihonium | Fl<br>Flerovium | Mc<br>Moscovium | Lv<br>Livermorium |
|-------------------|--------------------|-------------------|-------------------|----------------|-----------------|-----------------|-------------------|
| Ordnungszahl      | 110                | 111               | 112               | 113            | 114             | 115             | 116               |
| stabilstes Isotop | 282-Ds             | 182-Rg            | 285-Rg            | 285-Nh         | 289-Fl          | 189-Mc          | 193-Lv            |
| Lebensdauer       | 1,1 min            | 4 min             | 34 s              | 2 min          | 2,7 s           | 220 ms          | 53 ms             |



| Group →     | 1        | 2        | 3        | 4         | 5         | 6         | 7         | 8         | 9         | 10        | 11        | 12        | 13         | 14        | 15         | 16        | 17         | 18         |
|-------------|----------|----------|----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|------------|-----------|------------|-----------|------------|------------|
| ↓ Period    |          |          |          |           |           |           |           |           |           |           |           |           |            |           |            |           |            |            |
| 1           | 1<br>H   |          |          |           |           |           |           |           |           |           |           |           |            |           |            |           |            | 2<br>He    |
| 2           | 3<br>Li  | 4<br>Be  |          |           |           |           |           |           |           |           |           |           | 5<br>B     | 6<br>C    | 7<br>N     | 8<br>O    | 9<br>F     | 10<br>Ne   |
| 3           | 11<br>Na | 12<br>Mg |          |           |           |           |           |           |           |           |           |           | 13<br>Al   | 14<br>Si  | 15<br>P    | 16<br>S   | 17<br>Cl   | 18<br>Ar   |
| 4           | 19<br>K  | 20<br>Ca | 21<br>Sc | 22<br>Ti  | 23<br>V   | 24<br>Cr  | 25<br>Mn  | 26<br>Fe  | 27<br>Co  | 28<br>Ni  | 29<br>Cu  | 30<br>Zn  | 31<br>Ga   | 32<br>Ge  | 33<br>As   | 34<br>Se  | 35<br>Br   | 36<br>Kr   |
| 5           | 37<br>Rb | 38<br>Sr | 39<br>Y  | 40<br>Zr  | 41<br>Nb  | 42<br>Mo  | 43<br>Tc  | 44<br>Ru  | 45<br>Rh  | 46<br>Pd  | 47<br>Ag  | 48<br>Cd  | 49<br>In   | 50<br>Sn  | 51<br>Sb   | 52<br>Te  | 53<br>I    | 54<br>Xe   |
| 6           | 55<br>Cs | 56<br>Ba |          | 72<br>Hf  | 73<br>Ta  | 74<br>W   | 75<br>Re  | 76<br>Os  | 77<br>Ir  | 78<br>Pt  | 79<br>Au  | 80<br>Hg  | 81<br>Tl   | 82<br>Pb  | 83<br>Bi   | 84<br>Po  | 85<br>At   | 86<br>Rn   |
| 7           | 87<br>Fr | 88<br>Ra |          | 104<br>Rf | 105<br>Db | 106<br>Sg | 107<br>Bh | 108<br>Hs | 109<br>Mt | 110<br>Ds | 111<br>Rg | 112<br>Cn | 113<br>Uut | 114<br>Fl | 115<br>Uup | 116<br>Lv | 117<br>Uus | 118<br>Uuo |
| Lanthanides | 57<br>La | 58<br>Ce | 59<br>Pr | 60<br>Nd  | 61<br>Pm  | 62<br>Sm  | 63<br>Eu  | 64<br>Gd  | 65<br>Tb  | 66<br>Dy  | 67<br>Ho  | 68<br>Er  | 69<br>Tm   | 70<br>Yb  | 71<br>Lu   |           |            |            |
| Actinides   | 89<br>Ac | 90<br>Th | 91<br>Pa | 92<br>U   | 93<br>Np  | 94<br>Pu  | 95<br>Am  | 96<br>Cm  | 97<br>Bk  | 98<br>Cf  | 99<br>Es  | 100<br>Fm | 101<br>Md  | 102<br>No | 103<br>Lr  |           |            |            |

Abbildung 4 - Periodensystem der Elemente

## Ausblicke

Die folgenden Aspekte sind Ausblicke im Forschungsgebiet der superschweren Elemente. Sie äußern Vermutungen, welche jedoch noch nicht belegt werden konnten.

Das Gebiet der superschweren Elemente sowie im Speziellen das Flerovium sollen weiterhin erforscht werden. Dabei soll vor allem das Isotop  $^{298}\text{Fl}$  synthetisiert und untersucht werden. Möglicherweise kann somit die Insel der Stabilität aufgrund des Vorkommens der doppelt magischen Zahlen belegt werden.[1][11] Des Weiteren können durch stabilere Isotope des Fleroviums die physikalischen sowie chemischen Eigenschaften analysiert werden.

Weiterhin soll dazu nachgewiesen werden, ob Flerovium einen bleiähnlichen Schwermetallcharakter oder eher einen Edelgascharakter annimmt.[13] Dieses soll mit Hilfe eines Goldkanals nachgewiesen werden. Dazu soll festgestellt werden, ob das Flerovium-Atom sich bereits zu Beginn an die Goldatome bindet und zerfällt oder bis an das Ende des Goldkanals gelangen kann. Am Ende soll dieser stark abgekühlt werden, sodass sehr geringe Bindungskräfte ausreichen, woraufhin sich das Edelgas an der Oberfläche abscheiden kann. Um dies nachzuweisen müsste jedoch das Flerovium-Isotop eine Halbwertszeit haben, um die Synthese selbst sowie den Beschuss durch den Goldkanal bestehen zu können.[13]





## Literaturverzeichnis

- [1]: Yakushev, A. et al.(2014). *Superheavy Element Flerovium (Element 114) Is a Volatile Metal.. Inorganic Chemistry* 53 (3), 1624-1629 DOI: 10.1021/ic4026766
- [2]: Schwerdtfeger, Peter (2013). *One flerovium atom at a time.* In: *Nature Chemistry* 5, 636 (2013) DOI: 10.1038/nchem.1688
- [3] <https://www.chemie.de/lexikon/Plutonium.html> (Zugriff: 03.05.2019, 9:31)
- [4]: <http://www.periodensystem-online.de/index.php?id=history&el=114> (Zugriff: 21.01.2019, 13:32 Uhr)
- [5]: Robert C. Barber, Paul J. Karol, Hiromichi Nakahara, Emanuele Vardaci, Erich W. Vogt: *Discovery of the elements with atomic numbers greater than or equal to 113 (IUPAC Technical Report)*. In: *Pure and Applied Chemistry*. Band 83, Nr. 7, 2011, S. 1485–1498, [doi:10.1351/PAC-REP-10-05-01](https://doi.org/10.1351/PAC-REP-10-05-01)
- [6]: Robert D. Loss, John Corish: *Names and symbols of the elements with atomic numbers 114 and 116 (IUPAC Recommendations 2012)*. In: *Pure and Applied Chemistry*. Band 84, Nr. 7, 2012, S. 1669–1672, [doi:10.1351/PAC-REC-11-12-03](https://doi.org/10.1351/PAC-REC-11-12-03)
- [7] <https://deacademic.com/dic.nsf/dewiki/2359710> (Zugriff: 06.05.2019, 17:20)
- [8] <https://www.leifiphysik.de/elektrizitaetslehre/bewegte-ladungen-feldern/ausblick/teilchen-beschleuniger> (Zugriff: 08.05.2019, 16:11)
- [9]: <http://www.periodensystem-online.de/index.php?id=&el=114> (Zugriff: 25.01.2019, 14:06)
- [10]: <http://www.periodensystem-online.de/index.php?id=lists&form=Nuklide&action=list> (Zugriff: 21.01.2019, 17:29 Uhr)
- [11]: B. Povh, K. Rith, C. Scholz, F. Zetsche, W. Rodejohann: *Teilchen und Kerne: Eine Einführung in die physikalischen Konzepte*. 9. Auflage, Springer, 2014
- [12]: <https://www.physi.uni-heidelberg.de/~nberger/teaching/ss14/precision/Superschwere-Elemente.pdf> (Zugriff: 26.01.2019, 10:31)
- [13]: <https://www.weltderphysik.de/gebiet/teilchen/hadronen-und-kernphysik/elemententstehung-und-erzeugung/die-erzeugung-superschwerer-elemente/>, Lisa Leander (03.09.2015)

## Abbildungsverzeichnis

Abb.1: Russische Briefmarke mit Motiv Fljerow: <https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/7/76/RUSMARKA-1660.jpg>

Abb.2: Schalenmodell des Fleroviums: [https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/c/c3/114\\_flerovium\\_%28Fl%29\\_enhanced\\_Bohr\\_model.png](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/c/c3/114_flerovium_%28Fl%29_enhanced_Bohr_model.png)

Abb.3: <https://pixabay.com/de/photos/teilchenbeschleuniger-gsi-1903642/>

Abb.4: <https://pixabay.com/de/illustrations/periodensystem-chemie-wissenschaft-1059755/>