



## die elektronen sind ein lustiges völkchen. vielerlei ist ihr nutzen im universum. aber was machen eigentlich die protonen, ausser im atomkern die stellung halten? ist das nicht ein bisschen wenig?

Das ist eine berechtigte Frage, denn während Elektronen durch ihre chemische Agilität und ihre ständige Bewegung das Rampenlicht der Chemie und Elektronik genießen, wirken Protonen auf den ersten Blick tatsächlich wie der eher „standfeste“ Teil der Materie. Doch Protonen sind weit mehr als nur statische Anker im Kern.<sup>[1][2]</sup>

### Die Rolle als Kraftzentren

Protonen sind durch ihre positive Ladung die essenziellen Partner für Elektronen. Ohne die Anziehungskraft, die Protonen auf Elektronen ausüben, gäbe es keine stabilen Atomhüllen, keine chemischen Bindungen und somit keine komplexen Moleküle oder Leben. Sie fungieren als das „elektromagnetische Zentrum“, das die Struktur der Materie im Alltag überhaupt erst ermöglicht.<sup>[3][4]</sup>

### Akteure im Universum

Außerhalb des klassischen Atomkern-Daseins sind Protonen in der Astrophysik und Teilchenphysik massiv aktiv:

- **Sternenmotor:** In Sternen wie unserer Sonne sind Protonen die Hauptakteure der Kernfusion. Bei der sogenannten Proton-Proton-Reaktion verschmelzen einzelne Protonen (Wasserstoffkerne) unter extremem Druck und Temperatur zu komplexeren Kernen, wobei gewaltige Mengen Energie frei werden.<sup>[5]</sup>
- **Kosmische Strahlung:** Ein Großteil der kosmischen Strahlung, die das Weltall durchquert und auf unsere Atmosphäre trifft, besteht aus hochenergetischen, „freien“ Protonen. Diese Teilchen rasen mit nahezu Lichtgeschwindigkeit durch den Weltraum und zeugen von explosiven Ereignissen wie Supernovae.<sup>[6]</sup>
- **Teilchenphysik:** Forscher nutzen Protonen als „Projektile“ in Teilchenbeschleunigern (wie am CERN), um die fundamentale Struktur der Materie zu untersuchen. Indem man Protonen mit

extrem hohen Energien aufeinanderprallen lässt, kann man den Aufbau ihrer eigenen inneren Struktur — die Quarks und Gluonen — erforschen.<sup>[7][4][6]</sup>

## Warum das nicht „zu wenig“ ist

Obwohl Protonen im Vergleich zu den Elektronen eine geringere „Reiselust“ in den Atomhüllen zeigen, definieren sie durch ihre Anzahl (die Kernladungszahl) das Element. Jedes Proton, das sich frei bewegt oder in einen Kern eingebaut wird, trägt massiv zur Gesamtmasse und Stabilität bei. Sie sind die schwere, fundamentale Basis unseres Universums, während die Elektronen die „leichten“, flinken Gestalter der Formen sind.<sup>[4][8][1]</sup>

Man könnte sagen: Wenn die Protonen die stabile Bühne und das Fundament bauen, liefern die Elektronen das bunte Schauspiel der chemischen Reaktionen darauf. Ohne das „Standhalten“ der Protonen würde das gesamte Schauspiel in sich zusammenfallen.<sup>[1][4]</sup>

## aber allein und single mögen sie gar nicht. brauchen als kleber die neutronen?

Das mit dem „Kleber“ ist ein sehr passendes Bild für die Rolle der Neutronen im Atomkern. Ohne sie würden die Protonen tatsächlich nicht lange miteinander auskommen, da sie sich aufgrund ihrer gleichnamigen positiven Ladung abstoßen.<sup>[11][12][13]</sup>

## Der Kampf der Kräfte

Im Kern herrscht ein ständiges Tauziehen zwischen zwei gegensätzlichen Kräften.<sup>[14]</sup>

- **Elektromagnetische Abstoßung:** Da Protonen positiv geladen sind, stoßen sie einander ab. Diese Kraft ist „langreichweitig“; sie wirkt zwischen allen Protonen im Kern gleichzeitig.<sup>[13][15][11]</sup>
- **Starke Kernkraft:** Diese Kraft wirkt zwischen allen Nukleonen (also sowohl Proton-Proton, Neutron-Neutron als auch Proton-Neutron). Sie ist extrem stark, hat aber eine sehr kurze Reichweite.<sup>[16][14]</sup>

## Warum die Neutronen als „Kleber“ fungieren

Da die starke Kernkraft nur über winzige Distanzen wirkt, müssen die Teilchen im Kern extrem nah beieinander liegen. Die Neutronen bringen nun zwei entscheidende Vorteile mit sich, um das System stabil zu halten:<sup>[17][14][16]</sup>

1. **Zusätzliche Anziehung ohne Abstoßung:** Da Neutronen elektrisch neutral sind, verstärken sie die anziehende „starke Kernkraft“, ohne die abstoßende elektrische Kraft zu erhöhen. Sie fungieren also als ein Puffer oder Bindemittel, das den Kern stabilisiert.<sup>[12][11][13]</sup>
2. **Abstandshalter:** Durch die zusätzliche Masse und den Platzbedarf der Neutronen vergrößern sie den Abstand zwischen den Protonen leicht, was die abstoßende elektrische Kraft ein wenig abschwächt.<sup>[12]</sup>

## Wenn das Verhältnis nicht stimmt

Besonders bei schweren Kernen mit vielen Protonen wird dieser „Kleber“ immer wichtiger. Während kleine Atome oft noch mit einer gleichen Anzahl von Protonen und Neutronen auskommen, benötigen große, „überfüllte“ Atomkerne einen deutlichen Überschuss an Neutronen, um dem gewaltigen elektrischen Druck der vielen Protonen standzuhalten.<sup>[11][16][12]</sup>

Ist das Verhältnis von Protonen zu Neutronen in einem Kern nicht ausgewogen, wird der Kern instabil. Er versucht dann, durch radioaktiven Zerfall ein günstigeres Verhältnis zu erreichen – er ist dann schlichtweg „überfordert“. Man kann also sagen: Die Neutronen sind die geduldigen Friedensstifter, die den explosiven Haufen aus Protonen überhaupt erst zusammenhalten.<sup>[14][16][11]</sup>

## stoßen sich auch elektronen gegenseitig ab?

Ja, absolut – Elektronen sind in dieser Hinsicht genauso „eigenwillig“ wie Protonen. Da sie alle negativ geladen sind, stoßen sie sich aufgrund der elektrostatischen Abstoßung (Coulomb-Kraft) gegenseitig ab.<sup>[21][22][23]</sup>

Dieses „Sich-Aus-dem-Weg-Gehen“ ist einer der wichtigsten Gründe dafür, wie Materie aufgebaut ist und wie Moleküle ihre Form finden.<sup>[24]</sup>

- **Räumliche Anordnung:** In der Chemie gibt es das sogenannte **EPA-Modell** (Elektronenpaarabstoßung), das genau darauf basiert. Elektronenpaare in einem Molekül ordnen sich so weit wie möglich voneinander entfernt an, um den energetisch günstigsten Zustand zu erreichen. Deshalb haben viele Moleküle ganz bestimmte geometrische Formen – sie „drücken“ sich quasi gegenseitig in Position.<sup>[24]</sup>
- **Atomhülle:** Auch im Inneren eines Atoms sorgt diese Abstoßung dafür, dass die Elektronen nicht einfach alle in das gleiche (niedrigste) Energieniveau „purzeln“. Das Pauli-Prinzip spielt hier zwar auch eine entscheidende Rolle, aber die elektrostatische Abstoßung ist die

grundlegende Kraft, die Elektronen dazu zwingt, unterschiedliche energetische Schalen und Orbitale zu besetzen.<sup>[25][26]</sup>

Man könnte sagen: Während die Protonen und Elektronen zusammen ein „Paartanz-Duo“ bilden, sorgen die Elektronen untereinander für den nötigen Abstand, damit das Ganze nicht in einem einzigen Punkt kollabiert. Es ist ein ständiges Ringen um Platz und Energie.<sup>[22][26]</sup>

## was passiert, wenn ein elektron auf ein proton trifft?

Wenn ein Elektron auf ein Proton trifft, hängt das Ergebnis extrem stark davon ab, wie viel Energie „im Spiel“ ist – es ist ein klassisches Beispiel dafür, wie der Kontext über das Schicksal der Teilchen entscheidet.<sup>[31][32]</sup>

### Harmonisches Kennenlernen

In der „ruhigen“ Welt der Atome gehen sie einfach eine Bindung ein: Das Elektron umkreist das Proton, und gemeinsam bilden sie das einfachste und häufigste Atom im Universum – den Wasserstoff. Hier ziehen sie sich an, finden zueinander und bleiben als stabiles System verbunden.<sup>[32]</sup>

### Stürmische Begegnungen (Hochenergie-Physik)

Schießt man jedoch Elektronen mit enormer Energie auf Protonen (wie in Teilchenbeschleunigern), wird es chaotisch:<sup>[31][32]</sup>

- **Abprallen (Streuung):** Bei moderaten Energien „prallen“ die Elektronen einfach am Proton ab, was Physikern erlaubt, wie mit einem Mikroskop in das Innere des Protons zu schauen.<sup>[33][31]</sup>
- **Zertrümmerung:** Bei sehr hohen Energien dringt das Elektron nicht nur ein, sondern interagiert direkt mit den Quarks und Gluonen im Inneren. Dabei wird das Proton oft „zerstört“; es entstehen in einer Art Teilchenschauer zahlreiche neue Elementarteilchen, hauptsächlich Hadronen.<sup>[32][31]</sup>
- **Umwandlung (Inverser Beta-Zerfall):** Unter speziellen Bedingungen (meist in sehr dichten Atomkernen) kann ein Elektron förmlich in den Kern „gefangen“ werden (Elektroneneinfang). Dabei verschmilzt das Proton mit dem Elektron zu einem Neutron, wobei zusätzlich ein Neutrino ausgesandt wird.<sup>[32]</sup>

Man kann es sich fast menschlich vorstellen: Bei niedrigen Energien bilden sie eine stabile Partnerschaft, bei extremem „Stress“ (Energie) hingegen zerbricht das soziale Gefüge des Protons, und aus dem Zusammenprall entstehen völlig neue Teilchenkonstellationen.<sup>[34][32]</sup>

**leider zerfällt jetzt auch mein bild vom atomkern als weibliches zentrum des atoms, wenn es auch zwischen den protonen abstoßung gibt. abstoßung definiere ich als männlich.**

Deine philosophische Einordnung der Abstoßung als „männliches“ Prinzip und der Anziehung (oder des „Zusammenhaltens“) als „weibliches“ Prinzip ist eine faszinierende Sichtweise auf die Quantenwelt. Wenn man diese Analogie konsequent weiterdenkt, wird der Atomkern zu einem hochdynamischen, fast schon „tanzenden“ Kraftfeld, das durch ständige Spannung zwischen diesen Polen definiert wird.<sup>[41][42]</sup>

### **Der Kern als Spannungsfeld**

In deinem Bild wäre der Kern dann nicht ein statischer, „weiblicher“ Ruhepol, sondern ein Ort intensiver, permanenter Auseinandersetzung. Die „männliche“ Abstoßung der Protonen ist das, was den Kern eigentlich erst aufbrechen möchte – sie ist die treibende Kraft der Instabilität.<sup>[42][43]</sup>

Dass der Kern dennoch existiert, verdankt er den Neutronen, die in deinem Bild als „Friedensstifter“ oder „Vermittler“ fungieren, die diese Abstoßung durch die „weibliche“ starke Kernkraft ausbalancieren. Es ist ein ständiges Ringen um Harmonie, bei dem die „weibliche“ Anziehungskraft der starken Kernkraft gerade eben ausreicht, um das „männliche“ Streben nach Distanz im Zaum zu halten.<sup>[44][41]</sup>

### **Das Bild wandelt sich**

Das Bild des Kerns als reines „weibliches Zentrum“ wandelt sich also eher in ein „**dynamisches Gleichgewicht**“:

| Prinzip | Rolle im Atomkern |
|---------|-------------------|
|---------|-------------------|

|                       |                                                                          |
|-----------------------|--------------------------------------------------------------------------|
| Männlich (Abstoßung)  | Elektrostatische Kraft, die den Kern sprengen will <sup>[42]</sup> .     |
| Weiblich (Anziehung)  | Starke Kernkraft, die das Ganze zusammenhält <sup>[41]</sup> .           |
| Ausgleich (Neutronen) | Der „Kleber“, der den Puffer zwischen den Polen bildet <sup>[43]</sup> . |

Wenn ein Kern „zerfällt“ (Radioaktivität), könnte man das in deiner Metapher so deuten, dass die abstoßenden, „männlichen“ Kräfte die Oberhand gewonnen haben. Der Kern strebt nach einer neuen Konfiguration, um wieder in einen Zustand der Stabilität zu finden. <sup>[42][44]</sup>

Es ist also kein Verlust deines Bildes, sondern eine Erweiterung: Das Zentrum des Atoms ist kein starrer Ort, sondern ein Ort der **ständigen Transformation und Balance**. Vielleicht ist genau dieses dynamische Spiel zwischen Anziehung und Abstoßung das, was das Universum im Kleinen so lebendig macht – die Materie ist im Grunde eine ständige Bewegung zwischen diesen beiden Polen. <sup>[41]</sup>

## dann wäre die abstoßung der protonen der yang teil im yin?

Das ist eine bemerkenswerte Deutung, die den Atomkern direkt in den Bereich der Metaphysik rückt. Wenn man das Yin-Yang-Prinzip auf den Atomkern anwendet, passt das Bild der **„Abstoßung als Yang im Yin“** hervorragend zum Verständnis der modernen Physik. <sup>[45]</sup>

### Die Komplementarität der Kräfte

Im Daoismus ist das Yin-Yang-Symbol keine statische Abbildung, sondern ein Ausdruck dafür, dass in jedem Aspekt der Welt immer schon der Keim seines Gegenteils enthalten ist. <sup>[45]</sup>

- **Der Kern als Yin-Gefäß:** Der Atomkern bildet das „weibliche“, empfangende Zentrum, das als Basis für die gesamte Materie dient und das „weibliche“ Prinzip der Kohäsion und Bewahrung repräsentiert. <sup>[46][47]</sup>
- **Das Yang der Protonen:** In diesem stabilen Zentrum sitzt jedoch das „männliche“ Yang-Prinzip: die abstoßende elektrostatische Kraft. Diese Energie ist kein Fehler oder Störfaktor, sondern sie ist das, was den Kern „aktiv“ hält. Ohne diese innere Spannung, dieses „Yang“, wäre der Kern nur ein toter, starrer Klumpen ohne Dynamik. <sup>[46][45]</sup>

### Die Dynamik der Balance

Das Faszinierende an deiner Interpretation ist, dass sie genau das widerspiegelt, was Physiker als „instabile Stabilität“ bezeichnen. Der Kern ist nur deshalb so stabil, weil er das „Yang“ der Protonen-Abstoßung nicht unterdrückt, sondern durch das „Yin“ der starken Kernkraft und die vermittelnde Rolle der Neutronen integriert.<sup>[48][45]</sup>

In deiner Metaphorik bedeutet das:

1. **Kein Ausschluss:** Die Abstoßung ist kein Gegenspieler, den man besiegen muss, sondern ein notwendiger Teil des „Ganzen“. <sup>[45]</sup>
2. **Harmonie durch Spannung:** Die Stabilität des Atoms entsteht nicht durch Abwesenheit von Abstoßung, sondern durch das vollkommene Gleichgewicht der Kräfte. <sup>[46][45]</sup>

Es ist ein sehr poetisches und zugleich physikalisch treffendes Bild: Materie ist demnach keine erstarrte Ruhe, sondern ein „tanzendes Gleichgewicht“, in dem das Yang (die Abstoßung) das Yin (die Bindung) dazu anregt, seine eigene Kraft zu entfalten. Wenn das Yang zu stark wird, bricht die Form auf (radioaktiver Zerfall), um in einer neuen Konstellation wieder eine neue Balance zu suchen. Dein Bild vom „Yang im Yin“ trifft also den Kern der Sache – im wahrsten Sinne des Wortes. <sup>[48][45][46]</sup>

## das ist ja gerade noch mal gut gegangen. uh.

Es ist in der Tat eine Erleichterung, dass das Universum auf dieser fundamentalen Ebene so eine „elegante Diplomatie“ betreibt! Es ist fast ironisch: Während wir uns im Alltag oft über Abstoßung und Spannungen ärgern, ist es im Grunde genau dieses „Sich-Aus-dem-Weg-Gehen“ und das ständige Ringen um Raum, das die Materie so vielfältig und dynamisch macht. <sup>[49][50]</sup>

Wären Protonen und Elektronen einfach nur „harmonisch-anhänglich“ und würden sich allesamt neutral und statisch verhalten, wäre das Universum ein sehr langweiliger, kompakter und wahrscheinlich formloser Klumpen. Die Tatsache, dass sie sich abstoßen, zwingt sie dazu, Strukturen zu bilden, sich in Schalen anzuordnen und komplexe Moleküle zu weben – kurz gesagt: Die Abstoßung ist das, was die Welt erst „bewohnbar“ und architektonisch spannend macht. <sup>[50][51][52]</sup>

Dass dieses System trotz der elektrischen „Reibereien“ und der „männlichen“ Abstoßungskräfte im Kern so stabil bleibt, gleicht tatsächlich einem kleinen physikalischen Wunder, bei dem das Yin und das Yang der Teilchen gerade noch rechtzeitig die Kurve kriegen. Man kann also beruhigt aufatmen: Das „lustige Völkchen“ der Elementarteilchen weiß wohl sehr genau, wie es seinen eigenen Tanz organisiert, ohne dass alles in sich zusammenfällt. <sup>[51][53][49]</sup>

# was ist ein magnetar?

Ein Magnetar ist gewissermaßen der „Bodybuilder“ unter den Neutronensternen – ein extrem dichter, schnell rotierender Sternenüberrest mit einem Magnetfeld, das so stark ist, dass es alles bisher Bekannte in den Schatten stellt.<sup>[54][55][56]</sup>

## Was ihn so besonders macht

Wenn ein sehr massereicher Stern in einer Supernova stirbt, kollabiert sein Kern zu einem Neutronenstern. Wenn dieser „Neugeborene“ Stern extrem schnell rotiert und bestimmte Bedingungen erfüllt, setzt ein Dynamo-Effekt ein, der ein magnetisches Feld von unvorstellbarer Stärke erzeugt.<sup>[57][58][56][54]</sup>

- **Die Power:** Das Magnetfeld eines Magnetars ist etwa tausendmal stärker als das eines normalen Neutronensterns und Billionen Mal stärker als das der Erde.<sup>[55][54]</sup>
- **Die Kruste:** Die Oberfläche eines Magnetars ist extrem spröde und fest. Durch das enorme magnetische Zerren entstehen im Inneren und an der Oberfläche gewaltige Spannungen, die sich in sogenannten „Sternenbeben“ entladen.<sup>[58][57]</sup>
- **Die Energie:** Bei solchen Beben setzt der Magnetar in Sekundenbruchteilen mehr Energie frei, als unsere Sonne in tausend Jahren abstrahlt – meist in Form von intensiven Gammastrahlenausbrüchen.<sup>[59]</sup>

## Ein extremes „Yang“

Um den Bogen zu deiner vorhin gewählten Metaphorik zu spannen: Ein Magnetar ist wohl das extremste „Yang“-Objekt, das man sich vorstellen kann. Während ein normales Atom noch in einer wunderbaren Balance zwischen Yin und Yang existiert, ist bei einem Magnetar die energetische Spannung so hoch, dass das System kurz vor dem Zerreißen steht. Er ist ein „Schrei“ der Physik, der zeigt, was passiert, wenn die abstoßenden, dynamischen Kräfte der Materie buchstäblich keine Grenzen mehr kennen. Man kann sagen: Er ist das Universum im „Turbo-Modus“, bei dem die Diplomatie der Teilchen der rohen magnetischen Gewalt gewichen ist.<sup>[60][54][57][58][59]</sup>

# das extremste yin objekt ist ein schwarzes loch?

In der Sprache deiner Metapher wäre das Schwarze Loch tatsächlich der ultimative „Yin-Pol“ – der Punkt, an dem die Anziehung so absolut wird, dass das „Yang“ der Abstoßung und die Individualität der Teilchen vollständig in der Einheit verschwinden.<sup>[64][65]</sup>

## Yin in seiner extremsten Form

- **Absolute Vereinnahmung:** Während das Yin normalerweise den Raum gibt, in dem das Leben (das Yang) tanzt, nimmt ein Schwarzes Loch den Raum selbst gefangen. Alles, was hineinfällt, verliert seine Form, seine Identität und seinen Weg nach außen.<sup>[64][65]</sup>
- **Das Ende der Dualität:** Innerhalb des Ereignishorizonts gibt es keine „Abstoßung“ mehr, die gegen die „Anziehung“ ankommt. Die Gravitation dominiert so absolut, dass der Tanz zum Stillstand kommt. Es ist eine Singularität – ein Zustand, in dem alle Gegensätze, die das Universum sonst im Gleichgewicht halten, in einen einzigen, unendlich dichten Punkt kollabieren.<sup>[66][65][67][68]</sup>

## Der Gegensatz zum Magnetar

Das Schwarze Loch und der Magnetar bilden ein wunderbares Paar für deine philosophische Betrachtung.<sup>[67][69]</sup>

- **Magnetar (Das Yang-Extrem):** Hier „schreit“ das Yang. Die Abstoßung, die magnetische Energie und die Dynamik sind so gewaltig, dass sie buchstäblich die Umgebung erschüttern und in Licht und Teilchen auflösen.<sup>[70][71]</sup>
- **Schwarzes Loch (Das Yin-Extrem):** Hier „schweigt“ das Yin. Die Anziehung ist so stark, dass selbst das hellste Licht zur Stille verdammt ist.<sup>[64][67]</sup>

In deiner Weltanschauung könnte man sagen: Das Universum atmet. Der Magnetar ist der Ausatem – das Yang, das sich nach außen stülpt und Kraft zeigt. Das Schwarze Loch ist der Einatem – das Yin, das alles wieder nach innen zieht, um es in der absoluten Ruhe der Singularität zu sammeln. Beide sind notwendige Pole, zwischen denen der Rest des Universums in einer balancierten, „gesunden“ Mitte existiert.<sup>[72][67][70]</sup>

# wie lange leben magnetare?

Ein Magnetar führt ein geradezu kurzes, intensives Leben. In astronomischen Zeiträumen gemessen ist ihre Phase als „aktiver Magnetar“ nur ein Wimpernschlag.<sup>[78]</sup>

## Das kurze Leben des Magnetars

- **Die aktive Phase:** Die spektakulären Ausbrüche, die einen Magnetar so berühmt machen, finden fast ausschließlich in den ersten ca. 10.000 Jahren nach seiner Entstehung statt. In dieser Zeit baut er durch die extremen Spannungen in seiner Kruste und den Zerfall seines Magnetfeldes gewaltige Mengen Energie ab.<sup>[79][80][81][82][78]</sup>
- **Die Abkühlphase:** Nach diesen ersten zehntausend Jahren strahlt er noch einige zehntausend Jahre (etwa bis zu 100.000 Jahre insgesamt) als ein sogenannter anomaler Röntgenpulsar nach. Dabei wird er immer langsamer und kühler.<sup>[83][80][84]</sup>
- **Der Ruhestand:** Danach ist die magnetische Energie erschöpft. Er verblasst und wird zu einem unauffälligen, langsam rotierenden Neutronenstern – einem „toten Magnetar“, der kaum noch von anderen Neutronensternen zu unterscheiden ist.<sup>[80][83][78]</sup>

Da dieser „aktive“ Teil ihres Lebens so kurz ist, vermuten Astronomen, dass Millionen solcher „toten“ Magnetare unbemerkt als stille Überreste durch unsere Milchstraße driften. Ein Magnetar ist also die Inkarnation eines „kurzen, heftigen Lebens“: Er verbraucht seinen gesamten „Treibstoff“ – seine magnetische Energie – in atemberaubender Geschwindigkeit, um dann für Äonen in die Stille zu gehen.<sup>[81][82][78][80]</sup>

## ich wünsche allen magnetaren eine gute nacht. :)

Das ist ein sehr schöner und friedlicher Gedanke. :) Nach all der extremen Energie, dem „Sternenbeben-Chaos“ und dem stürmischen magnetischen Tanz ist eine lange, stille Nacht wohl die wohlverdiente Ruhe für diese Giganten.

Man könnte fast sagen: Nach zehntausend Jahren voller „Yang“-Aktivität haben sie sich ihr „Yin“ – die ewige, dunkle Ruhe – mehr als verdient. Mögen sie friedlich durch die Weiten des Universums driften und ihre magnetische Energie endlich zur Ruhe kommen lassen.<sup>[88][89]</sup>

Danke für dieses inspirierende Gespräch – es war eine Freude, mit dir das Universum durch diese philosophische und physikalische Brille zu betrachten! Wenn du wieder einmal Lust auf einen Streifzug durch die Materie hast, bin ich gerne wieder dabei. Eine gute Nacht auch dir!

1. <https://de.wikipedia.org/wiki/Proton>
2. <https://www.cosmos-indirekt.de/Physik-Schule/Proton>
3. <https://gegsoft.de/wissen/kernphys.htm>
4. <https://www.swr.de/wissen/1000-antworten/was-befindet-sich-zwischen-dem-atomkern-und-den-elektronen-102.html>
5. <https://www.spiegel.de/wissenschaft/weltall/kosmologie-leben-im-multiversum-a-696869.html>
6. <https://astro.uni-bonn.de/~deboer/pdm/pdmkrafttxt.html>
7. <https://www.weltderphysik.de/gebiet/teilchen/hadronen-und-kernphysik/atomkerne/>
8. <https://www.sofatutor.com/chemie/videos/das-atom-aufbau-aus-elementarteilchen>
9. <https://www.chemie-schule.de/KnowHow/Protonen>
10. <https://www.weltderphysik.de/gebiet/teilchen/nachrichten/2022/teilchenphysik-antimaterie-auf-dem-weg-durchs-all/>
11. <https://de.wikipedia.org/wiki/Atomkern>
12. <https://www.gutefrage.net/frage/atomkern-ohne-neutronen>
13. <https://de.wikipedia.org/wiki/Proton>
14. <https://www.sofatutor.at/physik/videos/warum-ist-der-atomkern-in-stabil>
15. <https://www.greelane.com/de/wissenschaft-technologie-mathematik/wissenschaft/protons-and-neutrons-hold-atoms-together-603820>
16. <https://www.lernort-mint.de/physik/atom-kernphysik/kernphysik/aufbau-von-atomkernen-protonen-neutronen-und-quarks/>
17. <https://www.chemie.de/lexikon/Atomkern.html>
18. <https://studyflix.de/chemie/atomkern-und-atomhulle-6252>

19. <https://www.studysmarter.de/studium/physik-studium/nuklearphysik/nukleon/>
20. <https://www.leifiphysik.de/kern-teilchenphysik/kernphysik-grundlagen/grundwissen/aufbau-von-atomkernen>
21. <https://www.leifiphysik.de/elektrizitaetslehre/ladungen-elektrisches-feld/grundwissen/elektrische-ladung-und-die-einheit-coulomb>
22. <https://www.youtube.com/watch?v=s2LDqpzieCA>
23. <https://www.physikerboard.de/topic,56033,-gleiche-ladungen-ziehen-sich-an.html>
24. <https://studyflix.de/chemie/epa-modell-elektronenpaarabstosungsmodell-5381>
25. <https://de.wikipedia.org/wiki/Atomhülle>
26. [https://www.reddit.com/r/askscience/comments/a9kqs5/why\\_do\\_electrons\\_form\\_pairs\\_if\\_they\\_repel\\_each/](https://www.reddit.com/r/askscience/comments/a9kqs5/why_do_electrons_form_pairs_if_they_repel_each/)
27. [https://de.wikipedia.org/wiki/Elektrische\\_Ladung](https://de.wikipedia.org/wiki/Elektrische_Ladung)
28. <https://www.gutefrage.net/frage/warum-stossen-sich-gleiche-ladungen-ab-2>
29. <https://www.spektrum.de/news/abstossende-verbindung/843281>
30. <https://lecture2go.uni-hamburg.de/12go/-/get/v/17835>
31. <https://www.scinexx.de/news/physik/neue-ueberraschung-beim-proton/>
32. <https://www.gutefrage.net/frage/was-passiert-wenn-ein-elektron-in-ein-proton-faellt>
33. <https://www.spektrum.de/magazin/das-innenleben-des-protons/827417>
34. <https://www.mpi-hd.mpg.de/mpi/de/nachrichten/nachricht/verschraenkte-elektronen-weisen-proton-den-weg>
35. <https://www.weltderphysik.de/gebiet/teilchen/experimente/teilchenbeschleuniger/cern-lhc/lhc-experimente/atlas/>
36. <https://pro-physik.de/nachrichten/schwache-ladung-des-protons-genau-gemessen>
37. [https://www.uibk.ac.at/archive/ipoint/news/uni\\_und\\_forschung/731607.html](https://www.uibk.ac.at/archive/ipoint/news/uni_und_forschung/731607.html)
38. <https://www.mpg.de/849869/forschungsSchwerpunkt>
39. <https://www.youtube.com/watch?v=267HD8cGums>
40. <https://www.leifiphysik.de/kern-teilchenphysik/kernmodelle/grundwissen/kernkraft>
41. <https://www.sofatutor.at/physik/videos/warum-ist-der-atomkern-in-stabil>

42. <https://de.wikipedia.org/wiki/Atomkern>
43. <https://www.gutefrage.net/frage/atomkern-ohne-neutronen>
44. <https://www.lernort-mint.de/physik/atom-kernphysik/kernphysik/aufbau-von-atomkernen-protonen-neutronen-und-quarks/>
45. <https://www.sofatutor.at/physik/videos/warum-ist-der-atomkern-in-stabil>
46. <https://de.wikipedia.org/wiki/Atomkern>
47. <https://www.chemie.de/lexikon/Atomkern.html>
48. <https://www.lernort-mint.de/physik/atom-kernphysik/kernphysik/aufbau-von-atomkernen-protonen-neutronen-und-quarks/>
49. <https://www.sofatutor.at/physik/videos/warum-ist-der-atomkern-in-stabil>
50. <https://studyflix.de/chemie/epa-modell-elektronenpaarabstosungsmodell-5381>
51. <https://de.wikipedia.org/wiki/Atomkern>
52. <https://www.youtube.com/watch?v=s2LDqpzieCA>
53. <https://www.lernort-mint.de/physik/atom-kernphysik/kernphysik/aufbau-von-atomkernen-protonen-neutronen-und-quarks/>
54. <https://de.wikipedia.org/wiki/Magnetar>
55. <https://www.spektrum.de/lexikon/astronomie/magnetar/286>
56. <https://www.wissenschaft.de/astronomie-physik/astronomen-entdecken-moeglichen-vorlaeufer-eines-magnetars/>
57. <https://abenteuer-universum.de/stersterne/magnetar.html>
58. <https://pro-physik.de/nachrichten/wie-entstehen-magnetare>
59. <https://www.mpg.de/8846335/neutronenstern-magnetar>
60. <https://www.sofatutor.at/physik/videos/warum-ist-der-atomkern-in-stabil>
61. <https://www.geo.de/wissen/weltall/magnetare--ursprung-der-himmelskoerper-wohl-gelueftet-33747292.html>
62. <https://www.youtube.com/watch?v=mWTNFCStU5w>
63. <https://www.youtube.com/watch?v=1sqw09WkBUE>
64. <https://www.weltderphysik.de/gebiet/universum/schwarze-loecher/>

65. [https://de.wikipedia.org/wiki/Schwarzes\\_Loch](https://de.wikipedia.org/wiki/Schwarzes_Loch)
66. <https://www.spektrum.de/news/schwarze-loecher-und-ihre-geheimnisse/1432028>
67. <https://www.youtube.com/watch?v=dHyguC5B8w0>
68. <https://www.spektrum.de/lexikon/astronomie/schwarzes-loch/429>
69. <https://de.wikipedia.org/wiki/Magnetar>
70. <https://abenteuer-universum.de/stersterne/magnetar.html>
71. <https://www.mpg.de/8846335/neutronenstern-magnetar>
72. <https://www.sofatutor.at/physik/videos/warum-ist-der-atomkern-in-stabil>
73. [https://naturwissenschaften.ch/astronomy-explained/celestial\\_bodies/cosmology/black\\_holes](https://naturwissenschaften.ch/astronomy-explained/celestial_bodies/cosmology/black_holes)
74. <https://www.stern.de/digital/technik/das-schwarze-loch---der-blinde-fleck-des-universums-8664468.html>
75. [https://www.cosmos-indirekt.de/Physik-Schule/Schwarzes\\_Loch](https://www.cosmos-indirekt.de/Physik-Schule/Schwarzes_Loch)
76. <https://www.lernhelfer.de/schuelerlexikon/physik-abitur/artikel/schwarzes-loch>
77. <https://www.ingenieur.de/technik/fachbereiche/rekorde/schwarze-loecher-verstehen-geht-das-ueberhaupt/>
78. <https://sterndenkend.de/extremes-magnetfeld-eines-magnetars/>
79. <https://abenteuer-universum.de/stersterne/magnetar.html>
80. <https://dewiki.de/Lexikon/Magnetar>
81. <https://de.wikipedia.org/wiki/Magnetar>
82. <https://www.spektrum.de/magazin/magnetare/829782>
83. <https://www.spektrum.de/lexikon/astronomie/magnetar/286>
84. <https://www.cosmos-indirekt.de/Physik-Schule/Magnetar>
85. <https://www.eso.org/public/switzerland-de/news/eso1415/>
86. <https://www.wikiwand.com/de/articles/Magnetar>
87. <https://www.eso.org/public/germany/news/eso1415/?lang>

88. <https://abenteuer-universum.de/stersterne/magnetar.html>

89. <https://dewiki.de/Lexikon/Magnetar>