

Dr. med. Alexander Wunsch

DIE KRAFT DES LICHTS

Warum wir gutes Licht brauchen und
schlechtes Licht uns krank macht

riva

Dr. med. Alexander Wunsch

DIE KRAFT DES LICHTS

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek:

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie. Detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://d-nb.de> abrufbar.

Für Fragen und Anregungen:

info@rivaverlag.de

Wichtiger Hinweis

Dieses Buch ist für Lernzwecke gedacht. Es stellt keinen Ersatz für eine individuelle medizinische Beratung dar und sollte auch nicht als solcher benutzt werden. Wenn Sie medizinischen Rat einholen wollen, konsultieren Sie bitte einen qualifizierten Arzt. Der Verlag und der Autor haften für keine nachteiligen Auswirkungen, die in einem direkten oder indirekten Zusammenhang mit den Informationen stehen, die in diesem Buch enthalten sind.

1. Auflage 2019

© 2019 by riva Verlag, ein Imprint der Münchner Verlagsgruppe GmbH

Nymphenburger Straße 86

D-80636 München

Tel.: 089 651285-0

Fax: 089 652096

Alle Rechte, insbesondere das Recht der Vervielfältigung und Verbreitung sowie der Übersetzung, vorbehalten. Kein Teil des Werkes darf in irgendeiner Form (durch Fotokopie, Mikrofilm oder ein anderes Verfahren) ohne schriftliche Genehmigung des Verlages reproduziert oder unter Verwendung elektronischer Systeme gespeichert, verarbeitet, vervielfältigt oder verbreitet werden.

Redaktion: Stefanie Heim

Umschlaggestaltung: Manuela Amode, München

Umschlagabbildungen: Shutterstock/Imagine Photographer, photoslb.com

Layout: Mjude Puzziferri, www.mp-medien-muenchen.de

Satz: Satzwerk Huber, Germering, Melanie Kitt

Druck: Florjancic Tisk d.o.o., Slowenien

Printed in the EU

ISBN Print 978-3-7423-0911-2

ISBN E-Book (PDF) 978-3-7453-0554-8

ISBN E-Book (EPUB, Mobi) 978-3-7453-0555-5

Weitere Informationen zum Verlag finden Sie unter

www.rivaverlag.de

Beachten Sie auch unsere weiteren Verlage unter www.m-vg.de

Dr. med. Alexander Wunsch

DIE KRAFT DES LICHTS

Warum wir gutes Licht brauchen und
schlechtes Licht uns krank macht

riva

INHALT

Vorwort: Der Mensch und das Licht	6
Einführung: Warum gutes Licht so wichtig ist.	11
Was ist Licht?	15
Am Ursprung des Lichts	16
Sonnenlicht ist einzigartig	18
Licht und die Evolution des Lebens.	27
Fließende Energie führt Systeme zu höherer Ordnung	28
Licht als Geburtshelfer	29
Sonne an Land	34
Sonnenlicht	37
Der Aufbau und die Funktionen der Haut	38
Lichttherapie im Altertum.	40
Das Licht der Aufklärung	44
Moderne Lichtmedizin	51
Der Beginn der Licht- und Höhenkur in der Schweiz	57
Wo keine Berge sind	64
Heliotherapie heute.	69
Checkliste für eine optimale Heliotherapie und Sonnenlichthygiene.	77
Hauttypen nach Fitzpatrick.	87
Vitamin D.	91
Lichttherapie ohne Sonne	95

Kunstlicht 109

Kurze Geschichte des Kunstlichts	110
Natürliche Spektren – aus der Wärme geboren	121
Einfluss des Lichts auf das Vegetativum	132
Licht und Auge	144
Lichtempfindlichkeit und Alter	149
Makuladegeneration nur durch Sonnenlicht?	152
Aufforderung zum Selbstschutz	157
Welches Kunstlicht kann man verwenden?	172
Checkliste für gutes Kunstlicht	178

Farben – Quintessenz des Lichts 181

Über Umwege zu den Farben	182
Die Bedeutung der Farbwahrnehmung	189
Farbsignale aus der Umwelt	194
Die Grundlagen von Farbe verstehen	196
Die Geschichte der Chromotherapie	201
Dinshah P. Ghadiali: Begründer der SpektroChrom-Methode	206
Der SpektroChrom-Farbkreis	210
SpektroChrom-Farbbrillen	224
Farben für die Diagnose	226
Bevor Sie gehen	233

Anhang

Sonnentagebuch	234
Autorenvita	238
Quellenverzeichnis	239
Bildnachweis	243
Register	245

VORWORT

Der Mensch und das Licht

Licht ist wohl das am meisten verkannte und unterschätzte Lebensmittel. Woran das liegt, darüber kann man nur spekulieren – wahrscheinlich ist es so allgegenwärtig, dass wir seine Präsenz einfach als gegeben hinnehmen, ohne weiter darüber nachzudenken. Für unsere Vorfahren war es wirklich »gegeben«, und zwar durch die Sonne, den Mond und das Feuer. Heute wird den Menschen das Licht eher verordnet: EU, Politiker, Industrie, Arbeitgeber, Lichtplaner oder Elektriker sind diejenigen, die das Licht in unserer Umwelt auswählen und gestalten. Eltern legen die Lichtumgebung ihrer Kinder anhand spontaner Kaufimpulse fest, die sie beim Gang durch das Einrichtungshaus verspüren. Dabei spielt oft die Form der Leuchte eine wichtigere Rolle für die Kaufentscheidung als die Lichtqualität.

Der richtige Umgang mit Licht muss erlernt werden

Es ist immer wieder erstaunlich, wie wenig die meisten Menschen über die Qualität von Kunstlicht wissen. Ähnlich verhält es sich mit den Grundregeln im Umgang mit Sonnenlicht. Lichtkompetenz wird zu keinem Zeitpunkt der schulischen oder beruflichen Ausbildung systematisch vermittelt,

dabei ist sie aus meiner Sicht so wichtig wie Lesen und Schreiben. Der Mensch spürt, wann er Hunger oder Durst hat und handelt dementsprechend. Bei Licht verhält sich das anders: Der richtige Umgang mit Sonnenlicht muss erlernt werden.

In prähistorischen Zeiten waren es meistens die Religionen, die den kulturell-rituellen Rahmen vorgaben, indem sie das Licht der Sonne einer göttlichen Kraft gleichstellten. Dies bedeutete, Licht/Gott war allmächtig, also sowohl in der Lage, Leben zu erschaffen, als auch es zu zerstören. Die religiösen Rituale flößten den primitiven Menschen Ehrfurcht ein, damit sie sich so verhielten, dass sie von der göttlichen Energie (= Sonnenlicht) nicht geschädigt wurden. Strukturierung von Tagesabläufen (chronobiologische Rhythmen) oder Bekleidungsvorschriften (Sonnenschutz) sind nur zwei Beispiele für kulturell-religiös geschaffene Rahmenbedingungen, die salutogenetisch und risikomindernd wirken, sprich, der Entstehung und dem Erhalt der Gesundheit dienen. Unter diesem Blickwinkel wird auch verständlich, dass die Kulte vergangener Zeiten meist lokal eng begrenzt waren, denn die Sonne scheint zwar für jeden, aber sie scheint nicht überall auf der Erde gleich. Jede Kultur musste in ihrem Einflussgebiet den optimalen Umgang mit dem Sonnenlicht finden und an die kommenden Generationen weitergeben, um das Überleben zu gewährleisten.

Kunstlicht als große Herausforderung der Moderne

Heute haben sich die Bedingungen grundlegend verändert. Das Sonnenlicht ist nicht mehr der wichtigste Lichteinfluss, da wir uns meistens in geschlossenen Räumen aufhalten, die mit modernen Fenstern und Kunstlicht ausgestattet sind. Lichtanpassungsreaktionen, die sich auf der Erde über Millionen von Jahren entwickelt hatten, um menschliches Leben zu ermöglichen und unser Überleben zu sichern, können sich nun leicht gegen uns wenden, da sie in dieser neuen, künstlichen Umgebung sinnlos geworden sind. Der moderne Mensch steht lichtbiologisch vor einer der größten Herausforderungen unserer Tage: Er muss lernen, technische Möglichkeiten nicht nur intelligent, sondern *bio-logisch* zum Einsatz zu bringen. Er sollte außerdem verstehen, dass er sich nicht nur vom Auge leiten lassen darf – dieses Sinnesorgan ist nämlich ein begnadeter Gaukler, dem man nicht über den Weg trauen sollte!

Ich beschäftige mich nun seit über 25 Jahren intensiv mit dem Thema Licht. Dabei habe ich den Werbesprüchen der Industrie immer misstraut und stattdessen meine Informationsquellen in der Wissenschaft und auch der angewandten Medizin gesucht und gefunden. Ich finde es reizvoll, altes Wissen mit neuen

Forschungsergebnissen zusammenzuführen. Die alten Mediziner, die vor über 100 Jahren die Lichtbiologie für sich und ihre Patienten entdeckten, hatten von Molekularbiologie oder Erbsubstanz noch wenig Ahnung. Dafür konnten sie wesentlich besser beobachten als viele ihrer heutigen Kollegen und waren gezwungen, die fehlende Detailkenntnis durch den aufmerksamen Blick auf das Ganze zu kompensieren.

Die Disziplin der Lichtbiologie heißt heute »Photobiologie«. Ich nenne mich trotzdem gern »Lichtbiologe«, da mir die Herangehensweise meiner Vorgänger sympathischer ist als die heutige Strategie, die fast ausschließlich auf die biochemisch-pharmakologischen Vorgänge blickt und dabei die physikalischen Aspekte des Lebens weitgehend vernachlässigt. Außerdem missfällt mir eine Wissenschaft, die es unterstützt, dass das Sonnenlicht, Ursprung allen Lebens auf diesem Planeten, als krebs erzeugend eingestuft und die Glühlampe als einzige Kunstlichtquelle mit natürlichem Spektrum verboten wurde.

In der heutigen Zeit einen Ratgeber über gutes Licht zu verfassen, ist ein Wagnis. Die technische Entwicklung schreitet so schnell voran, dass kaum absehbar ist, was uns der Fortschritt morgen bringen wird. Wer hätte zum Beispiel im Jahr 2007 gedacht, dass im darauffolgenden Jahr die Glühlampe verboten werden könnte? Was

also bleibt in einer Zeit, in der das einzig Sichere der immer schnellere Wandel ist? Welche Ratschläge sollte man geben?

Wie Licht unseren Organismus beeinflusst

Aus meiner langjährigen ärztlichen Praxis, aber auch aus Rückmeldungen von Hörern meiner zahlreichen Vorträge weiß ich, dass schlechtes Kunstlicht krank machen kann. Eine kritische Auseinandersetzung mit dem Thema *Licht als Gesundheitsfaktor* wird in der Öffentlichkeit aber weitge-

hend vermieden. Eine große Anzahl wissenschaftlicher Studien hat das Thema der Lichtschädigung zum Gegenstand. Solche Untersuchungen können jedoch immer nur einen Teilaspekt bearbeiten und wurden zumeist an Zellkulturen oder Tieren durchgeführt. Hinzu kommt, dass weder die normale Bevölkerung noch die meisten Ärzte ungehinderten (das heißt zum Beispiel kostenlosen) Zugang zu solchen Publikationen haben. Dies macht es der Industrie umso leichter, alle Erkenntnisse, die der Vermarktung ihrer Produkte im Wege stehen könnten, erst einmal zu bestreiten



Kunstlicht vertreibt nicht nur die Dunkelheit, sondern kann auch krank machen.

und einfach weiterzumachen wie gehabt. Selbst bei ganz offensichtlich schädigenden Einflüssen wie dem Rauchen oder der Verwendung von Asbest hat es Jahrzehnte gedauert, bis die Gesetzgeber sich zu Gegenmaßnahmen entschließen konnten.

Auch beim Thema Licht gibt es eine starke Lobby, die dafür sorgt, dass die Interessen der Industrie gewahrt bleiben. Ich denke dabei nicht nur an die Lichtindustrie und das Glühlampenverbot, sondern auch an die heute gängige Praxis, Arbeitgebern eine Arbeitsplatzbeleuchtung zu verkaufen, die das Lichtdoping ihrer Angestellten ermöglicht, um dadurch deren Produktivität zu erhöhen. Pharmakonzerne profitieren doppelt, wenn die Menschen vor dem Sonnenlicht Angst haben: Einerseits fördert der Lichtmangel den Absatz zahlreicher Medikamente zur Behandlung von Zivilisationskrankheiten, andererseits verdienen sie auch bei dem Verkauf von Sonnenschutzmitteln und Hautpflegeprodukten kräftig mit. Selbst die Tourismusbranche profitiert davon, wenn den Menschen das Lichtwissen fehlt, denn ihre Kunden buchen ungehindert von jeglicher Vernunft auch diejenigen Urlaubsreisen, die gegen alle Regeln von Chronobiologie und Heliotherapie – die medizinische Anwendung von Sonnenlicht – verstoßen und dadurch der Gesundheit eher schaden. Dabei war der Urlaub doch ursprünglich

als Erholungsmaßnahme gedacht, um dem Organismus die Gelegenheit zu geben, sich zu regenerieren.

Was Sie in diesem Buch erwartet

Es gibt genügend Gründe, sich näher mit der *Kraft des Lichts* zu befassen. Da Licht in all seinen Erscheinungsformen sowohl positiv als auch negativ wirken kann und wie Luft und Wasser ständig auf uns einwirkt, ist es wichtig, die Mechanismen zu kennen, über die es unseren Organismus beeinflusst. Nur dann kann man seine Vorteile optimal nutzen und eventuelle Schäden wirksam vermeiden.

Da selbst ein Genie wie Albert Einstein sagte: »Den Rest meines Lebens werde ich darüber nachdenken, was Licht ist«, ist es mir natürlich unmöglich, alle Aspekte dieser komplexen Materie im Rahmen dieses Buches erschöpfend darzustellen. Folglich beschränke ich mich darauf, Ihnen eine sehr persönliche Darstellung vorzulegen, in der ich mich auf solche Themen konzentriere, die mit dem Erhalt oder dem Wiedererlangen der Gesundheit in Verbindung stehen.

In der Einführung wird zuerst die Frage beantwortet, warum gutes Licht für uns so wichtig ist, bevor im ersten Kapitel genauer analysiert wird, was Licht ist, woher es kommt und warum es für alle Prozesse

des Lebens auf unserem Planeten unverzichtbar ist. Im Anschluss daran werden Sie erfahren, wie Licht auf alle chemischen Prozesse einwirkt, und die wichtigsten Mechanismen der Wechselwirkungen zwischen Licht und belebter Materie kennenlernen. Daran schließt sich das Kapitel über die Wirkungen des Sonnenlichts an, gefolgt von einem Kapitel über das Kunstlicht. Der letzte große Abschnitt ist schließlich den Farben gewidmet, insbesondere der Anwendung von farbigem Licht nach den Prinzipien der *Spektrum-Chrom-Methode*.

Viele Erkenntnisse zur Wirkung von Sonnen- und Farblicht sind nicht neu, sondern Teil eines jahrtausendealten Erfahrungsschatzes der Menschheit. Wenn das Sonnenlicht heute in der öffentlichen Darstellung als gefährlich, die Farblichttherapie als pseudowissenschaftlich und die LED-Technologie als die geniale Lösung unserer Energieprobleme präsentiert werden, dann zeugt dies für mich von einer

stark verzerrten Wahrnehmung, die nur durch eine Unkenntnis der Vergangenheit erklärbar ist. Um dem vorzubeugen und den gesunden Menschenverstand und auch das Bauchgefühl aller derer zu stärken, die sich von der *Kraft des Lichts* wie magisch angezogen fühlen, habe ich in allen drei Hauptkapiteln der historischen Entwicklung einen gebührenden Platz eingeräumt. Dadurch wird deutlich, welche zentrale Rolle das Licht zu fast allen Zeiten der Menschheitsgeschichte gespielt hat.

Ich wünsche mir sehr, dass Ihnen meine Ausführungen, die oftmals eine Gegenposition zur offiziellen Meinung repräsentieren, dabei helfen, das Licht in all seinen Erscheinungsformen besser kennenzulernen und es im Sinne der Gesundheit zu verwenden. Entwickeln Sie die Liebe zum Licht, die uns Menschen mitgegeben wurde, zur vollen Blüte!

Ihr
Alexander Wunsch

EINFÜHRUNG

Warum gutes Licht so wichtig ist

Die meisten Menschen leben in biologischer Dunkelheit, denn sie halten sich zu über 90 Prozent ihrer Lebenszeit in geschlossenen Räumen auf. Dort gibt es kein natürliches Licht, selbst wenn viele Fenster vorhanden sind. Unsere Vorfahren hingegen bewegten sich hauptsächlich im Freien. Dadurch waren sie nicht nur den Witterungsbedingungen, sondern auch dem Tageslicht und der Sonne direkt ausgesetzt. Diese tiefgreifenden Veränderungen unserer Lebensweise haben Konsequenzen für die Gesundheit. Zu wenig Tageslicht und zu viel Kunstlicht begünstigen die Entstehung der meisten Zivilisationskrankheiten. Der richtige Umgang mit Licht ist für die Gesundheit genauso wichtig wie gute Ernährung, saubere Luft und genügend Bewegung.

Die Entstehung unserer Zivilisation basiert auf Kunstlicht

Die Gesundheitskosten in Deutschland liegen laut dem Statistischen Bundesamt bei über einer Milliarde Euro täglich (Stand 2017). Dies entspricht etwa 11 Prozent des Bruttoinlandsprodukts – wir geben etwa ein Zehntel unserer Wirtschaftsleistung für die Gesundheit aus!

Moment mal – tun wir das wirklich? Investieren wir tatsächlich solche immensen Summen in unsere Gesundheit?

Die genauere Betrachtung zeigt, dass wir tatsächlich so viel Geld ausgeben, aber nicht für die Gesundheit, sondern für die Behandlung von Krankheiten. Am kostenintensivsten sind dabei die Herz-Kreislauf-Erkrankungen, dicht gefolgt von psychischen und Verhaltensstörungen sowie Krankheiten des Verdauungssystems. Wirft man einen Blick auf die Todesursachenstatistik, liegen abermals die Herz-Kreislauf-Erkrankungen auf dem vordersten Platz, diesmal jedoch gefolgt von Krebs. Zusammengekommen sind diese beiden Gruppen ungefähr für zwei Drittel der Sterbefälle in Deutschland verantwortlich.

Vergleicht man die Arten von Krankheiten, die in Industrienationen und Ländern der Dritten Welt auftreten, sieht man deutliche Unterschiede. Neben der individuellen genetischen Veranlagung kann man Umweltfaktoren, Lebensstile und Lebensauffassungen für diese Unterschiede verantwortlich machen. Die Lebensweise nimmt offenbar direkten Einfluss auf unsere Gesundheit und erhöht das Risiko, bestimmte Zivilisationskrankheiten (englisch: *lifestyle diseases*) zu entwickeln. Diese sind zwar im wissenschaftlichen Sinn nicht eindeutig definiert, es herrscht aber Konsens darüber, dass Herz-Kreislauf-Erkrankungen, Krebs, Di-

abetes mellitus, Übergewicht, Adipositas, Essstörungen, bestimmte Allergien, Hautkrankheiten und psychische Störungen dazuzählen. Da die Entstehung von Zivilisationskrankheiten immer von mehreren Faktoren abhängt, ist es unmöglich, einzelne Ursachen verantwortlich zu machen. Als weitgehend anerkannte Risikofaktoren gelten Bewegungsmangel, Stress, Über- und Fehlernährung, Umweltgifte, Lärmbelastung, Reizüberflutung und übertriebene Hygiene. Auch soziale Faktoren, permanenter Leistungsdruck und natürlich der übermäßige Konsum von Genussgiften wie Zucker, Alkohol und Tabak zählen zu den prädisponierenden Einflüssen.

Obwohl uns Licht unser ganzes Leben lang begleitet und überall vorhanden ist, findet es in den allermeisten Studien zur Ursachenforschung von Zivilisationskrankheiten keinerlei Erwähnung. Dabei ist das elektrische Licht der wichtigste Einzelfaktor, der die Form der heutigen Zivilisation überhaupt erst ermöglicht hat. Ohne Kunstlicht gäbe es keinen Schichtdienst, keine Nachtfahrten, kein Fernsehen, keine Smartphones und keine permanenten Störungen unserer chronobiologischen Rhythmen – aber dazu später mehr. Kunstlicht ist der einzige Risikofaktor, dem sich niemand konsequent entziehen kann, denn praktisch alle Menschen verwenden es täglich. Jeder öffentli-

che Raum, jedes Klassenzimmer und jedes Büro ist künstlich beleuchtet. Selbst außerhalb von Gebäuden ist Kunstlicht die ganze Nacht über präsent; jedes Fahrzeug, jede Straßenlaterne und jede Verkehrsampel rauben uns die Dunkelheit.

Gutes und schlechtes Licht

Wenn wir uns aufgrund unserer Lebensumstände ständig im künstlichen Licht aufhalten müssen, sollte es eigentlich selbstverständlich sein, dass höchste Qualitätsmaßstäbe an dieses Kunstlicht angelegt werden, so wie es für Trinkwasser, Atemluft und Nahrungsmittel auch üblich ist. Für Licht scheinen jedoch andere Überlegungen zu gelten, denn hier geht es seit Jahrzehnten nicht um die beste Qualität, sondern um die höchste Quantität und die niedrigsten Kosten.

Die Europäische Union hat in den vergangenen Jahren für alle Mitgliedsstaaten verbindliche Vorgaben beschlossen, die in ihrer Reichweite und Bedeutung für die Qualität von Kunstlicht fatal sind. Das wichtigste Anliegen der EU ist es, aus elektrischer Energie so viel Licht wie möglich herauszuholen. Energieeffizienz ist heute das Merkmal, dem sich alle anderen Faktoren unterordnen müssen, nach denen man Licht ebenfalls bewerten kann.

Alle Lebewesen sind unter dem Licht

der Sonne entstanden und die allermeisten leben vom Licht – auch wir Menschen. Jetzt aber müssen wir aufgrund von Verordnungen mit Lichtarten leben, die der menschliche Organismus in der Vergangenheit nicht kannte. Damit sind alle unbewussten Informationen, die unser Körper gewohnheitsmäßig aus seiner Lichtumgebung ableitet, in höchster Gefahr, als »fake news« verarbeitet zu werden.

Gutes Licht ist Licht, an das sich unsere Gene im Laufe der Evolution gewöhnt und angepasst haben. Sie haben gelernt, damit umzugehen, ohne dass es zu Problemen kommt. Unsere Körper können daher aus bestimmten Bereichen des natürlichen Lichtspektrums wichtige Steuersignale ableiten, die der Organismus dringend braucht, um langfristig gesund und leistungsfähig zu bleiben. Diese Steuersignale geben unseren Organsystemen darüber Aufschluss, ob es »draußen« Tag oder Nacht, Sommer oder Winter, warm oder kalt, gemütlich oder gefährlich ist.

Schlechtes Licht hingegen erzählt unserem Körper zusammenhanglose Geschichten, die ihn in die Irre führen. Das ist in etwa so, wie wenn man sich mor-

gens, bevor man das Haus verlässt, aufgrund der Wettervorhersage dazu entscheidet, lange Wollunterwäsche und einen Wintermantel mit Schal anzuziehen und sich dann den ganzen Tag bei 35 Grad im Schatten aufhalten muss. Schlechtes Licht hält im Körper nicht, was es dem Auge versprochen hat – es ist wie eine optische Täuschung, die große Risiken für unsere Gesundheit mit sich bringt.

Schlechtes Licht ist ein Risikofaktor, den man vermeiden könnte. Da aber Staatengemeinschaften, Politiker und evidenzbasiert vorgehende Mediziner in den allermeisten Fällen keine Ahnung von den komplexen Vorgängen haben, die in unseren Körpern »unter der Haube« ablaufen, konnten sie auch nicht die richtige Entscheidung für gutes Licht treffen. Diese wäre gewesen, die Glühlampe zu erhalten und stattdessen andere Lichtquellen wie die Energiesparlampe zu verbieten. Um jedoch nachvollziehen zu können, warum das Licht aus einer Glühlampe gesund sein soll, während das Licht aus einer LED gesundheitliche Risiken birgt, müssen wir uns zunächst mit ein paar grundlegenden Eigenschaften von Licht beschäftigen.



WAS IST LICHT?



Licht ist die Substanz, aus der unsere Materie aufgebaut ist. Es besteht aus Photonen, auch Lichtquanten oder Lichtteilchen genannt, die sich nicht entscheiden können, was sie sein wollen: Welle oder Teilchen – elektrisch oder magnetisch? Licht ist unglaublich schnell: Als elektromagnetische Welle breitet es sich im Vakuum mit einer Geschwindigkeit von etwa 300 000 km pro Sekunde aus. Licht ist immer noch das größte Rätsel für die Naturwissenschaft und ist dabei die Grundlage allen Lebens. Der Quantenphysiker David Bohm fasste es so zusammen: »Licht ist Energie und ebenso Information – Inhalt, Form und Struktur. Es bildet das Potenzial für alles.«

Am Ursprung des Lichts

Licht ist ein Alleskönner – sogar die Materie, aus der wir selbst und alles um uns herum bestehen, kann man als kondensiertes oder gefangenes Licht ansehen. In der Materie pendeln die Photonen sozusagen hin und her, anstatt sich im Raum auszubreiten. Sie sind die Sprache, mit der die Materie kommuniziert, und sie sind an den wichtigsten Formen chemischer Bindungen beteiligt. Die meisten chemischen Reaktionen können nur ablaufen, weil die beteiligten Atome und Moleküle dabei Photonen abgeben oder aufnehmen.

Das erste Licht kam nicht etwa mit dem Urknall vor etwa 13,8 Milliarden Jahren in die Welt, sondern erst 380 000 Jahre später, als sich aus der Uruppe die ersten stabilen Atome herausbildeten. Das Atom mit dem einfachsten Aufbau ist der Wasserstoff, aus dem im Laufe der Zeit alle schwereren Atome entstanden sind. Die Evolution der chemischen Elemente vollzog sich durch die Bildung von Sternen, in denen durch die extreme Verdichtung gigantischer Wasserstoffwolken eine Kernfusion in Gang gesetzt wurde. Durch diesen Prozess der Kernverschmelzung entstanden nicht nur jede Menge Strahlungsenergie, sondern auch schwerere Atome wie Deuterium, Helium, Lithium und Beryllium.

Da diese Sterne der ersten Generation wesentlich mehr Masse hatten als unsere Sonne, verlief der Fusionsprozess sehr schnell, weshalb sich der Vorrat an Wasserstoff in kurzer Zeit verbrauchte. Diese frühen Sterne brannten gewissermaßen so schnell ab wie ein Strohfeuer, um dann als Supernova zu enden. Die meisten chemischen Elemente, aus denen sich unsere Erde zusammensetzt, wurden während solcher Supernova-Explosionen »zusammengeschweißt«. Leben konnte sich im Umfeld der ersten Sterne nicht bilden, da die Bedingungen dafür zu ungünstig und wechselhaft waren.

Nachdem sich der Wasserstoff die Hörner etwas abgestoßen hatte, konnten sich aus kleineren Gas- und Staubwolken gemütlichere Sterne entwickeln. Einer davon ist unsere Sonne, die sich vor ungefähr 4,6 Milliarden Jahren durch den Kollaps einer interstellaren Gaswolke herausbildete. Aus der riesigen Sternstaubwolke formten sich damals auch die Planeten, die seither die Sonne umkreisen. Diese ist im Vergleich zu ihren Vorgängern ein recht friedlicher Stern, in dem die Fusionsreaktion wesentlich gemüthlicher abläuft, also nicht so ungestüm wie bei einem Strohfeuer, sondern eher vergleichbar mit den Gärungsprozessen in einem Misthaufen. Trotzdem herrschen im Inneren der Sonne noch sehr ungemütliche Bedingungen, denn dort

WIE SICH DAS SONNENLICHT ZUSAMMENSETZT



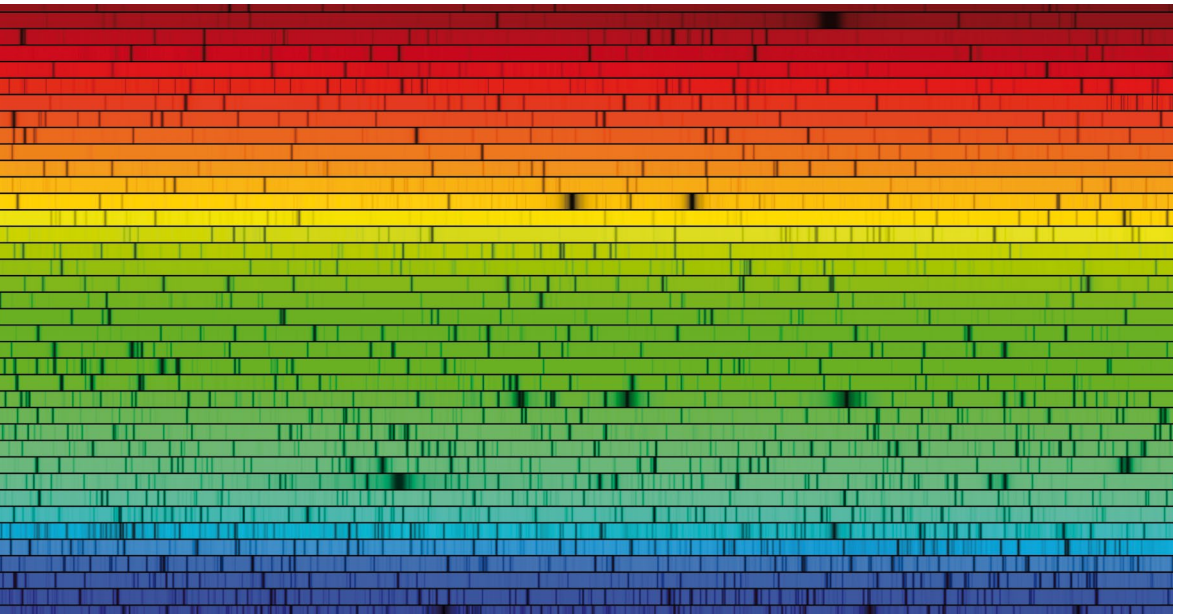
Sonnenlicht besteht aus einer Mischung von Photonen, die sich physikalisch nur in einem Punkt unterscheiden, nämlich in ihrem Energiegehalt. Die Energie eines Lichtteilchens steckt in der Frequenz seiner elektromagnetischen Welle: Je höher die Frequenz, desto größer ist der Energiegehalt eines Lichtteilchens, den man auch als Quantenenergie bezeichnet. Da jedes Photon sowohl Teilchen als auch Welle ist, kann man den Energiegehalt auch über die Wellenlänge definieren. Hohe Energie bedeutet hohe Frequenz und kurze Wellenlänge – und umgekehrt. Am handlichsten ist die Angabe der Wellenlänge in Nanometer (nm), die beim Sonnenlicht, so wie es auf der Erdoberfläche ankommt, zwischen 290 nm und 3000 nm beträgt. Je nach Wellenlänge teilt man das Sonnenlicht in verschiedene Bereiche ein, die aufgrund ihres Energiegehalts unterschiedliche biologische Wirkungen haben. Mit bloßem Auge können Menschen nur das Licht des Regenbogenspektrums zwischen 400 nm (Violett) und 700 nm (Rot) sehen, als Abkürzung wird hierfür VIS verwendet. Jenseits dieser Grenzen ist Licht für Menschen unsichtbar. Der unsichtbare Ultraviolettbereich wird mit UV abgekürzt und ist kurzwelliger als Violett. An das rote Ende des Regenbogenspektrums schließt sich der unsichtbare Infrarotbereich an, der mit IR abgekürzt wird. Der UV-Bereich wird aufgrund seiner unterschiedlichen biologischen Wirkung weiter unterteilt in das kurzwellige UVB zwischen 290 und 320 nm und das längerwellige UVA zwischen 320 und 400 nm. UVC ist noch kurzwelliger und damit auch aggressiver als UVB, allerdings filtert die Erdatmosphäre diese schädlichen Anteile zuverlässig aus. Auch der Infrarotbereich wird in IRA (700 bis 1500 nm), IRB (1500 bis 3000 nm) und IRC (> 3000 nm) unterteilt. Am meisten Energie strahlt die Sonne im sichtbaren (VIS) und Infrarot-A-Bereich ab, nämlich jeweils etwas über 40 Prozent. Obwohl Sonnenlicht insgesamt weniger als 10 Prozent UV-Licht enthält, hat dieser Bereich die stärkste biologische Wirkung. Der Anteil von UVB, das für die Vitamin-D-Bildung sowie die Entstehung von Sonnenbrand verantwortlich ist, beträgt dabei weniger als 1,5 Prozent.

gibt es noch kein Licht, sondern hauptsächlich Gamma- und Röntgenstrahlung. Diese besteht zwar auch aus Photonen, jedoch hat jedes dieser Lichtquanten einen viel zu hohen Energiegehalt beziehungsweise eine zu hohe Frequenz, um mit Lebensvorgängen vereinbar zu sein. Glücklicherweise durchlaufen diese hochfrequenten Photonen auf ihrem Weg durch die inneren Sonnenschichten einen Reifungsprozess, der bis zu einer Million Jahre dauert. Dadurch entsteht aus der gefährlichen radioaktiven Strahlung ein »gutmütiges« Licht, das die Entstehung des Lebens auf der Erde erst ermöglicht hat.

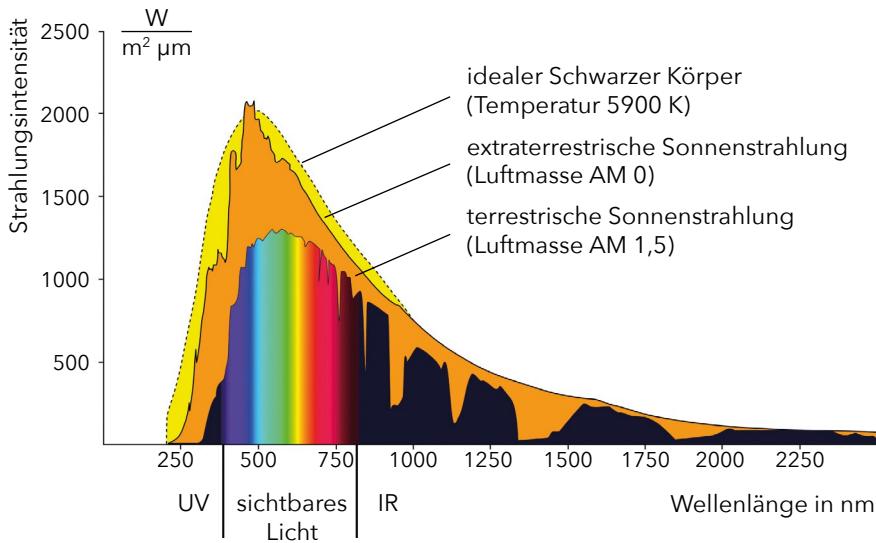
Sonnenlicht ist einzigartig

Sonnenlicht besteht nicht nur aus sichtbaren Anteilen, sondern auch aus unsichtbarem UV- und Infrarotlicht. Aber auch im sichtbaren Regenbogenspektrum sind unsichtbare Anteile vorhanden. Das menschliche Auge ist nicht in der Lage, diese ohne den Einsatz von Messgeräten zu erkennen. Bereits im 17. Jahrhundert entdeckte Isaac Newton mithilfe eines Prismas, dass sich das weiße Sonnenlicht aus den Farben des Regenbogens, den Spektralfarben, zusammensetzt.

Heute gibt es verschiedene Möglichkeiten, die farbliche Zusammensetzung von



Das Sonnenlicht enthält neben den Regenbogenfarben auch zahlreiche dunkle Abschnitte, die Fraunhoferlinien genannt werden.



Die Spektralverteilung des Sonnenlichts ist außerhalb der Erdatmosphäre und an der Erdoberfläche unterschiedlich.

Licht zu untersuchen. Spektroskope werden zur *Betrachtung* verwendet, wohingegen Spektrometer die spektrale Zusammensetzung objektiv *messen* können und sich daher auch für die Bereiche eignen, die für das menschliche Auge unsichtbar sind.

Die Abbildung auf Seite 18 zeigt den Spektralverlauf des Sonnenlichts im sichtbaren Bereich durch einen Spektralapparat mit extrem hoher Auflösung. Erst in dieser Darstellung, bei der das Regenspektrum in 50 untereinanderliegende Streifen unterteilt wurde, kann man erkennen, dass es sich nicht um einen kontinuierlichen Verlauf handelt, sondern um viele kurze, farbige Abschnitte, die immer wieder von schwarzen Bereichen unter-

brochen werden. Das Sonnenspektrum erinnert dadurch fast an einen Schweizer Käse, der an vielen Stellen durchlöchert ist. Aus wissenschaftlicher Sicht handelt es sich aber eher um eine Art Barcode, in dem eine große Anzahl von Informationen verschlüsselt ist. Zum Beispiel kann man aus dem Muster und der Verteilung der schwarzen Bereiche, die nach ihrem Entdecker *Fraunhoferlinien* (Kasten Seite 20) genannt werden, ablesen, welche chemischen Elemente in der äußersten Schicht der Sonne, der Chromosphäre, enthalten sind. Wir werden später noch sehen, dass dieser Feinbau des Sonnenlichts sowohl für die biochemischen Vorgänge während der Entstehung des Lebens eine Bedeutung hatte als auch für be-

stimmte Wirkungen der Therapie mit Sonnenlicht (Heliotherapie) und farbigem Licht (Chromotherapie) eine Rolle spielt.

Sonnenlicht hat also bereits einzigartige Eigenschaften, wenn es die Oberfläche

unseres Zentralgestirns verlässt, und wird daher niemals vollwertig durch künstliche Lichtquellen ersetzbar sein. Da Sonnenlicht, bevor es auf der Erdoberfläche ankommt, zuerst noch die Erdatmosphäre

INFO

DIE ENTDECKUNG DER FRAUNHOFER-LINIEN IM SONNENSPEKTRUM



Anfang des 19. Jahrhunderts entdeckte der deutsche Optiker und Physiker Joseph von Fraunhofer die nach ihm benannten Linien im Sonnenspektrum. Es gibt die Geschichte, dass Fraunhofer die Linien zum ersten Mal auffielen, als er das Sonnenlicht durch eine Vogelfeder hindurch betrachtete. Im Jahr 1814 baute er sein erstes optisches Gerät, das es ihm ermöglichte, die dunklen Linien im Sonnenlicht genauer zu untersuchen. Solche Apparate werden Spektroskope genannt, da sie das Licht zum Beispiel mit einem Prisma in seine Bestandteile zerlegen, die man dann betrachten kann.

Fraunhofer war nicht der erste, der diese Aussparungen im Farbverlauf des Sonnenlichts entdeckt hatte, er war aber derjenige, der eine Anwendung für sie fand. Er stellte nämlich fest, dass diese Linien unveränderlich immer an der identischen Position im Spektrum des Sonnenlichts in Erscheinung treten. Die Linien konnten somit wie ein integriertes, hochpräzises Maßband fungieren. Diese Erkenntnis machte sich Fraunhofer zunutze, um zum Beispiel die Brechkraft und die Farbfehler von optischen Linsen exakt zu berechnen. Dadurch war er in der Lage, auf mathematisch-wissenschaftlicher Grundlage optische Apparate mit vorher ungekannter Präzision und Darstellungsqualität zu fertigen, was der optischen Industrie in Deutschland für fast 150 Jahre eine weltweite Vormachtstellung sicherte. Durch die berühmten Mikroskope, Spektralapparate und Teleskope aus Fraunhofers Werkstätten erfuhr die exakte Wissenschaft, die sich im 19. Jahrhundert mit Riesenschritten entwickelte, einen enormen Schub und Erkenntnisgewinn.

passieren muss, werden seine Eigenschaften weiter verändert. Der Wasserdampf und die gasförmigen Stoffe in den atmosphärischen Schichten prägen den Photonen ebenfalls ihren Stempel auf und machen die verbleibende Strahlung für alle Lebewesen verträglicher: Das aggressive UVC-Licht wird völlig herausgefiltert und die Wellenlängen im Infrarot (IRB und IRC), die in der Haut starke Hitze erzeugen würden, sind deutlich reduziert. Die Abbildung auf Seite 19 zeigt das Sonnenspektrum einmal so, wie es außerhalb der Erdatmosphäre beschaffen ist, und in der Form, wie es am Erdboden gemessen werden kann. Außerdem ist hier noch der Spektralverlauf eines Schwarzen Körpers dargestellt, dazu mehr im Kapitel über Kunstlicht ab Seite 121.

Der farbige Fingerabdruck chemischer Elemente

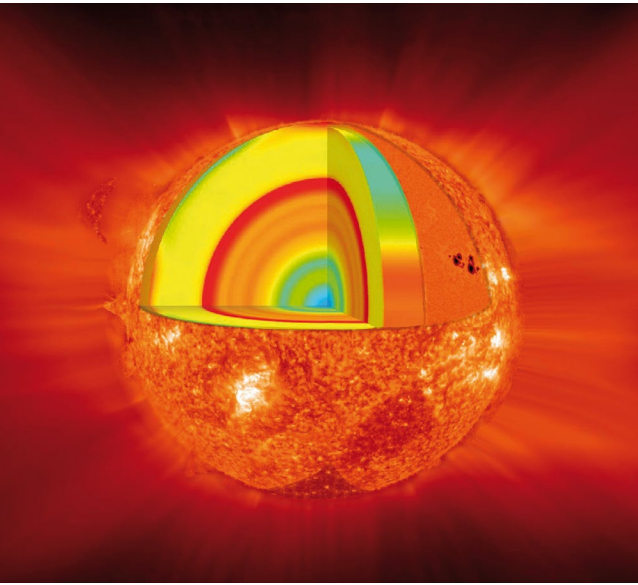
Fraunhofer, der Entdecker der Linien im Sonnenspektrum, war zwar so genial, diese Spektrallinien als optisch-mathematische Problemlöser zu nutzen, jedoch hatte er keine Ahnung, woher die Linien stammten. Die Aufklärung der Zusammenhänge sollte der fruchtbaren Zusammenarbeit von Robert Wilhelm Bunsen und Gustav Robert Kirchhoff überlassen bleiben. Beide Wissenschaftler forschten an der Universität Heidelberg über die



Mehrere chemische Elemente beginnen in der Bunsenbrennerflamme in verschiedenen Farben zu leuchten.

Spektralanalyse. Mithilfe des Bunsenbrenners entdeckten sie zuerst das Phänomen der Flammenfärbung, bei dem jedes chemische Element, sobald es in die farblose Flamme eingebracht wird, diese in ganz bestimmten Farben zum Leuchten bringt. Betrachtet man die Flamme dabei durch ein Spektroskop, treten die Farben als diskrete farbige Linien in Erscheinung.

Dabei fiel ihnen auf, dass die Linien immer genau an solchen Positionen lagen, an denen sich im Sonnenspektrum die dunklen Fraunhoferlinien befinden. Bunsen und Kirchhoff erkannten den Zusammenhang und konnten damit erstmals zeigen, dass jedes chemische Element ei-



Unsere Sonne zeigt im Inneren einen Aufbau in mehreren Schichten.

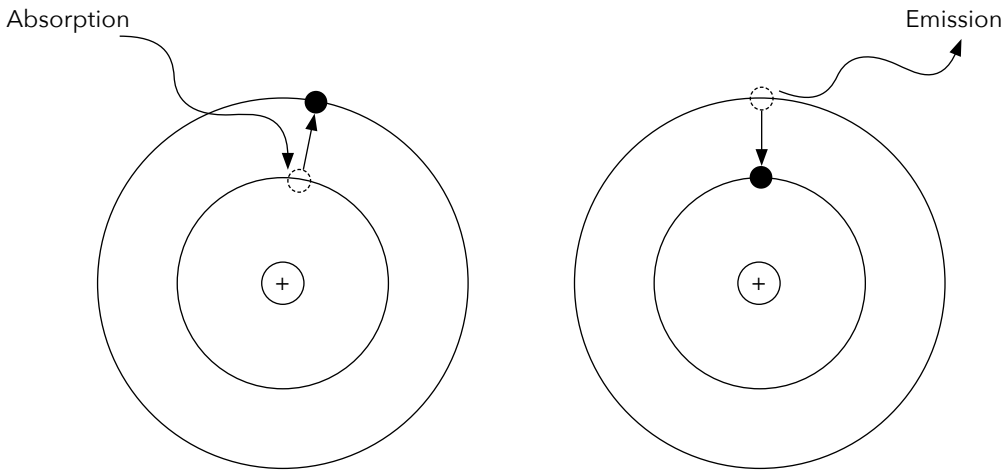
nen farbigen Fingerabdruck hat, der für seine eindeutige Identifikation geeignet ist. Dabei kann das Element diese Wellenlängen entweder als Emissionslinien abstrahlen, zum Beispiel in der Flamme, oder aus einem kontinuierlichen Spektrum heraus absorbieren, wie in der Sonne.

Heute wissen wir, dass das Sonnenlicht zunächst aus einem Emissionsspektrum der Elemente Wasserstoff und Helium besteht, wobei die einzelnen Linien durch den extremen Druck so stark verbreitert werden, dass sie ineinander übergehen. In der Photosphäre, wie man die zweitoberste Schicht in der Sonne nennt, sind daher noch alle Wellenlängen in Form eines

kontinuierlichen Vollspektrums vorhanden. Wenn die Photonen dann durch die Chromosphäre, also die oberste Sonnenschicht, an die Oberfläche drängen, werden alle Wellenlängen, die zu den in der Chromosphäre befindlichen chemischen Elementen gehören, absorbiert. Das Sonnenlicht repräsentiert daher ein *Absorptionsspektrum*, das nur aus Farben besteht, die keinem chemischen Element zugeordnet werden können. Obwohl die Zusammenhänge im Detail nicht ganz einfach sind, merken wir uns an dieser Stelle, dass das Sonnenlicht aus dem *negativen Energieabdruck* aller chemischen Elemente besteht, die auf der Sonne vorkommen. Um es salopp zu formulieren: Wenn das Sonnenlicht mit den chemischen Elementen auf der Erde »spielt«, macht es ihnen keine Vorschriften, sondern lässt ihnen alle Freiheit, sich in den energetischen Lücken im Spektrum auszutoben – es mischt sich nicht aktiv in die Kommunikation ein, die sich zwischen den Elementen vollzieht.

Von den Farben zum Atommodell

Die Feststellungen von Bunsen und Kirchhoff, dass jedes chemische Element durch seinen optischen Fingerabdruck, also die Anzahl und Lage seiner Emissions- beziehungsweise Absorptionslinien, eindeutig



Elektronen wechseln ihre Kreisbahn im Atom, wenn sie Lichtquanten aufnehmen oder wieder abgeben.

identifiziert werden kann, warf natürlich die Frage auf, warum dies so ist. Das Bohr'sche Atommodell konnte schließlich die Erklärung liefern. Am einfachsten Element, dem Wasserstoff, können wir die Vorgänge am leichtesten nachvollziehen: Es besteht nur aus zwei Bausteinen, nämlich dem schweren Kern (in diesem Fall einem einzigen Proton) und dem leichten Elektron. Da das Proton im Kern positiv geladen ist und das Elektron negativ, ziehen sich die beiden an wie Nord- und Südpol zweier Magnete. Weil das Elektron sich aber nicht in den Kern stürzen will, muss es mit hoher Geschwindigkeit um das Proton herumflitzen, ähnlich wie ein Planet, der um die Sonne kreist. Wenn dieses System aus gegensätzlichen Ladungen und Prinzipien nun mit Energie beschossen wird, kann das Elektron

einen ganz bestimmten Energiebetrag aufnehmen. Dafür muss es jedoch seine Kreisbahn verlassen und in einen weiter außen gelegenen Orbit springen. Diese Kreisbahn, die weiter vom Kern entfernt ist, entspricht dabei einem angeregten Zustand, der die Voraussetzung für eine chemische Bindungsreaktion darstellt. Springt das Elektron wieder in die innere Bahn zurück, muss es die überschüssige Energie abgeben und sendet zu diesem Zweck ein Photon aus. Die Wellenlänge oder Farbe (oder Frequenz) dieses abgestrahlten Photons beschreibt dabei eindeutig, aus welchem Orbit das Elektron zurückgekehrt ist.

Während wir mit dem Ausdruck »Quantensprung« umgangssprachlich meistens etwas Großes oder Großartiges verbinden, handelt es sich dabei tatsächlich um einen

Vorgang, der in so kleinem Maßstab abläuft, dass wir ihn nicht einmal mit dem stärksten Mikroskop beobachten können. Trotzdem berichtet uns das Licht, das daran beteiligt ist, durch seine Farbe ganz genau, was in seiner Welt passiert ist und woher es gerade kommt.

Vom Quantensprung zur chemischen Bindung

Bisher haben wir nur ein einzelnes Atom betrachtet. Dieser Idealfall kommt natürlich in der Realität kaum vor. Spannend wird es, wenn wir uns anschauen, was passiert, wenn viele Atome unterschiedlicher chemischer Elemente zusammenwirken. Kein Atom bleibt lange allein – entweder es gesellt sich zu seinesgleichen oder es geht mit anderen Atomen eine chemische Verbindung ein. Bei den wichtigsten chemischen Verbindungen sind Elektronen beteiligt, die dabei ihren Besitzer wechseln. Am Beispiel von Kochsalz, chemisch Natriumchlorid, können wir sehen, wie sich die chemische Ionenbindung zwischen den beiden Elementen Natrium und Chlor abspielt.

Die meisten chemischen Elemente haben entweder zu viele oder zu wenige Elektronen, um in ihrem Idealzustand zu sein. Wir können uns dabei die Elektronen vorstellen wie die Pfunde, die jemand zu viel oder zu wenig auf den Rippen hat.

Was für uns Menschen nun das angestrebte Idealgewicht darstellt, wäre in der Welt der Atome die sogenannte *Edelgaskonfiguration*. Diese entspricht immer dem energieärmsten Zustand und bedeutet, dass die äußerste Schale nach dem Bohr'schen Atommodell vollständig mit Elektronen besetzt ist. Dies sind für die ersten beiden Elemente Wasserstoff und Helium zwei Elektronen, bei allen schwereren Elementen passen immer acht Elektronen in die äußerste Schale. Die Elektronen in dieser Schale werden auch Valenzelektronen genannt.

Kommen wir zurück zu unserem Beispiel: Natrium hat nur ein Elektron in der äußersten Schale und Chlor hingegen sieben. Wenn sich beide Elemente zusammentun, gibt das Natrium sein einzelnes Valenzelektron an Chlor ab, Natrium nimmt es auf und beide werden dadurch zu Ionen. Natrium erhält durch die Abgabe des negativ geladenen Elektrons eine positive Ladung, Chlor hingegen wird durch das zusätzliche Elektron negativ geladen. Da sich Plus und Minus anziehen, haften die beiden gegensätzlich geladenen Ionen nun intensiv aneinander. Beide Elemente kommen damit in einen energetisch günstigeren Zustand und erreichen jeweils die Edelgaskonfiguration in ihrer Valenzschale.

Damit die beschriebene chemische Reaktion überhaupt stattfinden kann, muss