



## SCHUMPETER DISCUSSION PAPERS

# Abschiedsvorlesung Prof. Dr. Norbert Koubek

Ein Urphänomen und seine Wirkung

oder

Die Macht des Lichts und ihre ökonomischen Folgen

Norbert Koubek

The Schumpeter Discussion Papers are a publication of the Schumpeter School of Business and Economics, University of Wuppertal, Germany

For editorial correspondence please contact  
SSBEEditor@wiwi.uni-wuppertal.de

SDP 2011-005  
ISSN 1867-5352

Impressum  
Bergische Universität Wuppertal  
Gaußstraße 20  
42119 Wuppertal  
www.uni-wuppertal.de  
© by the author



BERGISCHE  
UNIVERSITÄT  
WUPPERTAL

Bergische Universität Wuppertal  
Schumpeter School of Business and Economics



**Ein Urphänomen und seine Wirkung**

**oder**

**Die Macht des Lichts und ihre ökonomischen Folgen**

Vorlesung von

**Prof. Dr. Norbert Koubek**

am 7. Juli 2010, 18-20 Uhr

## **Inhaltsverzeichnis**

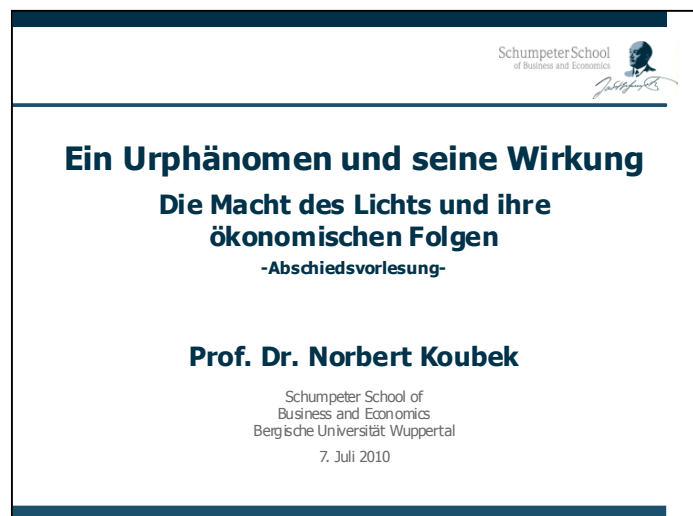
<b>1. Begrüßung und Einleitung</b>	<b>3</b>
<b>2. Licht, Mythos und Ästhetik</b>	<b>5</b>
2.1 <i>Licht und Mythos</i>	5
2.2 <i>Licht und Ästhetik</i>	6
2.3 <i>Licht als Gestaltungselement</i>	6
<b>3. Licht, biologischer Kreislauf und fossile Brennstoffe</b>	<b>8</b>
<b>4. Licht, Strahlungen und Produkte</b>	<b>9</b>
4.1 <i>Grundlagen</i>	9
4.2 <i>Kosmisches Licht/ Kosmische Strahlung</i>	10
4.3 <i>Gamma Strahlung</i>	11
4.4 <i>Röntgen-Licht/ Röntgenstrahlen</i>	12
4.5 <i>UV-Licht/ Ultraviolette Strahlen</i>	12
4.6 <i>Sichtbares Licht</i>	13
4.7 <i>Infrarot-Licht/ Infrarotstrahlung</i>	16
4.8 <i>Terahertz- und Mikrowellenlicht/ Terahertz- und Mikrowellenstrahlung</i>	17
4.9 <i>Radiowellen-Licht/ Radiowellenstrahlung</i>	19
<b>5. Licht, Innovationen und Kondratieff-Zyklen</b>	<b>21</b>
<b>6. Dank</b>	<b>24</b>
<b>Abbildungen</b>	<b>25</b>
<b>Literatur</b>	<b>27</b>

## **1. Begrüßung und Einleitung**

*Sehr geehrte Damen und Herren, Herr Vorsitzender des Hochschulrates-lieber Herr Beutelmann-, Magnifizenz - lieber Lambert -, Spectabilis – lieber Michael, liebe Freunde aus der Hochschule und von außerhalb, liebe Familie und im Besonderen liebe Inge,*

ich begrüße Sie sehr herzlich zu dieser sog. Abschiedsvorlesung und es freut mich besonders, dass wir uns heute in so großer Zahl treffen, um Informationen und Erfahrungen auszutauschen und anschließend gesellig zusammen zu sein.

Es liegt am Charakter dieses besonderen Anlasses, wenn einige Dinge von dem abweichen, was bei Vorlesungen in Hörsälen sonst üblich ist. Beispielsweise sollte vor der Veranstaltung das zu behandelnde Thema klar formuliert sein, doch darauf wurde im vorliegenden Fall bewusst verzichtet.



**Abb. 1 : Begrüßungsfolie**

Nach 72 Semestern Lehr-, Forschungs- und Organisationstätigkeit an dieser Universität gibt es zahlreiche Möglichkeiten, die Abschiedsvorlesung zu gestalten. Ich habe mich, wie Sie dem Programm entnehmen konnten, für eine etwas hinter sinnige Variante entschieden und dabei ein Thema in den Mittelpunkt gestellt, das zwischen Alltagserfahrungen und geradezu unüberwindlichen Schwierigkeiten schwankt. Ich möchte sprechen über „Die Macht des Lichts“ und dabei einige Gedankengänge multimedial unterstützen.

Zur Alltagserfahrung des Lichts kann man auch in diesem Hörsaal eine Vielzahl von Erlebnissen und Eindrücken gewinnen. Bezüglich der extremen naturwissenschaftlichen

Schwierigkeiten zur Beschreibung dieses Gegenstandes darf ich ein Zitat von Albert Einstein anführen, in dem es heißt:

„Fünfzig Jahre intensiven Nachdenkens haben mich der Antwort auf die Frage „Was sind Lichtquanten?“ nicht näher gebracht. Natürlich bildet sich heute jeder Wicht ein, er wisse eine Antwort. Doch da täuscht er sich!“

„Für den Rest meines Lebens werde ich wohl nichts anderes mehr tun, als darüber nachzudenken, was Licht ist.“

So bin ich also gut beraten, den folgenden Vortrag weder mit der schlichten Alltagserfahrung unterhalb des Niveaus eines Wichts noch dem Einstein'schen wissenschaftlichen Anspruch zu beginnen. Licht assoziiert eine Vielzahl von Begriffen, Erscheinungen, Gefühlen in sehr unterschiedlichen Lebens- und Wissensbereichen, von der Musik und Mythologie über die Naturwissenschaften, Ingenieurwissenschaften, die Geisteswissenschaften bis hin zu dem Fachgebiet, in dem ich mich beruflich seit langem bewege, den Wirtschaftswissenschaften.

Ich habe mich als Einstieg unter dem breitem Bedeutungsspektrum des Urphänomens Licht für die – Musik – entschieden, und zwar mit einem musikalischen Erleben des Lichts, das Joseph Haydn für die „Schöpfung“ komponierte, in dem das Erscheinen des Lichts überwältigend ertönt. Es folgt ein kurzer Ausschnitt aus der Aufnahme der Berliner Philharmoniker unter Leitung von Herbert von Karajan.

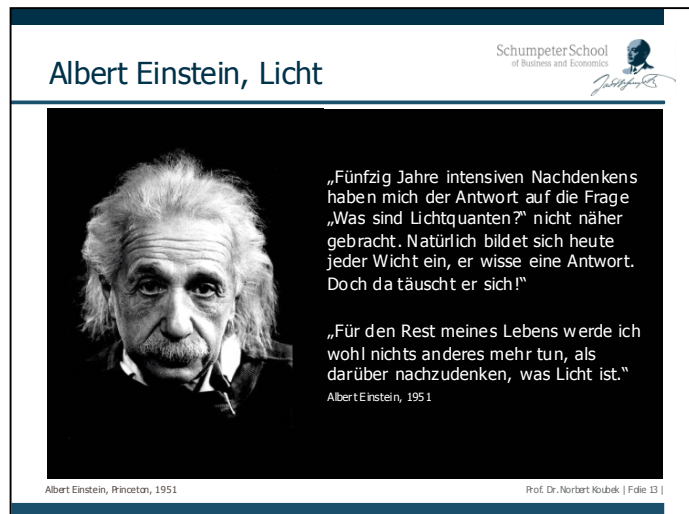


Abb. 2: Albert Einstein, Licht ,  
in: Schiller, Christoph, Motion Mountain - The  
Adventure of Physics, 2007, S. 952.

## 2. Licht, Mythos und Ästhetik

### 2.1 Licht und Mythos

Licht als Ausdruck von Hellem, von Erleuchtetem, von Aufbruch und Ausdruck des Göttlichen ist bereits im Schöpfungsbericht des Alten Testaments dargestellt. Das Licht (und parallel dazu die Finsternis) werden hierin am ersten Tage geschaffen und

alles Weitere folgt zeitlich danach. Wörtlich heißt es in der Luther-Übersetzung: „Und Gott

sprach: Es werde Licht. Und es ward Licht. Und Gott sah, daß es gut war. Da schied Gott das Licht von der Finsternis und nannte das Licht Tag und die Finsternis Nacht. Da ward aus Abend und Morgen der erste Tag“ (1. Mos. 1, 4f.).

Es handelt sich somit bereits mythologisch um ein Urphänomen, das in vergleichbarer Weise in anderen Mythologien anderer Völker zu finden ist.

Ein weiterer Mythos verbindet sich im christlich / jüdischen Weltbild mit dem Regenbogen als fortwährender Erinnerung an die Errettung des Menschen bei der Sintflut.



Abb. 3: Joseph Haydn „Die Schöpfung“, in: Aufnahme Polydor, 1969, erschienen bei Deutsche Grammophon, 1991.



Abb. 4: Sichtbares Licht: Regenbogen in: Great Ocean Road, Australien, www.hispeed.ch, 2007.

## 2.2 Licht und Ästhetik

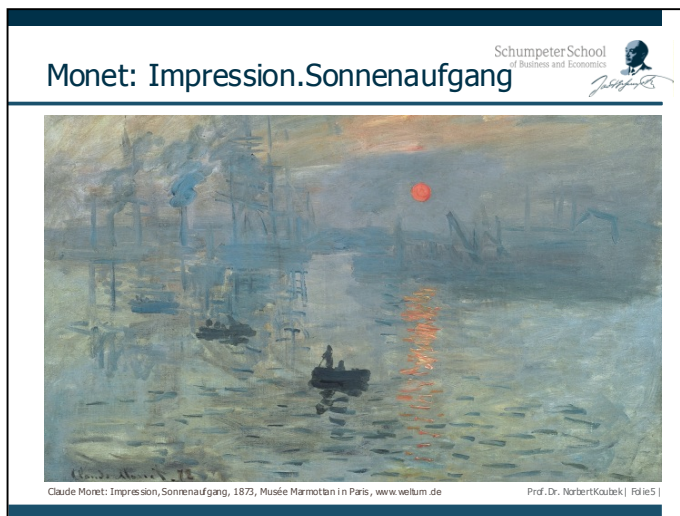


Abb. 5: Monet: Impression. Sonnenaufgang  
in: Claude Monet: Impression, Sonnenaufgang, 1873, Musée Marmottan in Paris, www.weltum.de.

Neben dem Hören ist es vor allem und ebenfalls mit einem eigenen Organ ausgestattet das Sehen, über das wir vielfältige Lichteindrücke erhalten, die grade auch in der Kunst und Ästhetik verarbeitet werden. Aus der sakralen Architektur sei an die gotischen Dome des Mittelalters erinnert, beispielhaft und in nächster Nähe den Kölner Dom. Auch in

der Malerei ist die Wirkung des Lichtes auf vielfältige Weise ein starkes Ausdrucksmittel, um Stimmungen zu erzeugen, Gefühle auszudrücken, Teile des Bildes in Szene zu setzen und allgemein den Betrachter anzusprechen. Als Beispiel möchte ich ein Bild auswählen, das vor kurzem im Wuppertaler Von-der-Heydt-Museum in der großen Monet-Ausstellung zu sehen war und das 1873 entstand. Es handelt sich um das Bild, nach dem die gesamte Kunstrichtung benannt wurde, und zwar: Impression. Sonnenaufgang

## 2.3 Licht als Gestaltungselement

Über die Wirkung des Lichts lassen sich Botschaften an Teilnehmer und Zuschauer auf vielfältige Weise übertragen und in Großveranstaltungen ist dies ein unverzichtbarer Bestandteil zur Herstellung von Effekten und dem Vermitteln von Botschaften und politischen Ansprüchen. Ein besonders eindrucksvolles Beispiel wurde bei der



Abb. 6: Eröffnungsfeuerwerk der Weltausstellung 2010  
in: CCTV, EXPO 2010 Outdoor-Eröffnungszeremonie, 30 April 2010.

Eröffnung der Weltausstellung 2010 in Shanghai durch das Feuerwerk geboten, das in einem kleinen Videoausschnitt präsentiert wird. Genießen Sie dies bitte, ich kann Ihnen heute Abend leider kein Feuerwerk bieten.



Abb. 7: Weltkulturerbe Völklinger Hütte  
in: Hans Peter Kuhn, Künstlerprojekt „Licht“, 02. April  
2010, www.sammondo.de.

Aber auch die normalen Beleuchtungen von Objekten in Wohnungen, Städten und Landschaften sind wirkungsvolle Elemente des künstlerischen Ausdruckes. Ein besonders markantes Zeugnis dieser Lichttechnik bietet das folgende Bild, bei dem ein stillgelegtes Industriedenkmal als Bühnenbild und

Illuminationsobjekte dargestellt wird. Es sei in diesem Zusammenhang nur kurz erwähnt, dass ich am Erhalt dieser Hütte als Industriedenkmal durch Entscheidungen im Aufsichtsrat der Saarstahl AG auch persönlich beteiligt war.





## **4. Licht, Strahlungen und Produkte**

Es gibt aber noch eine ganz andere Welt des Lichts, und um dieses unsichtbare Licht zu verstehen und wahrzunehmen sowie den Unterschied zu sichtbarem Licht zu erkennen, sind erstens einige Grundbegriffe einzuführen und zweitens benötigen wir technische Hilfsmittel.

### **4.1 Grundlagen**

Zunächst zeigt sich, dass das für den Menschen sichtbare und unsichtbare Licht auf gleicher Grundlage durch Energieeinsatz entsteht und sich in einem sog. elektromagnetischen Feld ausbreitet. Dies erfolgt mit jeweils bestimmten Wellenlängen und einer korrespondierenden Häufigkeit von Schwingungen pro Sekunde, die man Frequenz nennt. Die Geschwindigkeit dieser Ausbreitung liegt maximal bei knapp 300.000 km/sec. und hängt im Einzelnen von der Umgebung ab, in der die Ausbreitung stattfindet. Den Weg von der Sonne zur Erde legt der Lichtstrahl in rund 8 Minuten bzw. 480 Sekunden zurück.

Durch die Ausdrücke Energieeinsatz, elektromagnetisches Spektrum, Wellenlänge und Frequenz können wir das sichtbare Licht als Teil des elektromagnetischen Spektrums auffassen, und auch wir, die Nicht-Physiker, wollen uns daran gewöhnen, jede Form dieses Spektrum als Strahlung zu bezeichnen. Man kann umgangssprachlich aber auch von jeweils speziellen Arten des Lichts sprechen.

Die physikalische Macht des sichtbaren und unsichtbaren Lichts liegt also in den verschiedenen Formen der Strahlung, die sich durch Wellenlängen und Frequenzen unterscheiden. Sie können natürlichen Ursprungs sein oder von Menschen künstlich geschaffen werden. Gerade im Zusammenhang mit der zuletzt genannten Möglichkeit entstehen technisch, wirtschaftlich, gesellschaftlich und kulturell große Veränderungen, die im Folgenden jeweils angedeutet und zum Schluss der Vorlesung insgesamt bewertet werden.

Nun wollen wir uns die Verteilung der unterschiedlichen Lichtarten im elektromagnetischen Spektrum etwas näher ansehen und dabei die jeweils zugehörigen Produkte, und damit die ökonomischen Wirkungen, beispielhaft erwähnen und in Einzelfällen kurz erläutern. Wir wählen also das elektromagnetische Spektrum zur Einordnung von wirtschaftlichen Produkten. Dies ist, um es vorsichtig

auszudrücken, ein ungewöhnliches Verfahren in der Ökonomie. Ich hoffe, Sie begleiten mich mit Interesse und Neugierde auf dieser Reise durch die Welt des Lichts. Dabei beginnen wir bei den hochenergetischen kurzwelligen Strahlungen und wandern zu den langwelligen niedrigerenergetischen Strahlungen.

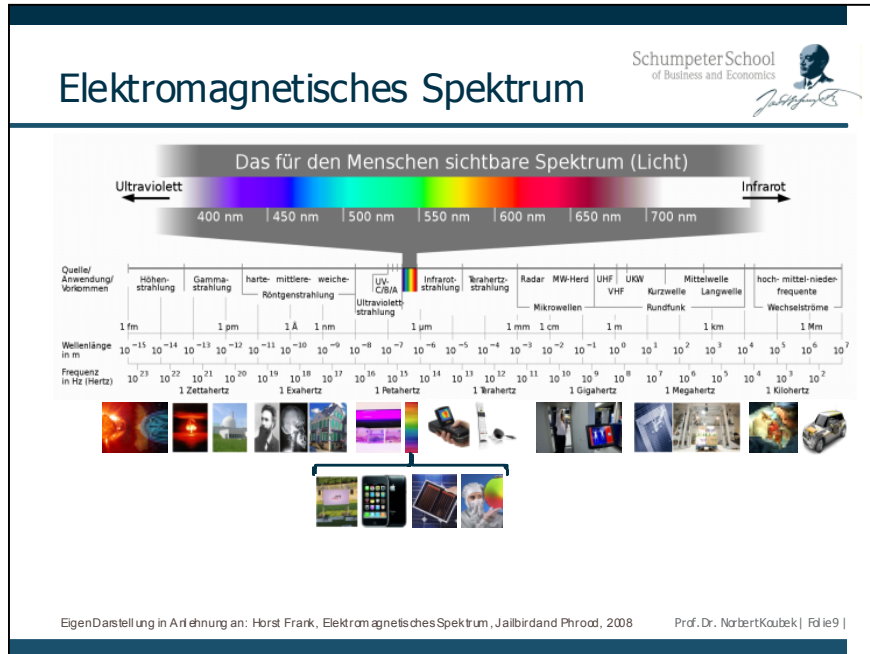


Abb. 9: Elektromagnetisches Spektrum  
Eigene Darstellung in Anlehnung an: Horst Frank, Elektromagnetisches Spektrum, Jailbird and Phrood, 2008.

In den unterlegten Bildern folgt eine wirtschaftlich-industrielle, aber auch eine technisch-wissenschaftliche Revolution der anderen und über die Konsequenzen unterhalten wir uns im Schlusskapitel.

## 4.2 Kosmisches Licht/ Kosmische Strahlung

### Naturwissenschaft / Technik:

Der erste Schritt in dem elektromagnetischen Spektrum führt bereits in den Grenzbereich der kosmischen Strahlung. Diese enthält die energiereichsten Teile des Spektrums und trifft auch kontinuierlich auf die Erde. Auch unsere Sonne sendet mit

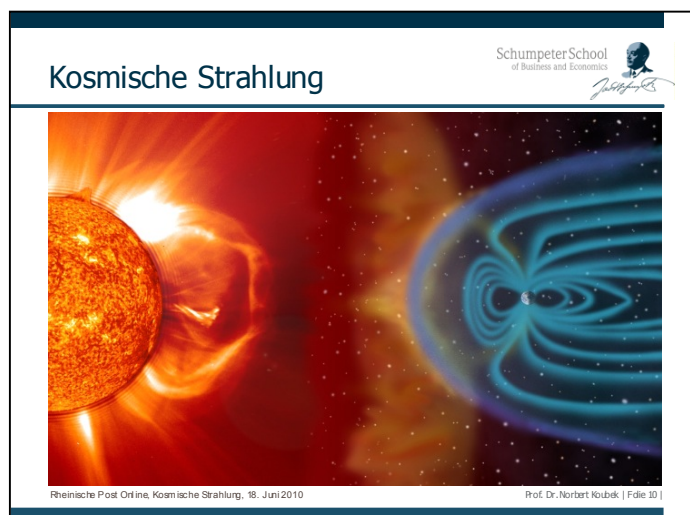


Abb. 10: Kosmische Strahlung  
in: Rheinische Post Online, Kosmische Strahlung, 18. Juni 2010.

unterschiedlicher Stärke kosmische Strahlen zur Erde, die man Solarwinde nennt, und es ist dem magnetischen Schutzschild der Erde zu verdanken, dass das Leben auf der Erde überhaupt möglich ist.

### **Ökonomische Auswirkungen:**

Störungen bzw. extrem starke Solarwinde können zum Zusammenbruch oder zumindest zu erheblichen Beeinträchtigungen der weltweiten elektrischen und elektronischen Netzwerke insbesondere bei Strom, Internet, Satellitenfunk und Telefonverbindungen führen. Damit wird dieser Gegenstand Bestandteil des Risikomanagements von Unternehmen und Organisationen, denn der elektronische Datenaustausch ist eine der Grundlagen unseres Wirtschaftslebens.

## **4.3 Gamma Strahlung**

### **Naturwissenschaft/Technik:**

Bei der unkontrollierten oder kontrollierten Freisetzung von Energien, die in den Atomkernen gebunden sind, handelt es sich um die von Einstein entwickelte Formel des Zusammenhangs von Energie, Masse und Lichtgeschwindigkeit.

Nur so viel an dieser Stelle: Die freiwerdenden Energien sind – umgangssprachlich – gigantisch und wegen der im Falle der Uranspaltung auftretenden Strahlungen gefährlich, ja in Extremfällen tödlich.

### **Ökonomische Auswirkungen:**



Zahlreiche wirtschaftliche Anwendungen der friedlichen Nutzung der Atomenergie sind entwickelt worden und werden benutzt. Genannt seien hier vor allem Atomkraftwerke zur Stromerzeugung, Mess- und Prüfverfahren in der Technik,

Abb. 11: Gammastrahlen: Atombombe und Atomkraftwerk

medizintechnische Geräte zur radioaktiven Ermittlung und Behandlung von Krankheiten.

#### 4.4 Röntgen-Licht/ Röntgenstrahlen

**Naturwissenschaft /**

**Technik:**

Zu dieser Gruppe hochenergetischer Strahlen gehören die beim Zerfall radioaktiven Materials entstehenden Röntgen-Strahlen. Die

Nutzungsmöglichkeiten

dieses Teils des Spektrums sind vielfältig, wobei es sich dabei um künstlich erzeugte Strahlen handelt.



Abb. 12: Röntgenlicht / -strahlung in: Wilhelm Röntgen, Würzburg 1895 (links), Aneurysmcoil nach 5 Jahren - Röntgen , seitlich, pictures. www.doccheck.com (Mitte), sowie: Röntgenmuseum in Lennep, www.flickr.com (rechts).

#### Ökonomische Auswirkungen:

Zu nennen sind hier vor allem die mit den Röntgenstrahlen vielfältig verbundenen medizintechnischen Einsatzmöglichkeiten, die Spektroskopie und die Computertomographie. Außerdem liegen umfangreiche Prüftechniken für eine große Anzahl von Gütern vor.

#### 4.5 UV-Licht/ Ultraviolette Strahlen

**Naturwissenschaft / Technik:**

Das Spektrum der UV-Strahlen stellt den Übergangsbereich zum violetten sichtbaren Licht dar. Auch diese Strahlen entstehen einerseits auf natürliche Weise, z.B. durch die Sonne und andere Fixsterne oder künstlich in Solarien, durch Höhensonnen oder in einem UV-Laser. Bei Menschen führt UV-Strahlung besonders im Augen- und Hautbereich zu Krankheitsrisiken, auch sind Mutationen des Erbgutes möglich.

## Ökonomische Auswirkungen:

Als Einsatzbereiche sind medizinische Anwendungen zu nennen, aber auch die Nutzung in der elektrischen Schweißtechnik, bei Materialprüfungsvorgängen u.a.. Eine besondere Wirkung wird im Rahmen des Eventmanagements mit dem sog. Schwarzlicht erzielt, in dem die Strahlung fluoreszierende Stoffe zum Leuchten bringt als auch bei der Echtheitsprüfung von Geldscheinen.



Abb. 13: Ultraviolettstrahlung  
in: Schwarzlichtleiste mit Röhre, Electronic-Shop Lutz Hoffmann, www. funk-shop.de

Eine weitere Anwendung ergibt sich, wenn UV-Strahlen bei der Trinkwasseraufbereitung oder zur Desinfektion von Oberflächen verwendet werden.

## 4.6 Sichtbares Licht

Dieser Abschnitt ist dem Teil des elektromagnetischen Spektrums gewidmet, den die Menschen mit ihren Augen sehen können, und es ist nur ein kleiner Teil dieses Spektrums. Das Spektrum des sichtbaren Lichts liegt zwischen 780 und 400 Nanometern (1 Nanometer = 1 Millionstel Millimeter), wobei es die Spektralfarben

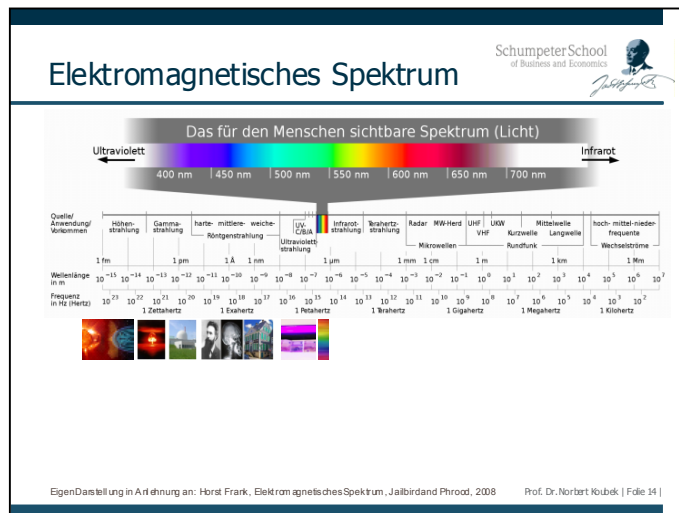


Abb. 14: Elektromagnetisches Spektrum  
in: Eigene Darstellung in Anlehnung an: Horst Frank, Elektromagnetisches Spektrum, Jailbird and Phrood, 2008.

violett, blau, grün, gelb, orange und rot gibt. Das uns geläufige weiße Licht ist in der Natur nicht vorhanden, sondern besteht aus einer Mischung der unterschiedlichen Spektralfarben des sichtbaren Lichts.



## Naturwissenschaft / Technik:

In den letzten Jahren entsteht mit den vor allem dem sichtbaren Bereich zugeordneten LED-Lampen (Light Emitting Diode, Leuchtdioden) eine revolutionäre Veränderung der Beleuchtungstechnik. Bei dieser Art des künstlichen

Lichts gibt es einfarbige und mehrfarbige Leuchtdioden.



Abb. 15: Sichtbares Licht in: Stefan Bock: LED-Leinwand im Stadion am Zoo, Wuppertal, 2010 (links), Apple Inc., iPhone 3 GS, 2010 (rechts)

## Ökonomische Auswirkungen:

LED-Lampen sind stromsparender, leichter, länger haltbar, weniger zerbrechlich und variationsreicher in der Lichtmischung als die Glühlampen. Dabei lässt sich das vor allem zu Beleuchtungszwecken eingesetzte weiße Licht sowohl als kaltweißes als auch als warmweißes Licht erzeugen. Seit 2009 sind diese Lampen für Automobile auf öffentlichen Straßen in Deutschland zugelassen und in Wuppertal ist die Nordbahntrasse teilweise mit diesen neuen Lampentypen ausgestattet und in einem Wettbewerb prämiert worden. Noch spektakulärer ist die während der laufenden Fußballweltmeisterschaft im Wuppertaler Stadion stehende 44 m<sup>2</sup> große LED-Leinwand, die aus rund 1,3 Mio. kleinen LED-Lämpchen besteht, die nach Auskunft des Käufers dieses Produktes in China alle in kurzer Zeit mit der Hand eingesetzt wurden. Dort ist nämlich zur Zeit die menschliche Arbeitskraft noch billiger als der Kauf und die Nutzung von Maschinenautomaten.

Eine Variation von LED-Licht wird durch die sog. OLED-Technologie erreicht (Organic Light Emitting Diode, organische Leuchtdiode). Hier werden kostengünstigere organische Halbleitermaterialien eingesetzt, was insbesondere bei großflächigen Raumbelichtungen sowie in der Beschichtung von Monitoren, Flachbildschirmen, TV-Fernsehgeräten, PC-Bildschirmen u.a. Verwendung findet. Als Zukunftsperspektive sei in diesem Zusammenhang auf die vorhersehbare Entwicklung von aufrollbaren Bildschirmen hingewiesen, und spezielle

Möglichkeiten zeichnen sich z.B. durch die Einbindung dieser Bildschirme in Kleidungsstücke beziehungsweise in die Rückseite von Autositzen ab.

### Naturwissenschaft / Technik:

Eine geradezu revolutionäre Entwicklung zeichnet sich bei Solarzellen ab. Auf unseren Dächern sieht man immer häufiger sog. Siliziumsolarzellen, bei denen Sonnenlicht in Elektrizität umgewandelt wird. Dies ist ein technisch und vor allem wirtschaftlich aufwendiges und teures Verfahren, so dass sich in Zukunft höchstwahrscheinlich die sog. Farbstoffsolarzellen durchsetzen werden. Diese in den 1980er und 90er Jahren von dem deutschen Chemiker Michael Grätzel in Lausanne entwickelten Zellen, die man bereits heute als Grätzel-Zellen bezeichnet, haben die in der Natur als Grundlage des Lebens bekannte Photosynthese zum überzeugenden Vorbild.

### Ökonomische Auswirkungen:



Abb. 16: Siliziumsolarzelle und Farbstoffsolarzelle in: Schweizerischer Nationalfonds SNF, Grätzel-Zelle, www.snf.ch, 15. Juli 2003

Über Farbstoffe, die auch unsichtbar sein können, lässt sich preiswert aus Sonnenlicht Strom gewinnen, sogar über die Beschichtung von Fenstergläsern, Hausfassaden, Tischen, Möbeln usw.

Gesondert sei an dieser Stelle auf das Laserlicht hingewiesen, das als künstliches Licht sowohl im

sichtbaren Bereich als auch im nicht sichtbaren Wellenbereich erzeugt wird und eine breite Anwendung mit weitreichenden wirtschaftlichen Auswirkungen vom Präsentations- / Messgerät bis zur Schweißtechnik findet. Dabei steht das Akronym Laser für Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation, zu deutsch: Lichtverstärkung durch stimulierte Emission von Strahlung.



Die Veränderungen in unseren verschiedenen Lebenswelten durch diese neue Lichttechnik werden weitreichend sein, denn das sichtbare Licht hat für die Menschen neben der rein funktionalen Nutzung in hohem Maße symbolische, emotionale, ja sogar magische Wirkungen und die vielfältigen technischen Nutzungen lassen bereits heute den Atem stocken.

#### **4.7 Infrarot-Licht/ Infrarotstrahlung**

##### **Naturwissenschaft / Technik:**

Mit der auch als „Wärmestrahlung“ bekannten Gruppe von nicht sichtbarem Licht beginnt der Bereich der langwelligeren elektromagnetischen Strahlung.

##### **Ökonomische Auswirkungen:**

Die Anwendungsfelder reichen von der Astronomie (Infrarotastronomie) über die CD-Technologie, die PCs, die Mobiltelefone, die Fernbedienungsgeräte und die sicherheitstechnischen Abbildungsverfahren bis hin zu Einzelkomponenten in der Computertechnologie mit entsprechenden Datenspeicherungen und Datenübertragungen.

Auf den längerfristig zu erwartenden umfassenden Einstieg in die Welt der Lichtcomputer sei nur kurz hingewiesen, damit dürfte sich dann auch endgültig die Ablösung des Zeitalters der Elektronik durch das Zeitalter der Photonik verbinden.



Abb. 17: Infrarotwärmekamera und Infrarotfernbedienung  
in: MobIR® M8, Dias- Infrared Systems, dias-infrared.it,  
2009 (links), Philips SRM7500, Philips Deutschland GmbH,  
www.philips.de, 2009 (rechts).

## 4.8 Terahertz- und Mikrowellenlicht/ Terahertz- und Mikrowellenstrahlung

### Naturwissenschaft / Technik:

Auch bei dieser Strahlung zwischen den Wellenlängen von unter 1 mm bis 1 m bestehen große Anwendungsmöglichkeiten.

### Ökonomische Auswirkungen:



Abb. 18: Ganzkörper-Scanner  
in: EU Kommission , Ganzkörper-Scanner, [www.rnw.nl](http://www.rnw.nl) ,  
2010.

Diese umfassen neben Produkten zur Radioastronomie insb. diejenigen für das Radar, den Mobilfunk, das Fernsehen, das W-LAN, das GPS, den Mikrowellenherd, das Satellitenfernsehen und den Magnetresonanztomographen.

Vor einigen Monaten wurde in Deutschland intensiv über die sog. Ganzkörperscanner, besser bekannt als Nacktscanner auf Flughäfen diskutiert. Hinter diesem spektakulären Produkt, das z.B. auf amerikanischen Flughäfen bereits zum Einsatz kommt und von der EU-Kommission für europäische Flughäfen ebenfalls vorgeschlagen wird, verbirgt sich die Nutzung der speziellen Eigenschaften von Terahertzstrahlungen, die nur ganz bestimmte Materialien durchdringen können und damit zum Aufspüren von verborgenen Gegenständen einschließlich von Körperteilen genutzt werden können. Die T-Wellen sind im Gegensatz zu beispielsweise den Röntgenstrahlen gesundheitlich unbedenklich, die Probleme bestehen vor allem im rechtlichen und ethischen Bereich.

### Naturwissenschaft / Technik:

Bei dieser Art der Strahlung werden Wellen von einem Sender ausgestrahlt, um Spannungsstände und Informationen zu übertragen.

### Ökonomische Auswirkungen:

Der gesamte Bereich der Rundfunktechnik basiert auf diesen Grundlagen, in jüngster Zeit wird diese Technik zunehmend auch zur Identifizierung von Gegenständen genutzt und in einer Vielzahl von Branchen und Verfahren, von der Automobilindustrie, über das Finanzwesen, den Handel, die Produktion und Logistik, die Landwirtschaft, das Gesundheitswesen und das Militärwesen eingesetzt. Dabei erzeugt das Lesegerät elektromagnetische Wellen, die im Empfänger eine Reaktion auslösen, durch die der gesuchte Gegenstand geortet werden kann.

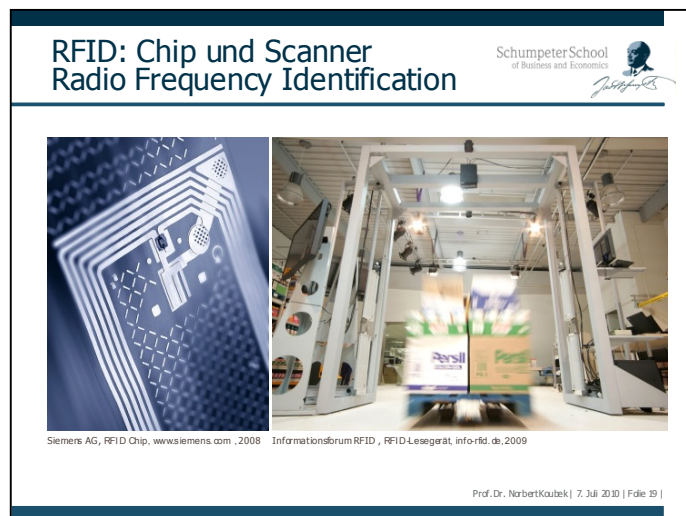


Abb. 19: RFID: Chip und Scanner  
in: Siemens AG, RFID Chip, [www.siemens.com](http://www.siemens.com), 2008  
(links), Informationsforum RFID, RFID-Lesegerät, [info-rfid.de](http://info-rfid.de), 2009 (rechts).

## 4.9 Radiowellen-Licht/ Radiowellenstrahlung

### Naturwissenschaft / Technik

Die klassische Unterteilung der Radiowellen in die Kurz-, Mittel- und Langwellenbereiche in diesem Teil des elektromagnetischen Spektrums wird zwar zur Zeit teilweise durch satellitengestützte Strahlungen ersetzt, doch bietet dieses Spektrum neue Anwendungsmöglichkeiten.

### Ökonomische Auswirkungen:

Eine der neuen Anwendungsmöglichkeiten besteht in Geräten der Hochfrequenz-Chirurgie (HF-Chirurgie), bei denen es darum geht, mit künstlich erzeugten elektromagnetischen Wellen das klassische Skalpell bei Operationen zu ersetzen und dabei gleichzeitig die betroffenen Blutgefäße zu veröden. Punktgenau lassen sich in allen Fällen, in denen eine direkte

Sicht auf die gesamte OP-Fläche nicht erforderlich ist, mikrochirurgische Eingriffe durchführen. Dies kann und wird zumindest Teile der klassischen Gewebeschnitt-Chirurgie revolutionieren.

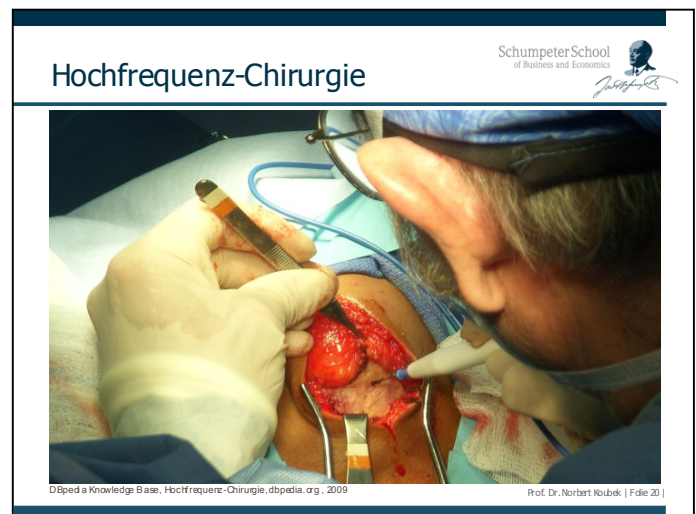


Abb. 20: Hochfrequenz-Chirurgie  
in: DBpedia Knowledge Base, Hochfrequenz-Chirurgie,  
dbpedia.org, 2009.

## 4.10 Niederfrequenz-Licht/ Niederfrequenzstrahlung

### Naturwissenschaft / Technik:

Diese mit extrem langen Wellen (bis 100 Mio. Metern) auftretenden Strahlungen entstehen überall dort, wo elektrische Energie erzeugt, übertragen oder verbraucht wird. Jedes eingeschaltete elektrische Gerät benötigt Strom, der einerseits mit diesen Wellenlängen fließt und andererseits im Niederfrequenzbereich unabhängig davon ein gleichschwingendes magnetisches Feld aufbaut.

**Ökonomische Auswirkungen:**

Mit der künftig erwarteten Umstellung der Antriebssysteme von fossilen Brennstoffen auf Elektroenergie werden weltweit tiefgreifende Wandlungen der Verkehrssysteme verbunden sein. Für die Heizungssysteme

gilt Vergleichbares. Allein damit wird sich eine der industriellen Revolutionen

im 21. Jahrhundert verbinden, sowohl in der Gestaltung der Endprodukte als auch im Wechsel von der Nekrologietechnologie für Erdöl, Erdgas, Kohle zu den kurzfristig erneuerbaren Solarzellentechnologien u.ä. für die Energiegewinnung.



Abb. 21: Mini-E  
in: Stefan MINI (BMW), Mini-E, ifakaraphilosophy.files.wordpress.com, 2009.

## 5. Licht, Innovationen und Kondratieff-Zyklen

Ich hoffe, es ist gelungen, die Veränderungen bei den vielfältigen Produkten sowie den zugrundeliegenden Technologien anzudeuten und auf vorhersehbare gesellschaftliche und wirtschaftliche Auswirkungen hinzuweisen. Daneben werden sich aber auch die Anforderungen an die Arbeitskräfte, an das Qualifikationsniveau und die Arbeitsorganisation ändern sowie neue ökologische Bedingungen bei der Produktion und Konstruktion zeigen.

Da im Prinzip alle Länder der Erde in diesen Wandel auf irgendeine Weise einbezogen sind und künftig noch stärker sein werden, entsteht ein Wettbewerb um die Positionen, Marktanteile, Wachstumsraten, Anpassungszwänge sowie die gesellschaftlichen und kulturellen Auswirkungen. Allein die Umstellungen in den Bereichen Verkehr, Energie, Bau- und Materialwirtschaft durch die Nutzung der beschriebenen Optionen im Spektrum des sichtbaren und unsichtbaren Lichtes bzw. genauer des elektromagnetischen Spektrums werden gigantisch sein.



Abb.22: J.A. Schumpeter: Innovation  
in: Joseph Alois Schumpeter, Business Cycles, 1939, S. 94.

In allen Sektoren werden neue Unternehmen entstehen, bestehende Unternehmen müssen sich anpassen oder sie verschwinden vom Markt. Ich zitiere an dieser Stelle sehr gerne den Namensgeber unserer School of Business and Economics, Joseph A. Schumpeter mit dem Satz:

„Die Veränderungen im wirtschaftlichen Prozeß, die

durch Innovation hervorgerufen werden, zusammen mit allen ihren Wirkungen und der Reaktion des ökonomischen Systems auf diese Veränderungen, werden wir mit dem Ausdruck wirtschaftliche Entwicklung bezeichnen.“.

Mit Umbrüchen dieses Ausmaßes hat sich Schumpeter in seinen wissenschaftlichen Studien ein Leben lang beschäftigt und fand den Begriff der langen Wellen von 50-60 Jahren als eine geeignete Umschreibung dieser revolutionären Änderungen. Weiterhin schlug er vor, diese langen Wellen als Kondratieff-Zyklen zu bezeichnen,



in Anerkennung der Leistungen des russischen Wirtschaftsstatistikers Nikolai Kondratieff am Anfang des 20. Jahrhunderts.

Die Fortschreibung der Kondratieff-Zyklen bis zur Gegenwart und darüber hinaus ist das Verdienst des in Bonn lebenden deutsch-russischen Wissenschaftlers Leo A. Nefiodow. Er hat vor allem den in den letzten Jahrzehnten wirksamen fünften Zyklus beschrieben, in dessen Mittelpunkt die Informations- und Kommunikationstechnologie und der Computer als zentrale Basisinnovation standen.

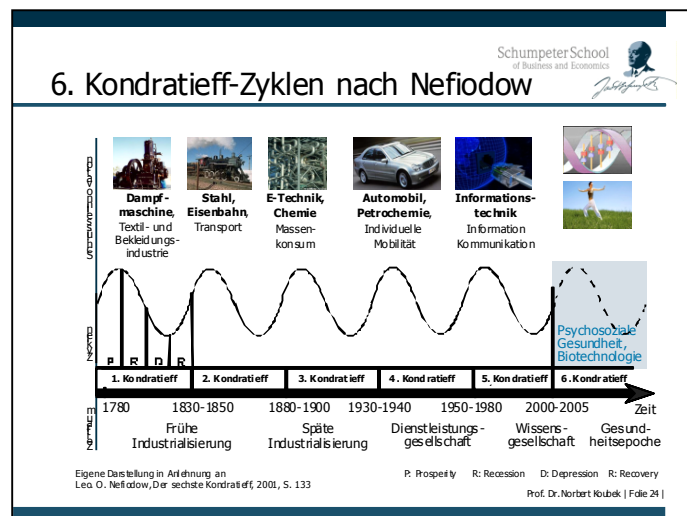


Abb.23: 6. Kondratieff-Zyklen nach Nefiodow  
Eigene Darstellung in Anlehnung an Leo. A. Nefiodow, Der sechste Kondratieff, 2001, S. 133.

Einen Schritt in die Zukunft wagte Nefiodow, als er im Jahr 2000 den zu erwartenden 6. Zyklus darstellte und diesen mit den Begriffen der körperlichen, seelischen und geistigen Gesundheit, der Ökologie und der sozialen Aktivitäten beschrieb, zusammenfassend spricht er vom Megatrend Gesundheit.

Ich glaube, diese Festlegung war voreilig, und zwar in zweifacher Hinsicht. Zunächst ist diese Wahrnehmung eindeutig und einseitig auf die europäische Lebenswirklichkeit ausgerichtet. Hier altert eine im Weltmaßstab wohlhabende Bevölkerung in den kommenden Jahren und Jahrzehnten sehr stark und wird sich schon aus Eigeninteresse zunehmend den eigenen gesundheitlichen Problemen zuwenden. Dies gilt aber durchaus nicht für zahlreiche Entwicklungsländer und vor allem auch nicht für die großen Schwellenländer Asiens, Afrikas und Lateinamerikas mit ihren auch in den kommenden Jahrzehnten relativ jungen und wachsenden Bevölkerungen von im Durchschnitt 20-30 Jahren gegenüber mehr als 40 Jahren in Europa. Wer die jugendliche Dynamik in den Metropolen dieser Länder erlebt, kann sich nicht vorstellen, dass die Sorge um die eigene Gesundheit und das Alter so dominierend sein wird. Vielmehr erscheint die erstmalige Teilhabe ganzer Generationen am materiellen wirtschaftlichen Wohlstand und sozialen Aufstieg unter

Beachtung und Durchsetzung lebenswerter Umwelt- und Gesundheitsstandards zu dominieren.

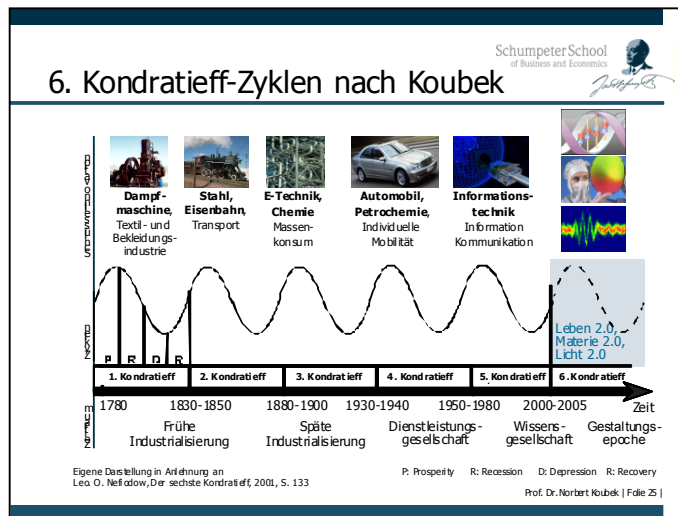


Abb.24: 6. Kondratieff-Zyklen nach Koubek  
Eigene Darstellung in Anlehnung an Leo. A. Nefiodow, Der sechste Kondratieff, 2001, S. 133.

die Schaffung neuer Welten. Man kann etwas salopp und personalisiert auch von „Lichtmischern, Materieakrobaten und Biomagiern“ sprechen. Alle genannten drei Elemente sind im folgenden Chart enthalten.

Ich möchte mit einem Vorschlag, einem Angebot zur weiteren Diskussion schließen: Die revolutionären Veränderungen der kommenden Jahre und Jahrzehnte sollten in längeren Zeitintervallen überprüft werden, denn es gilt auch hier die Erkenntnis, dass die Zukunft grundsätzlich unbekannt ist.

In diesem Zusammenhang biete ich an, in fünf Jahren, also am 7. Juli 2015, bei Zustimmung des Rektors in diesem Hörsaal, einen Vortrag zum gleichen Thema zu halten und dabei den dann erreichten Stand der Veränderungen zu überprüfen. Wer von Ihnen an diesem vorgesehenen Termin Zeit, Lust und die Möglichkeit hat dabei zu sein, sei hiermit herzlich eingeladen. Im Übrigen wird die



Abb. 25: Licht 2.0, Materie 2.0, Leben 2.0  
in: The Economist, Biology 2.0, 19. June 2010.

Ich schlage daher zum Schluss meines Vortrags vor, den 6. Kondratieff-Zyklus, der um das Jahr 2000 begann, mit den Begriffen „Licht, Materie, Leben“ zu benennen. In allen drei Feldern steht die Konstruktion von materiellen und immateriellen Produkten auf der Grundlage atomarer und subatomarer Strukturen im Vordergrund und damit



längerfristige Überprüfung dieses Vorschlags durch die fachlich zwar abweichenden, thematische aber durchaus mit Licht, Materie und Leben verbundenen Schwerpunkte unserer beiden Kinder Nora und Jochen Koubek fortgeführt werden können. Wir werden dies im Familienrat besprechen.

## **6. Dank**

Ich bedanke mich für Ihre Aufmerksamkeit und Ihr Interesse. Diese spezielle Vorlesung war in der Vorbereitung gleichermaßen mit einem überdurchschnittlichen Arbeitsaufwand und mit Freude beim Entwickeln neuer Gedanken verbunden und ich hoffe, diese freudige Grundstimmung konnte ich zumindest in Teilen auf Sie übertragen.

Ich bedanke mich sehr herzlich bei allen an dieser Veranstaltung beteiligten Personen, insbesondere bei meinem Lehrstuhlteam für den hohen Einsatz bei der Vorbereitung und Umsetzung dieser multimedialen Vorlesung und des anschließenden Empfangs. Dieser Dank bezieht sich auf (Ladies first):

Jutta Hilgenberg, Julia Nikolaus, Mareike Schulte, Anna Weigandt

und

Johannes Elspaß, Wolfgang Kuhn, Jan Otto, Jan van Dinther, Alexander Zocher.

## **Abbildungen**

- Abb. 1: Begrüßungsfolie
- Abb. 2: Albert Einstein, Licht ,  
in: Schiller, Christoph, Motion Mountain - The Adventure of Physics,  
2007, S. 952.
- Abb. 3: Joseph Haydn „Die Schöpfung“,  
in: Aufnahme Polydor, 1969, erschienen bei Deutsche Grammophon, 1991.
- Abb. 4: Sichtbares Licht: Regenbogen  
in: Great Ocean Road, Australien, [www.hispeed.ch](http://www.hispeed.ch), 2007.
- Abb. 5: Monet: Impression.Sonnenaufgang  
in: Claude Monet: Impression, Sonnenaufgang, 1873, Musée Marmottan in  
Paris, [www.weltum.de](http://www.weltum.de).
- Abb. 6: Eröffnungsfeuerwerk der Weltausstellung 2010  
in: CCTV, EXPO 2010 Outdoor-Eröffnungszeremonie, 30 April 2010.
- Abb. 7: Weltkulturerbe Völklinger Hütte  
in: Hans Peter Kuhn, Künstlerprojekt „Licht“, 02. April 2010 ,  
[www.sammondo.de](http://www.sammondo.de).
- Abb.8 : Photosynthese  
Eigene Darstellung.
- Abb. 9: Elektromagnetisches Spektrum  
Eigene Darstellung in Anlehnung an: Horst Frank, Elektromagnetisches  
Spektrum, Jailbird and Phrood, 2008.
- Abb. 10: Kosmische Strahlung  
in: Rheinische Post Online, Kosmische Strahlung, 18. Juni 2010.
- Abb. 11: Gammastrahlen: Atombombe und Atomkraftwerk  
in: Atombombe , Academic Dictionaries and Encyclopedias, 2009 sowie  
Atomkraftwerk Leibstadt, [www.panoramio.com](http://www.panoramio.com), 2007.
- Abb. 12: Röntgenlicht / -strahlung  
in: Wilhelm Röntgen, Würzburg 1895 (links), Aneurysmacoil nach 5  
Jahren - Röntgen , seitlich, pictures. [www.doccheck.com](http://www.doccheck.com) (Mitte), sowie:  
Röntgenmuseum in Lennep, [www.flickr.com](http://www.flickr.com) (rechts).
- Abb. 13: Ultraviolettstrahlung  
in: Schwarzlichtleiste mit Röhre , Electronic-Shop Lutz Hoffmann, [www.funk-shop.de](http://www.funk-shop.de)
- Abb. 14: Elektromagnetisches Spektrum  
in: Eigene Darstellung in Anlehnung an: Horst Frank, Elektromagnetisches  
Spektrum, Jailbird and Phrood, 2008.

- Abb. 15: Sichtbares Licht  
in: Stefan Bock: LED–Leinwand im Stadion am Zoo, Wuppertal, 2010  
(links), Apple Inc., iPhone 3 GS, 2010 (rechts)
- Abb. 16: Siliziumsolarzelle und Farbstoffsolarzelle  
in: Schweizerischer Nationalfonds SNF, Grätzel-Zelle, [www.snf.ch](http://www.snf.ch), 15.  
Juli 2003
- Abb. 17: Infrarotwärmekamera und Infrarotfernbedienung  
in: MobIR® M8, Dias- Infrared Systems, [dias-infrared.it](http://dias-infrared.it), 2009 (links),  
Philips SRM7500, Philips Deutschland GmbH, [www.philips.de](http://www.philips.de), 2009  
(rechts).
- Abb. 18: Ganzkörper-Scanner  
in: EU Kommission , Ganzkörper-Scanner, [www.rnw.nl](http://www.rnw.nl) , 2010.
- Abb. 19: RFID: Chip und Scanner  
in: Siemens AG, RFID Chip, [www.siemens.com](http://www.siemens.com) , 2008 (links),  
Informationsforum RFID, RFID-Lesegerät, [info-rfid.de](http://info-rfid.de), 2009 (rechts).
- Abb. 20: Hochfrequenz-Chirurgie  
in: DBpedia Knowledge Base, Hochfrequenz-Chirurgie, [dbpedia.org](http://dbpedia.org) ,  
2009.
- Abb. 21: Mini-E  
in: Stefan MINI (BMW), Mini-E, [ifakaraphilosophy.files.wordpress.com](http://ifakaraphilosophy.files.wordpress.com),  
2009.
- Abb.22: J.A. Schumpeter: Innovation  
in: Joseph Alois Schumpeter, *Business Cycles*, 1939, S. 94.
- Abb.23: 6. Kondratieff-Zyklen nach Nefiodow  
Eigene Darstellung in Anlehnung an Leo. A. Nefiodow, *Der sechste  
Kondratieff*, 2001, S. 133.
- Abb.24: 6. Kondratieff-Zyklen nach Koubek  
Eigene Darstellung in Anlehnung an Leo. A. Nefiodow, *Der sechste  
Kondratieff*, 2001, S. 133.
- Abb. 25: Licht 2.0, Materie 2.0, Leben 2.0  
in: *The Economist*, *Biology 2.0*, 19. June 2010.

## **Literatur**

Ackermann, Marion/Neumann, Dietrich (Hrsg.): Leuchtende Bauten: Architektur der Nacht, Ausstellungskatalog Hatje Tantz Kunstmuseum Stuttgart, Stuttgart 2006.

Bibel, 1. Buch Moses

Bundesministerium für Bildung und Forschung: Optische Technologien – mit Licht in die Zukunft, aus: [www.bmbf.de/de/3591](http://www.bmbf.de/de/3591), 02.05.2010.

Frank, Horst: Elektromagnetisches Spektrum, Jailbird and Phrood 2008.

Fuchs, Walter R.: Knaurs Buch der modernen Physik, Stuttgart & Hamburg 1965.

Heybrock, Eckhard/Brinkmann, Uwe: Optische Technologien Made in Germany, aus: [www.optischeTechnologien.de](http://www.optischeTechnologien.de).

Höfling, Oscar: Lehrbuch der Physik, 4. Aufl., Bonn 1959.

Kröber, Michael O.R.: Leuchtende Zukunft, in: *managermagazin* 4/2007, S. 145-148.

Maalampi, Juka: Die Weltlinie - Albert Einstein und die moderne Physik, Berlin-Heidelberg 2008

Matz, Jutta/Mehl, Heinrich: Vom Kienspan zum Laserstrahl. Zur Geschichte der Beleuchtung von der Antike bis heute, Husum 2000.

Nefiodow, Leo A.: Der sechste Kondratieff, 5. Aufl., Bonn 2001.

Schivelbusch, Wolfgang: Lichtblicke: Zur Geschichte der Helligkeit im 19. Jahrhundert, Frankfurt a.M. 2004.

Schumpeter, Joseph A.: *Business Cycles*, New York – London 1939.

The Economist, 19. June 2010.

Walther, Thomas/Walther, Herbert: Was ist Licht? Von der klassischen Optik zur Quantenoptik, 3. Aufl., München 2010.

Wikipedia – Artikel zu den einzelnen Teilen des elektromagnetischen Spektrums, Mai/Juni 2010.

Zeitschrift „Bild der Wissenschaft“, H. 5/2010, S. 84-101: Licht der moderne Zauberstab hämmert, schmiedet, verschlüsselt – und heilt.

Zeitschrift „Licht“, 62. Jg, H. 5/2010.

[www.licht.de](http://www.licht.de)