

Auf der Suche nach Kleinigkeiten – Veränderungen von Arbeitsbedingungen durch den Betrieb von wissenschaftlichen Großgeräten

Peter JOEHNK

*Helmholtz-Zentrum Dresden-Rossendorf e.V.
Bautzner Landstraße 400, D-01328 Dresden*

Kurzfassung: Die Technik- und Geräteentwicklung in den letzten 100 Jahren wirkt sich auch massiv auf die Arbeitsbedingungen in der Wissenschaft aus. Während früher der „geniale“ Einzelwissenschaftler Ideengeber für Weiterentwicklungen war, erfordert der experimentelle Nachweis an wissenschaftlichen Großgeräten disziplinübergreifende Teamarbeit auf internationaler Ebene. Daraus ergeben sich Konsequenzen für die Arbeitswelt in Großforschungseinrichtungen, die einige der sozialen Errungenschaften in der Arbeitswelt der vergangenen 60 Jahre konterkarieren. Die Gründe und die Rahmenbedingungen dafür werden nachfolgend dargelegt und beschrieben.

Schlüsselwörter: Wissenschaftliches Arbeiten, Arbeitsbedingungen, Großforschungsgeräte

1. Wissenschaft und Forschung

Unter Wissenschaft wird die Erweiterung des Wissens durch Forschung und dessen Weitergabe durch Lehre verstanden. Forschung ist die methodische Suche nach neuen Erkenntnissen und deren systematische Dokumentation und Veröffentlichung in Form von wissenschaftlichen Arbeiten. Wissenschaft begegnet uns in unserem Alltag, ist täglich medial präsent und fest in unserer Gesellschaft verankert. Und trotzdem wird mit Wissenschaft oft noch etwas Geheimnisvolles und Mystisches verbunden. Man bewundert die griechischen Philosophen und bestaunt deren Erkenntnisse. Man applaudiert den neusten Errungenschaften der Wissenschaft und achtet und schätzt gesellschaftlich wie politisch die Arbeit von Wissenschaftlern. Und dennoch bleibt Skepsis und Distanz zu wichtigen Entdeckungen in den Naturwissenschaften, wie etwa der Kernspaltung, der Gentechnologie oder den Nanotechnologien.

Im Brockhaus wird das Hauptziel der Wissenschaft wie folgt definiert: „Wissenschaft ist die rationale, nachvollziehbare Erkenntnis der Zusammenhänge, Abläufe, Ursachen und Gesetzmäßigkeiten der natürlichen wie der historischen und kulturell geschaffenen Wirklichkeit; neben der Erweiterung des Wissens über die Welt liefern vor allem Naturwissenschaft und Technik die Mittel zu vorausschauender Planung und gezielter Veränderung der Wirklichkeit.“ (dtv Brockhaus Lexikon 1998).

2. Entwicklung des wissenschaftlichen Arbeitens

Albert Einstein hatte für seine wissenschaftlichen Arbeiten neben einem scharfen Verstand und einer genialen Idee keine besonderen Anforderungen an seine Arbeitsumgebung, vielleicht eine ungestörte Atmosphäre und die Möglichkeit, Gedanken schriftlich festzuhalten. Das Notizbuch und der Bleistift auf dem Nachtschisch waren ausreichend, um Theorien zu entwickeln, deren Gültigkeit selbst mit modernster Technik bis heute nicht zu erschüttern war.

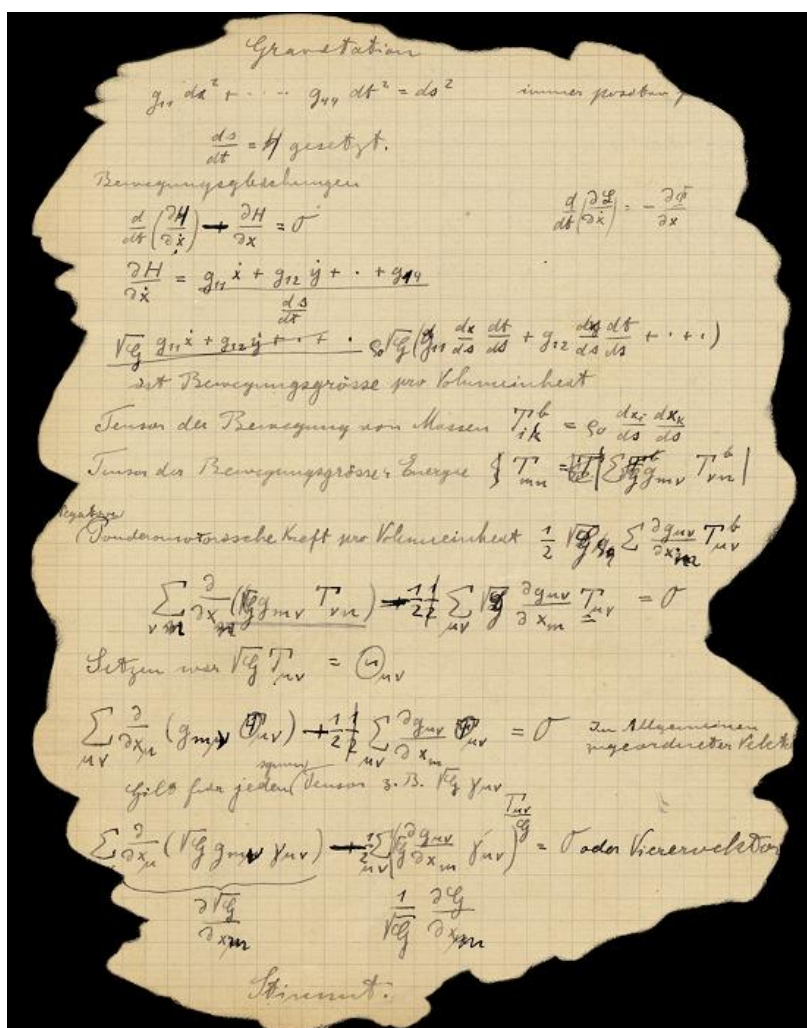


Abbildung 1: Auszug aus dem Arbeitsskizzen-Notizbuch von Albert Einstein, Geniestreich, Michael Dörner (Einstein 1936) Darstellung an der Fassade des Gästehauses des HZDR in Dresden

Die Forschung beginnt mit einer Fragestellung. Diese ergibt sich aus früheren Forschungsarbeiten, einer neuen Entdeckung oder aus dem beobachteten Alltag. Die Forschungsfrage wird zunächst beschrieben und entwickelt sich meist in kleinen Schritten. Aus diesen Schritten abgeleitete Probleme werden in ihre einzelnen Bestandteile zerlegt und oft werden dabei weitere Forschungsbereiche eingebunden. Die sich daraus entwickelte Theorie definiert nachvollziehbare Aussagen über einen Sachverhalt. Diese wissenschaftliche Syntax unterscheidet sich nicht von den Anfängen bis zur Gegenwart. Auch heute arbeiten viele Wissenschaftler theoretisch

und dokumentieren ihre Ergebnisse; zwar nicht mehr ausschließlich auf Papier, sondern überwiegend unter Nutzung von moderner Rechentechnik.

Will man heute theoretische Vorhersagen/Modelle experimentell überprüfen, bedarf es dazu eines immer größeren werdenden technischen Aufwandes. Dabei geht es vor allem auch darum, Materialien so zu untersuchen, dass man ihre Eigenschaften und ihre Zusammensetzung versteht, weil dieses Verständnis einerseits für eine generelle Einordnung unverzichtbar, dann aber auch Grundlage für eine mögliche Anwendungsmodifizierung ist. Eigenschaften von Materialien zum Beispiel untersucht man in den Naturwissenschaften schon seit Hunderten von Jahren.

Mit der Erfindung des Mikroskops wurde das wissenschaftlichen Arbeiten auf eine neue Grundlage gestellt. Überlieferungen zufolge konstruierte der Holländer Hans Janssen im späten 16. Jahrhundert das erste Mikroskop. Die Gesamtlänge der verschiebbaren Röhren hatte eine Länge von ca. 45 cm und man konnte damit eine drei- bis neunfache Vergrößerung des jeweiligen Objektes erreichen. Damit wurde es zum ersten Mal möglich Dinge zu betrachten, die bisher für das menschliche Auge nicht sichtbar waren.

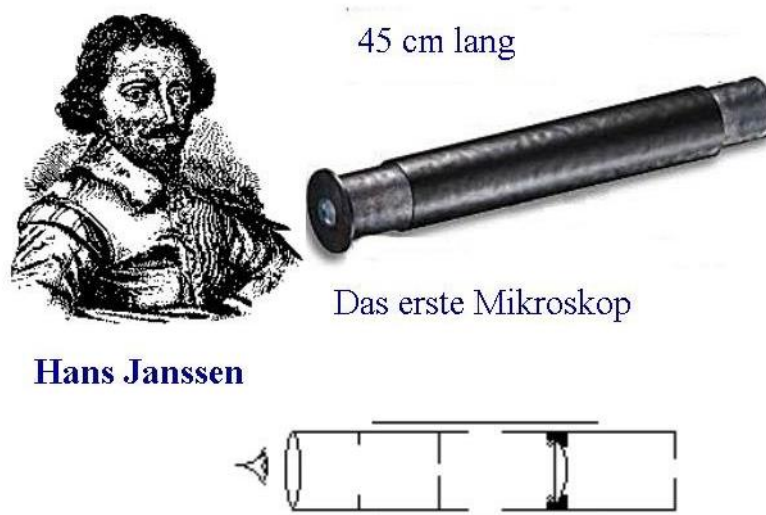


Abbildung 2: Das erste Mikroskop, Quelle: Schaffhaus 2015

Galilei, Drebbel und Kepler entwickelten das Mikroskop weiter. Erstmals wurde der Name „Micoscopium“ Anfang des 17. Jahrhunderts erwähnt. Vor allem in den Naturwissenschaften war das Mikroskop ab der Mitte des 17. Jahrhunderts nicht mehr wegzudenken und eröffnete neue Möglichkeiten. Die Beobachtungen mittels des Mikroskops wurden in einer Zeit gemacht, in der das naturwissenschaftliche Denken noch in den Anfängen steckte. Das durch das Mikroskop veränderte Sehen wirkte sich auf die menschliche Vorstellungskraft aus und trieb auf diese Weise die Forschung voran.

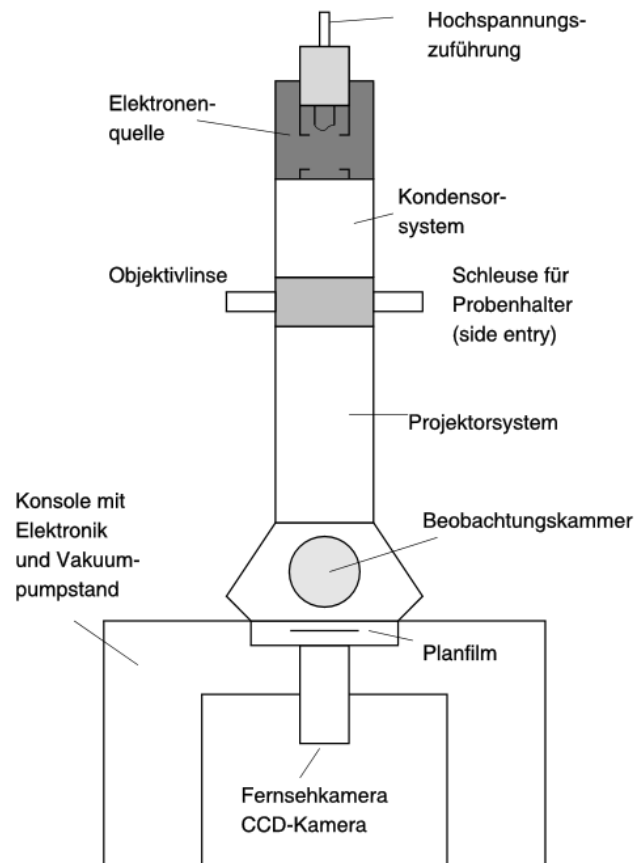


Abbildung 3: Modernes Elektronenmikroskop, Quelle: Universität Freiburg 2015

Im Grunde geht es darum, durch immer tiefere Einblicke in die Struktur und die Eigenschaften von Festkörpern deren einzelne Bestandteile auf atomarer Ebene besser zu verstehen, um daraus Modifikationen für spezielle Anwendungsfälle entwickeln zu können.

3. Elemente und Atome – Bausteine des Lebens

Im 5. Jahrhundert vor Christus vertrat der griechische Philosoph Empedokles die Ansicht, alle Dinge setzen sich aus Luft, Erde, Feuer und Wasser zusammen. Die Lehre von den vier irdischen Wurzeln, denen der Denker Aristoteles später eine fünfte himmlische Essenz – den Äther – hinzufügte, bestimmte bis in das Mittelalter das Denken der Wissenschaftler. Erst der Franzose Antoine de Lavoisier widerlegte endgültig die antike Lehre: 1789 veröffentlichte er eine Liste von 33 einfachen Stoffen, die sich durch chemische Experimente nicht in weitere Substanzen aufspalten lassen. Heute kennen wir 118 Elemente, die in dem von Mendelejew entwickelten Periodensystem dargestellt werden. Doch was ist ein Element? Wie kann man Elemente untersuchen und wofür? Welche Instrumente werden dafür benötigt?

Ein Element kann sich nicht weiter in einfachere Stoffe zerlegen lassen. Der heutige Element-Begriff nimmt für die Stoffe eine Einteilung nach ihren Bestandteilen, den Atomen, vor. Heutiges naturwissenschaftliches Arbeiten beruht v. a. auf der Untersuchung von Elementen. Aus diesen werden Eigenschaften von Materialien abgeleitet und die Struktur von Festkörpern bis hin zur atomaren Ebene

bestimmt. Noch vor etwa 50 Jahren konnte man in Schulbüchern für den Physikunterricht die Erkenntnis nachlesen, dass Atome die kleinsten unteilbaren Bausteine allen Lebens sind. Heute wissen wir, dass dieses Wissen überholt ist. Die Erkenntnis dazu stammt u.a. aus dem experimentellen Nachweis durch physikalische Großgeräte wie Beschleunigern.

4. Großgeräte für die Forschung

Mit Großgeräten sind im Folgenden Experimentiereinrichtungen für die Forschung gemeint, die aufgrund ihrer Größe und Komplexität, den enormen Aufwendungen für Betrieb und Fortentwicklung sowie ihrer nationalen als auch internationalen Bedeutung staatlich gefördert werden. Großgeräte sind ein wesentlicher Bestandteil der Forschungsinfrastruktur mit ihnen wird Erkenntnisgewinn betrieben. Für die Forschung garantieren sie die Langfristigkeit des Arbeitens und stehen für eine moderne, arbeitsteilige Welt. Der Betrieb eines Großgerätes wird erst durch die kollektive Zusammenarbeit von Wissenschaftlern, Ingenieuren und Technikern möglich. Großgeräte stehen externen Wissenschaftlern zur Verfügung und fördern ein interdisziplinäres Arbeiten. Das weltweit größte Gerät wurde von der **Conseil Européen pour la Recherche Nucléaire – CERN –** (Europäische Organisation für Kernforschung) errichtet. Mit derzeit 20 Mitgliedstaaten werden der Aufbau der Materie und die fundamentalen Wechselwirkungen zwischen den Elementarteilchen erforscht.

Das CERN war ursprünglich vor allem für die Forschung im Bereich der Kernenergie vorgesehen. Dazu wurde 1957 der erste Teilchenbeschleuniger, das SynchroZyklotron in Betrieb genommen. 1959 konnte mit dem Protonen-Synchrotron erstmals eine Protonenenergie von 28 Giga-Elektronenvolt (GeV) erreicht werden. Dieser Beschleuniger dient bis heute noch als Vorbeschleuniger. Bereits 1970 erforderte der Betrieb von CERN ein Budget von 370 Millionen Schweizer Franken, wovon 23 Prozent durch die Bundesrepublik Deutschland getragen wurden. Ein weiterer Meilenstein in der Geschichte von CERN ist die Inbetriebnahme des Large Electron Positron Collider im August 1989. In einem Tunnel mit einer Länge von 27 Kilometern kollidieren hier Elektronen und Positronen mit Energien von 100 GeV. Mit dem größten Teilchenbeschleuniger der Welt, dem LHC (Large Hadron Collider), werden heute Teilchen auf nahezu Lichtgeschwindigkeit beschleunigt und zur Kollision gebracht. Mit einer Vielzahl unterschiedlicher Teilchendetektoren werden sodann die Flugbahnen der bei den Kollisionen entstandenen Teilchen rekonstruiert, woraus sich wiederum Rückschlüsse auf die Eigenschaften der kollidierten sowie der dabei entstandenen neuen Teilchen ziehen lassen. So wurde am 4. Juli 2012 von CERN verkündet, dass dort ein bisher nicht bekanntes Masseteilchen im Bereich von 125 bis 126 GeV beobachtet wurde; dies könnte das seit langem gesuchte HIGGS-Teilchen sein, dessen Existenz erklären könnte, wie Elementarteilchen zu ihrer Masse kommen. Dies ist mit einem enormen technischen Aufwand für die Herstellung und den Betrieb der Anlagen sowie mit extremen Anforderungen an Beschleunigertechnologie, Detektorentwicklung, Datenanalyse sowie Rechnerleistung zur Datenauswertung verbunden. Auch aus diesem Grund wird CERN international betrieben und finanziert (Vgl. CERN 2015).

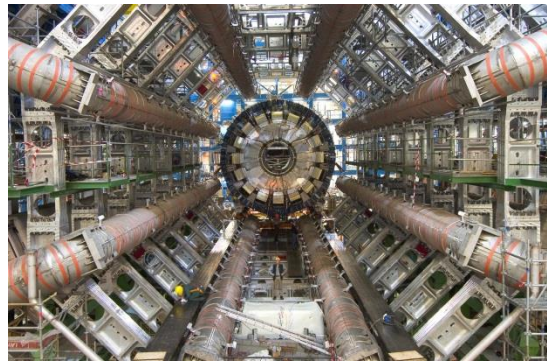


Abbildung 4: *Atlas-Detektor, CERN, Quelle: Desy 2015*

Die Auswertung der Abermillionen Datensätze führte dann im Juli 2012 zu der Feststellung, dass es sich bei dem entdeckten neuen Teilchen tatsächlich um das Higgs-Boson handelt. Das Higgs-Teilchen ist kein Baustein, aus welchem unsere Welt besteht; dafür sind Elektronen und das Quarks verantwortlich. Das Higgs-Teilchen hat keine elektrische Ladung oder Farbladung sowie keinen Spin (Drehmoment). Kollidieren Teilchen durch den natürlichen Einfluss der kosmischen Strahlung oder im Labor am CERN, zeigt sich das Higgs-Teilchen und die Wissenschaftler können damit beweisen, dass es ein Higgs-Feld – ein Energiefeld – gibt, welches den Elementarteilchen Masse verleiht. Ob durch die Entdeckung des Higgs-Bosons der Welt ein technischer Nutzen entstanden ist, ist fraglich. Aber für den Erkenntnisgewinn ist diese Entdeckung unverzichtbar: Gäbe es den Higgs-Mechanismus nicht, wären alle Materieteilchen ohne Masse, d.h. alle Teilchen bewegten sich ungebremst, verbänden sich nicht zu Atomen, Molekülen oder Materie. Was wäre dann mit Sternen, der Erde, dem Menschen? (Vgl. Swiss Institute of Particle Physics, CHIPPP 2015).

Am CERN konnten aber nicht nur fundamentale Erkenntnisse über den Aufbau der Materie oder die Grundkräfte der Physik gewonnen werden. Das CERN gilt auch als die Geburtsstätte des World Wide Web. Das Internet fiel als Zusatzprodukt ab, nachdem ein Weg gesucht wurde, Forschungsarbeiten kurzfristig und auf eine einfache Art und Weise unter den Wissenschaftlern auszutauschen (Vgl. LHC 2015).

Sein Erfinder Tim Berners-Lee beschrieb es als „[...] wide-area hypermedia information retrieval initiative aiming to give universal access to a large universe of documents“ (Vgl. W3.org 2015). Zu Recht wurde Berners-Lee bei der Eröffnung der Olympischen Spiele in London am 27.07.2012 von einem überwiegend jungen Publikum dafür frenetisch gefeiert.

Und hier greift nun ein weiterer Meilenstein in der technischen Entwicklung der Wissenschaft. Die von den Großgeräten produzierten Datenmengen können nicht mehr mit „normalen“ Computern ausgewertet werden, d. h. parallel musste die Computerentwicklung mit dem Betrieb von Großgeräten Schritt halten. Die erzeugten Datenmengen übersteigen schon lange die normale menschliche Auffassungsgabe. Informationen müssen mit Hilfe von Hochleistungsrechnern ausgewertet werden, teilweise erfolgt dies über einen Zeitraum von Wochen oder Monaten. Die Auswertung durch einen Wissenschaftler alleine ist daher kaum noch denkbar. Einer der Großrechner des Forschungszentrums Jülich gehört aktuell zu den zehn weltbesten Supercomputern. Seine Spitzenleistung beträgt rund 5 Petaflop/s. Mit einer Leistung von etwa sechs Billionen Rechenoperationen pro Sekunde wird verdeutlicht, welche Mengen von Daten verarbeitet werden müssen. Diese Supercomputer stellen somit selbst ein Großgerät dar, dessen Bedienung,

technische Betreuung und Wartung von Technikern und Wissenschaftlern rund um die Uhr gewährleistet sein muss.

5. Die Veränderungen in der Arbeitswelt

Aus den vorausgegangenen Darstellungen ergeben sich zwangsläufige Veränderungen für die Arbeitsbedingungen an Großgeräten, die in den folgenden 12 Thesen zusammengefasst werden können:

1. Der „geniale“ Einzelwissenschaftler ist zu einem disziplinübergreifenden „Teamworker“ geworden.
2. Forschung mit Großgeräten erzeugt neue wissenschaftliche Erkenntnisse („Methodenkompetenz“) als Zusatzprodukt der eigentlichen wissenschaftlichen Aufgabe. Das bedeutet, dass die eigentliche Arbeitsaufgabe oft nur unkonkret beschrieben werden kann.
3. Großforschung ist verortet und nicht mobil. „Wer messen (forschen) will, muss reisen.“
4. Große Infrastrukturen sind auch finanziell groß, daher ist es wirtschaftlich nicht vertretbar, sie nur acht Stunden täglich und nur von montags bis freitags zu betreiben.
5. Der Betrieb großer Infrastrukturen betrifft nicht alleine die Wissenschaft, sondern auch alle anderen Services inkl. Reinigung, Kantine, Gase-Versorgung, Logistik usw.
6. Die finanziellen Dimensionen von Großgeräten lassen sich nicht mehr im nationalen Maßstab darstellen, internationale Kooperation ist zwingend. Dies bedeutet das Zusammenarbeiten unterschiedlicher Kulturen auf einer gemeinsamen Sprachbasis.
7. Informationen und Informationsaustausch auf höchstem Niveau bedingt die absolute Beherrschung von IT. Ohne „digitale natives“ geht das nicht mehr. Früher reichte es aus, z. B. ein guter Physiker zu sein. Heute kommen weitere selbstverständliche „skills“ dazu.
8. Die Grenzen zwischen den Berufsgruppen Wissenschaftler/Techniker werden fließend und damit werden Eingruppierungsfragen berührt.
9. Das Arbeiten an internationalen Großgeräten wirft, wird es über längerfristige Zeiträume betrieben, ausländerrechtliche, tarifrechtliche und sozialversicherungsrechtliche Fragestellungen auf.
10. Flexibilitätsanforderungen hinsichtlich des Arbeitsortes und der Arbeitszeiten bedingen Belastungen oder Einschränkungen im familiären Bereich.
11. Projektbezogene Arbeiten mit einer definierbaren Dauer erfordern arbeitsvertragliche Flexibilität der Beschäftigungsdauer.
12. Der hohe öffentliche Finanzierungsaufwand erfordert auch einen höheren Aufwand bei der Rechtfertigung der verausgabten Mittel. Dies setzt mediales Talent oder Training voraus. Abgehobene Forscher im Elfenbeinturm der Wissenschaft kann es dort nicht geben, wo die Frage nach dem gesellschaftlichen Nutzen zu beantworten ist.

Großgeräte führen damit zu erheblichen Veränderungen in der Arbeitswelt. Während vor allem in den letzten 60 Jahren die Reduzierung der wöchentlichen regelmäßigen Arbeitszeit und die Abschaffung der Samstagsarbeit als soziale Errungenschaften gefeiert wurden, stellen die Anforderungen aus dem

Großgerätebetrieb diese Errungenschaft heute auf den Kopf – ein Trend, wie er auch in anderen Branchen, vor allem im Dienstleistungsbereich, zu beobachten ist.

Der technische Fortschritt, der auch durch die Großgeräteforschung mitbestimmt wird, ist für unsere Gesellschaft aber von so großem Nutzen, dass die Belastungen im persönlichen Bereich in einer Güterabwägung als tragbar empfunden werden müssen.

6. Literatur

- CERN (o.J.) About Cern, <http://public.web.cern.ch/public/>, Zugriff am: 2015-07-13
DESY (o.J.) Atlas, www.weltmaschine.de/experimente/atlas/, Zugriff am 2015-07-13
dtv Brockhaus Lexikon in 20 Bänden (1988) Bd. 20, S. 153
Einstein A (1936) Scientific notes on experimental data, General Relativity, Thermodynamics. The Hebrew University of Jerusalem, S.3-13, Fotocollage Michael Dörner, Aufnahme HZDR-Gästehaus
Large Hadron Collider (o.J) Geschichte des Cern, <http://www.lhc-facts.ch/index.php?page=geschichtecern>, Zugriff am 2015-07-13
Schaffhaus M (o.J) Das virtuelle Museum der Wissenschaft, <http://www.amuseum.de/MikSchaffhaus/Folie6.JPG>, Zugriff am 2015-07-13
Swiss Institute of Particle Physics (o.J.) Fundamentale Kräfte, elementare Teilchen, <http://www.teilchenphysik.ch/die-voraussetzung-fuer-feste-materie>, Zugriff am 2015-07-13
Universität Freiburg AK Röhr, Institut für Anorganische und Analytische Chemie (o.J.) Elektronenmikroskopie (REM/TEM) http://ruby.chemie.uni-freiburg.de/Vorlesung/SVG/Methoden_ac/tem2.svg, Zugriff am 2015-07-13
W3.org (o.J.) <http://www.w3.org/History/19921103-hypertext/hypertext/WWW/TheProject.html>, Zugriff am 2015-07-13