

Universität Bremen  
— Fachbereich 1  
Institut für Didaktik der Naturwissenschaften  
— Abt. Physikdidaktik

— Masterarbeit —

# Entwicklung von Lernaufgaben zur Bewertung von Großforschungsanlagen der Teilchenphysik

vorgelegt von: Karsten Seelbach  
vorgelegt am: 30.09.2011

Matrikelnummer: 1949677  
E-Mail: kseelbach@uni-bremen.de

Studiengang: Master of Education

1. Prüfer: Prof. Dr. Horst Schecker
2. Prüfer: Dr. Dennis Nawrath



---

## Inhaltsverzeichnis

---

1	Einleitung	1
2	Bewertungskompetenz	3
2.1	Bildungsstandards und Kompetenzerwartung . . . . .	3
2.2	Bewertungskompetenz in den Bildungsstandards Physik . . . . .	3
2.3	Kompetenzbereich Reflexion in der EPA . . . . .	5
2.4	Kompetenz Bewertung im Bremer Bildungsplan . . . . .	5
3	Kompetenzmodelle	7
3.1	Entscheidungsstrategien . . . . .	7
3.2	Klassifizierung von Kompetenzmodellen . . . . .	10
3.3	Kompetenzmodelle in der Biologiedidaktik . . . . .	11
3.3.1	Modell für Werte-Dilemmata-Situationen . . . . .	12
3.3.2	Göttinger Modell zur Bewertungskompetenz im Kontext nachhaltiger Entwicklung . . . . .	13
3.4	ESNaS-Kompetenzmodell . . . . .	13
3.4.1	Kompetenzbereiche . . . . .	15
3.4.2	Weitere Kompetenzdimensionen . . . . .	16
4	Theoretischer Hintergrund: Gesellschaftlicher Nutzen von CERN	17
4.1	Gesellschaftlicher Nutzen von CERN . . . . .	17
4.2	Wissenschaftlicher Fortschritt → Gesellschaftlicher Fortschritt? . . . . .	18
4.3	Philosophische Perspektive . . . . .	20
4.3.1	Abgrenzung von physikalischen und philosophischen Fragen . . . . .	21
4.3.2	Bedeutung der Forschung am CERN für die Menschheit . . . . .	21

4.4	Wirtschaftliche Perspektive . . . . .	22
4.4.1	Verbindung von Grundlagenforschung und Wirtschaft . . . . .	23
4.4.2	Unternehmen vs. Grundlagenforschung . . . . .	25
4.5	Perspektive aus der Forschung . . . . .	26
4.5.1	Wissenschaftsrat . . . . .	26
4.5.2	Großforschungsanlagen . . . . .	27
4.5.3	Wissenschaftstandort . . . . .	29
5	Aufgaben . . . . .	31
5.1	Makrostruktur – Aufbau der Arbeitsblätter . . . . .	31
5.2	Einzelarbeitsphasen . . . . .	32
5.2.1	Einzelarbeitsphase Philosophie . . . . .	33
5.2.2	Einzelarbeitsphase Wirtschaft . . . . .	35
5.2.3	Einzelarbeitsphase Forschung . . . . .	36
5.3	Beispielhafte Skizzierung einer Musterlösung: Forschergruppe . . . . .	39
5.3.1	Erster Aufgabenteil . . . . .	39
5.3.2	Zweiter Aufgabenteil . . . . .	40
5.3.3	Gruppenarbeitsphase . . . . .	41
6	Kriterien für die Auswahl von Texten für Bewertungsaufgaben . . . . .	43
6.1	Authentizität . . . . .	44
6.2	Aktualität . . . . .	46
6.3	Kognitive Anforderung . . . . .	46
6.4	Unterrichtsbezug . . . . .	47
6.5	Förderung von Kompetenz . . . . .	49
6.6	Ausgewogenheit . . . . .	50
7	Erprobung der Aufgaben und der Textauswahl . . . . .	53
7.1	Erste Erprobung . . . . .	53
7.1.1	Ziele der ersten Erprobung . . . . .	53
7.1.2	Ergebnisse der ersten Erprobung . . . . .	54
7.2	Änderung auf Grund der Ergebnisse . . . . .	54
7.2.1	Expertengruppe Wirtschaft . . . . .	55
7.2.2	Änderung auf Grund der Ergebnisse . . . . .	56
7.3	Zweite Erprobung . . . . .	56
7.3.1	Ziele der Erprobung . . . . .	56

---

7.3.2	Ergebnisse der zweiten Erprobung . . . . .	56
7.3.3	Gruppenphase . . . . .	59
7.3.4	Änderung auf Grund der Ergebnisse . . . . .	60
8	Einsatzmöglichkeiten im Unterricht . . . . .	61
8.1	Die „Variable“ Materialsammlung . . . . .	62
8.1.1	Minimalpaket . . . . .	62
8.1.2	Erweitertes Paket . . . . .	63
8.2	Die „Variable“ Rollenspiel . . . . .	63
9	Zusammenfassung und Ausblick . . . . .	65
Anhang		5
A	Philosophische Perspektive . . . . .	6
A.1	Aufgabenblatt . . . . .	6
A.2	Material Philosophie 1 . . . . .	8
A.3	Material Philosophie 2 . . . . .	9
A.4	Material Philosophie 3 . . . . .	10
A.5	Material Philosophie 4 . . . . .	11
A.6	Material Philosophie 5 . . . . .	12
A.7	Material Philosophie 6 . . . . .	13
B	Perspektive aus der Forschung . . . . .	14
B.1	Aufgabenblatt . . . . .	14
B.2	Material Forschung 1 . . . . .	16
B.3	Material Forschung 2 . . . . .	17
B.4	Material Forschung 3 . . . . .	18
B.5	Material Forschung 4 . . . . .	19
B.6	Material Forschung 5 . . . . .	20
B.7	Material Forschung 6 . . . . .	21
B.8	Material Forschung 7 . . . . .	22
C	Wirtschaftliche Perspektive . . . . .	23
C.1	Aufgabenblatt Wirtschaft . . . . .	23
C.2	Altes Aufgabenblatt Wirtschaft . . . . .	25
C.3	Material Wirtschaft 1 . . . . .	27
C.4	Material Wirtschaft 2 . . . . .	28
C.5	Material Wirtschaft 3 . . . . .	29

C.6	Material Wirtschaft 4 . . . . .	30
C.7	Material Wirtschaft 5 . . . . .	31
C.8	Material Wirtschaft 6 . . . . .	32
D	Kritik & Anregungen . . . . .	33
D.1	Quellen zu Daten in Übersicht Teilchenbeschleuniger . . . . .	35
E	Protokolle zum schulbezogenen Forschungspraktikum . . . . .	36

# KAPITEL 1

---

## Einleitung

---

In dieser Arbeit sollen Lernaufgaben zur Bewertung des gesellschaftlichen Nutzens von CERN entwickelt und eine geeignete Materialauswahl getroffen werden, die es Schülerinnen und Schülern (SuS) ermöglicht, sich die benötigten Sachinformationen anzueignen, die als Grundlage der Bewertung dienen. An erster Stelle (Kapitel 2) soll dazu eine Auseinandersetzung mit dem Begriff der Bewertungskompetenz in den KMK-BILDUNGSSTANDARDS PHYSIK 2004, in der EPA PHYSIK 2004 und in dem BREMER BILDUNGSPLAN FÜR DIE GYMNASIALE OBERSTUFE PHYSIK 2008 stehen.

Hierzu werden die Motivation für die Einführung der Bewertungskompetenz, deren genauere Beschreibung sowie mögliche Unterrichtsthemen des Physikunterrichts, in denen sie Anwendung finden kann, dargestellt.

Im Weiteren (Kapitel 3) werden verschiedene Kompetenzmodelle für „Bewertung“ vorgestellt.

Da in der Physikdidaktik noch keine ausgearbeiteten und erprobten Kompetenzmodelle zur Bewertung existieren, werden zwei Kompetenzmodelle der Biologiedidaktik, das *Göttinger Modell zur Bewertungskompetenz im Kontext nachhaltiger Entwicklung* von BÖGEHOLZ und EGGERT (2006) und *das Modell für Werte-Dilemmata-Situationen* von HÖSSLE (2007), vorgestellt. Am Ende folgt eine ausführlichere Darstellung des *ESNaS-Kompetenzmodells*.

Im Kapitel 4 soll der Nutzen von Grundlagenforschung für die Gesellschaft dargestellt werden. Dafür muss zunächst der Begriff des gesellschaftlichen Nutzens genauer beschrieben werden; sodann kann der Frage nachgegangen werden, wie sich Nutzen für die Gesellschaft und die Grundlagenforschung gegenseitig bedingen. Danach soll skizziert werden, wie gesellschaftlicher Nutzen der Forschung am CERN aus philosophischer,

ökonomischer und forschungspolitischer Perspektive aussehen könnte. Im Kapitel 5 wird der Aufbau der Arbeitsblätter zu der Aufgabe *Gesellschaftlicher Nutzen von CERN* erläutert, welche Lernziele durch sie erreicht werden sollen und eine beispielhafte Musterlösung angeboten.

Anhand von Textbeispielen aus der Materialsammlung werden im Kapitel 6 Kriterien für die Materialauswahl der Aufgabe *Gesellschaftlicher Nutzen von CERN* dargestellt. Im Kapitel 7 werden die Ergebnisse zweier erster Erprobungen mit Studenten präsentiert und ihre Folgen auf die Aufgabenstellungen und die Auswahl möglicher Texte.

Im letzten Kapitel werden zwei Beispiele von Materialsammlungen für den Unterrichtseinsatz vorgeschlagen.

Gespräche mit Lehrern im Rahmen des schulbezogenen Forschungspraktikum dient der Eingrenzung des Themas der Masterarbeit.



# KAPITEL 2

---

## Bewertungskompetenz

---

### 2.1 Bildungsstandards und Kompetenzerwartung

Aufgrund des unterdurchschnittlichen Abschneidens deutscher Schüler bei PISA entwickelte die Kultusministerkonferenz (KMK) output-orientierte Bildungsstandards für den mittleren Bildungsabschluss (vgl. z. B. EGGERT 2008, S. iii). Die Bildungsstandards für die naturwissenschaftlichen Fächer enthalten allgemeine Bildungsziele, 4 Kompetenzbereiche Fachwissen, Erkenntnismethoden, Kommunikation und Bewertung, die durch Teildimensionen und Niveaustufen präzisiert werden, und vier Basiskonzepte des Fachwissens<sup>1</sup>. Nach SCHECKER und HÖTTECKE (2007, S. 29) werden die Kompetenzerwartungen durch Aufgaben-Beispiele konkretisiert (vgl. dazu KMK-BILDUNGSSTANDARDS PHYSIK 2004). Dabei ist Bewertung „der am schwierigsten zu interpretierende Kompetenzbereich“ (SCHECKER und HÖTTECKE 2007, S. 29). Daher soll in dem folgenden Abschnitt eine Klärung folgen, was laut (KMK-BILDUNGSSTANDARDS PHYSIK 2004) unter der Kompetenz „Bewertung“ verstanden wird.

### 2.2 Bewertungskompetenz in den Bildungsstandards Physik

In allen drei Bildungsstandards der Naturwissenschaften wird das Ziel postuliert, den SuS eine naturwissenschaftliche Bildung zukommen zu lassen, denn „naturwissenschaftliche Bildung ermöglicht dem Individuum eine aktive Teilhabe an gesellschaftlicher Kommunikation und Meinungsbildung über technische Entwicklungen und naturwissen-

---

<sup>1</sup> In den KMK-BILDUNGSSTANDARDS BIOLOGIE 2004 existieren nur 3 Basiskonzepte.

schaftliche Forschung und ist deshalb wesentlicher Bestandteil von Allgemeinbildung“ (KMK-BILDUNGSSTANDARDS PHYSIK 2004, S. 6). Um aktiv an gesellschaftlich geführten Diskursen teilzunehmen, müssen SuS lernen, sowohl Chancen als auch Gefahren naturwissenschaftlicher Erkenntnisse und technischer Entwicklung zu erkennen und zu bewerten und ihre Bewertung auch adäquat zu kommunizieren. Dafür reicht naturwissenschaftliches Fachwissen allein nicht aus.

Die KMK-BILDUNGSSTANDARDS PHYSIK 2004 (S. 7) beschreiben *Bewertung* als Kompetenz „Physikalische Sachverhalte in verschiedenen Kontexten erkennen und bewerten“ und präzisieren:

„Das Heranziehen physikalischer Denkmethoden und Erkenntnisse zur Erläuterung, zum Verständnis und zur Bewertung physikalisch-technischer und gesellschaftlicher Entscheidungen ist Teil einer zeitgemäßen Allgemeinbildung. Hierzu ist es wichtig, zwischen physikalischen, gesellschaftlichen und politischen Komponenten einer Bewertung zu unterscheiden. Neben der Fähigkeit zur Differenzierung nach physikalisch belegten, hypothetischen oder nicht naturwissenschaftlichen Aussagen in Texten und Darstellungen ist es auch notwendig, die Grenzen naturwissenschaftlicher Sichtweisen zu kennen“.<sup>2</sup>

Konkretisiert wird die Bewertungskompetenz durch Anforderungsstandards. „Die SuS

- B 1 zeigen an einfachen Beispielen die Chancen und Grenzen physikalischer Sichtweisen bei inner- und außerfachlichen Kontexten auf,
- B 2 vergleichen und bewerten alternative technische Lösungen auch unter Berücksichtigung physikalischer, ökonomischer, sozialer und ökologischer Aspekte,
- B 3 nutzen physikalisches Wissen zum Bewerten von Risiken und Sicherheitsmaßnahmen bei Experimenten, im Alltag und bei modernen Technologien,
- B 4 benennen Auswirkungen physikalischer Erkenntnisse in historischen und gesellschaftlichen Zusammenhängen“.<sup>3</sup>

---

<sup>2</sup> KMK-BILDUNGSSTANDARDS PHYSIK 2004 (S. 10)

<sup>3</sup> KMK-BILDUNGSSTANDARDS PHYSIK 2004 (S. 12)

Die in KMK-BILDUNGSSTANDARDS PHYSIK 2004 gegebenen Aufgabenbeispiele zu Kompetenz *Bewertung* verlangen in der Mehrheit innerfachliches Bewerten oder Kommunikationsfähigkeiten und widersprechen somit den vorgestellten Anforderungsstandards SCHECKER und HÖTTECKE (2007, S. 29).

## 2.3 Kompetenzbereich Reflexion in der EPA

Die Bildungsstandards geben Regelstandards für Kompetenzen vor, die SuS mit dem Abschluss des 10. Schuljahres erreicht haben sollen. Die entwickelte Aufgabe *Gesellschaftlicher Nutzen von CERN* wurde aber für die Oberstufe konzipiert. Die einheitlichen Prüfungsanforderungen in den Abiturprüfungen (EPA) verlangen von den Abiturienten aber auch Bewertungskompetenz. Denn die EPA PHYSIK 2004 enthält einen Kompetenzbereich *Reflexion: Über die Bezüge der Physik reflektieren*, der dem Kompetenzbereich Bewertung der Bildungsstandards entspricht. „Die Prüflinge:

- haben Erfahrungen mit der Natur- und Weltbetrachtung unter physikalischer Perspektive und dem Aspektcharakter der Physik
- vermögen die wechselseitige Beziehung zwischen Physik und Technik aufzuzeigen
- sind in der Lage, die historischen und gesellschaftlichen Bedingtheiten der Physik zu reflektieren
- sind vertraut mit Bewertungsansätzen und sind in der Lage, persönlich, sachbezogen und kritikoffen Stellung zu beziehen“.<sup>4</sup>

## 2.4 Kompetenz Bewertung im Bremer Bildungsplan

Im BREMER BILDUNGSPLAN FÜR DIE GYMNASIALE OBERSTUFE PHYSIK 2008 wird die Vermittlung von themenübergreifenden fachmethodischen Kompetenzen in den Kern- und Erweiterungsbausteinen gefordert. Eine der fachmethodischen Kompetenzen heißt *Über die Bezüge der Physik reflektieren*:

„Die SuS ...

---

<sup>4</sup> (SEKRETARIAT DER STÄNDIGEN KONFERENZ DER KULTUSMINISTER DER LÄNDER IN DER BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND 2004) (S. 5)

- stellen an Beispielen die wechselseitigen Beziehungen von Physik, Technik und gesellschaftlich-kulturellen Entwicklungen dar
- reflektieren physikalische Erkenntnisse im Hinblick auf persönliche oder gesellschaftlich-politische Entscheidungen“.<sup>5</sup>

Es gibt mehrere Erweiterungsbausteine, die sich als Bewertungsanlässe eignen. Beispiele dafür sind *Elektrische Energie und Lebenswelt*, der die Bewertung der Auswirkungen von elektrischer Energie auf den Alltag ermöglicht, oder *Elektromagnetische Felder im Alltag*, in dem die Gefahren der thermischen Wirkung von Elektromog auf den menschlichen Körper bewertet werden können. Im Kernbaustein *Struktur der Materie* bietet sich neben dem Erweiterungsbaustein *Großforschungsanlagen zur Teilchenphysik* der Erweiterungsbaustein *Radioaktivität* zur Förderung von Bewertungskompetenz an.

---

5 BREMER BILDUNGSPLAN FÜR DIE GYMNASIALE OBERSTUFE PHYSIK 2008 (S. 17)

# KAPITEL 3

---

## Kompetenzmodelle

---

Menschen entscheiden oft intuitiv oder rechtfertigend. Bei intuitiven Entscheidungen handelt es sich um unbegründete Entscheidungen. Rechtfertigende Entscheidungen fußen zwar auf Gründen, aber beinhalten keine Entscheidungsoptionen oder -kriterien (BÖGEHOLZ 2007, S. 212f).<sup>1</sup> Mit dem Verweis auf KMK-BILDUNGSSTANDARDS PHYSIK 2004 verweist BÖGEHOLZ (2007, S. 213), dass „im Bildungskontext [...] die Befähigung zur Verwendung elaborierter Entscheidungsstrategien – jenseits intuitiven und rechtfertigenden Entscheidens – angestrebt [wird].“ Das *Göttinger Modell zur Bewertungskompetenz im Kontext nachhaltiger Entwicklung*, das *Modell für Werte-Dilemmata-Situationen* und das *ESNaS-Kompetenzmodell* basieren alle auf einem Prozessmodell für Entscheidungsprozesse (vgl. EGGERT (2008, S. 26) und KATZENBACH et al. (2011, S. 6)).

### 3.1 Entscheidungsstrategien

Angelehnt an BETSCH und HABERSTROH (2005) unterteilt EGGERT (2008) im *Göttinger Modell* den Entscheidungs- und Bewertungsprozess in drei Phasen:

**Präselektionale Phase** Um eine Entscheidung zu treffen, muss erst einmal die Entscheidungssituation identifiziert werden. Dabei ist eine Situation entscheidungsrelevant, wenn in ihr eine Diskrepanz zwischen dem Ist-Zustand und dem Soll-Zustand vorherrscht. Der Soll-Zustand legt also ein Ziel fest. Nach der Identifizierung der

---

<sup>1</sup> BÖGEHOLZ bezieht sich dabei auf einen Beitrag von HAIDT, Jonathan: The emotional dog and its rational tail: A social intuitionist approach to moral judgment. In: *Psychological Review* 108(4) (2001)

entscheidungsrelevanten Situation werden Entscheidungsoptionen aufgestellt. Jede Entscheidung zieht Konsequenzen nach sich. Konsequenzen können dabei durchaus multidimensional sein. Jede Konsequenzen-Dimension lässt sich durch ein Attribut (Kriterium) beschreiben (JUNGERMANN et al. 2010). Nach Festlegung des Ziels, der Entscheidungsoptionen und ihrer Attribute muss durch Informationssuche verstanden werden, wie sich die Entscheidungsoptionen bzgl. der Attribute verhalten. Die Intensität der Informationssuche und der Aufwand, der für sie betrieben wird, haben entscheidenden Einfluss auf die Ergebnisse der präselektionalen Phase und auf den gesamten Bewertungsvorgang (EGGERT 2008, S. 37).

**Selektionale Phase** In dieser Phase geht der eigentliche Bewertungsprozess vonstatten. Es gibt Entscheidungsheuristiken und -strategien, die zum Vergleich der verschiedenen Kriterien angewandt werden können. So ist es möglich, alle Kriterien zu gewichten und nur das bedeutendste Attribut bei der Entscheidungswahl der Optionen heranzuziehen. Diese Art von Entscheidungsstrategie wird nicht-kompensatorische Entscheidungsstrategie genannt. Dabei kann das bedeutendste Kriterium auch nicht durch mehrere weniger bedeutende Kriterien ersetzt werden.<sup>2</sup> Eine andere mögliche Entscheidungsstrategie ist die kompensatorische Entscheidungsstrategie. Hier werden die Attribute auch gewichtet. Aber hier werden auch die weniger bedeutenden Attribute berücksichtigt und können in der Summe ein bedeutenderes Attribut ersetzen (vgl. EGGERT 2008, S. 37f).<sup>3</sup>

**Postselektionale Phase** In dieser Phase geht es um die Implementierung der gewählten Entscheidungsoption, wobei volitionale Aspekte eine wichtige Rolle spielen (BETSCH et al. 2002, S. 457).

---

<sup>2</sup> Da die weniger bedeutenden Kriterien nicht beachtet werden, wird auch von *cut-off* gesprochen.

<sup>3</sup> Deshalb spricht man hier von einem *trade-off*.

**Tabelle 1:** Konkretisierung der Begriffe der *präsektionalen Phase* anhand zweier Beispiele

Entscheidungssituation	Autokauf (Beispiel aus JUNGERMANN et al. (2010))	Finanzierung von CERN
Ist-Zustand	Altes Auto	schlechte finanzielle Haushaltslage
Soll-Zustand	Neues Auto	bessere finanzielle Haushaltslage bei hohem gesellschaftlichen Nutzen
Entscheidungsoptionen A	Kauf Automodell A	Kürzung: Ja
Entscheidungsoptionen B	Kauf Automodell B	Kürzung: Nein
Kriterium A	Preis	finanzieller Aufwand
Kriterium B	Geschwindigkeit	wirtschaftlicher Nutzen
Kriterium B1		kurzfristiger Nutzen
Kriterium B2		langfristiger Nutzen
Kriterium C	Kraftstoffverbrauch	forschungspolitischer Nutzen
Kriterium C1	auf langen Strecken	Auswirkung auf wissenschaftliche Ausbildung
Kriterium C2	auf kurzen Strecken	Auswirkung auf Wissenschaftsstandort
Kriterium D	Design	Bedeutung für Menschheit

**Tabelle 2:** Prozessmodell Entscheidungsfindung: Konkretisierung am Beispiel der Aufgabe Gesellschaftlicher Nutzen CERNs

Phase	Metamodell	Entscheidungsfindung	Aufgabe: Expertengruppe Forschung	
Präselektional	⇒ Entscheidungssituation	⇒ schlechte finanzielle Haushaltslage		Vorgegeben
	⇒ Soll-Zustand	⇒ bessere finanzielle Haushaltslage		
	⇒ Entscheidungsoptionen	⇒ Kürzung: Ja / Nein		
	⇒ Entscheidungskriterien	z.B. wirtschaftlicher Nutzen von CERN		Einzelarbeit
	⇒ Aufarbeitung von Sachinformationen	⇒ Sachinformation zu ökonomischer Perspektive auf CERN in Materialsammlungen. Was haben die beiden Handlungsoptionen für Auswirkung auf die Wirtschaft?		
Selektional	Anwendung einer Entscheidungsstrategie	⇒ Kompensatorische Entscheidungsstrategie: gewichten von Pro- und Contra-Argumenten Unter Berücksichtigung von... (z. B. von Teilchenphysikern, Politikern...) Interessen		Gruppenarbeit
	Evaluationsprozesse	Reflexion		

### 3.2 Klassifizierung von Kompetenzmodellen

SCHECKER und PARCHMANN grenzen normative Kompetenzmodelle von deskriptiven Kompetenzmodellen folgendermaßen ab: Ein normatives Kompetenzmodell beschreibt kognitive Voraussetzungen, die ein Lernender benötigen soll, „um Aufgaben und Probleme in einem bestimmten Gegenstands- oder Anforderungsbereich lösen zu können“ (SCHECKER und PARCHMANN 2006, S. 47). Dagegen beschreibt ein deskriptives Modell ein typisches „Muster (kognitiver) Voraussetzungen, mit dem man das Verhalten von Lernenden beim Lösen von Aufgaben und Problemen in einem bestimmten Gegenstands- oder Anforderungsbereich rekonstruieren bzw. beschreiben kann“ (SCHECKER und PARCH-



MANN 2006, S. 47). Nach SCHECKER und PARCHMANN (2006) grenzt sich ein Kompetenzstrukturmodell von einem Kompetenzentwicklungsmodell dadurch ab, dass das erste Kompetenzen nach Dimensionen aufgliedert beschreibt, das zweite dagegen die Beschreibung der Art und Weise, wie sich Kompetenzen herausbilden, in den Vordergrund stellt.

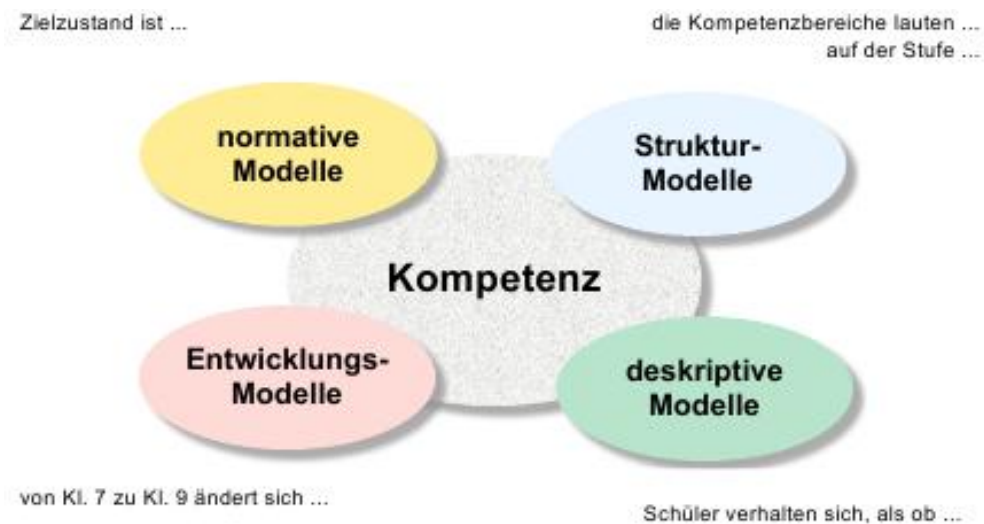


Abbildung 1: Typen von Kompetenzmodellen aus SCHECKER und PARCHMANN (2006)

### 3.3 Kompetenzmodelle in der Biologiedidaktik

Die Biologie ist die einzige Naturwissenschaft, die die belebte Natur versucht zu beschreiben. Die Inhalte des Biologieunterrichts ermöglichen so immer wieder Bezüge auf das mit der belebten Natur verknüpfte Wertesystem (MUCKENFUSS 1995, S. 96). Dadurch lässt sich vielleicht erklären, dass der Biologieunterricht, im Vergleich zum Chemie- oder Physikunterricht, mehr Anlässe bietet Sachverhalte zu bewerten. Zumeist basieren Bewertungen im Biologieunterricht auf einer ethischen Urteilsbildung, „die das verantwortungsbewusste Verhalten des Menschen gegenüber sich selbst und anderen Personen sowie gegenüber der Umwelt betreffen. Beispiele dafür sind die Forschung an Embryonen, die gentechnische Veränderung von Lebewesen, Massentierhaltung und Eingriffe in Ökosysteme“ (KMK-BILDUNGSSTANDARDS BIOLOGIE 2004, S. 5). Im Folgenden sollen zwei Kompetenzmodelle der Biologiedidaktik vorgestellt werden.

### 3.3.1 Modell für Werte-Dilemmata-Situationen

Das normative Kompetenzstufenmodell von HÖSSLE (2007) beschreibt, welche Kompetenzen SuS benötigen, um Werte-Dilemmata-Situationen zu bewerten. Beispiele für Werte-Dilemmata-Situationen sind Entscheidungen, die einen Schwangerschaftsabbruch in Betracht ziehen oder Forschung an Embryonen betreffen. Die Schüler sollten bei Bewertungsprozessen in der Lage sein, ethische Werte in Dilemmata-Situationen zu identifizieren und diese bei der Urteilsfällung gebührend zu berücksichtigen. Außerdem sollten sie bei der Bewertungsreflexion einen Perspektivwechsel vollziehen und sich so in die Werteorientierung anderer hineinversetzen (vgl. REITSCHERT und HÖSSLE 2007, S.127f). Der konkrete Bewertungsprozess sollte in sechs Schritten ablaufen (siehe Tabelle 3). Diese Methode der sechs Schritte moralischer Urteilsfähigkeit wurde sowohl an Grundschulen als auch in der Mittelstufe auf ihre Eignung für den Unterricht getestet.

**Tabelle 3:** Sechs Schritte moralischer Urteilsfähigkeit (vgl. HÖSSLE 2007, S.205)

Schritt	Inhalt
1	Definieren des Dilemmas
2	Nennen von Handlungsoptionen
3	Nennen von ethischen Werten
4	Systematisieren von Werten
5	Reflektierte Urteilsfällung unter Berücksichtigung andersartiger Urteile (Perspektivwechsel)
6	Nennen von Folgen

Entscheidungen, die in Werte-Dilemmata-Situationen getroffen werden, haben in der Regel einen hohen Bedeutungswert für die persönliche Lebenswelt der Person, die sich in der Dilemmata-Situation befindet. Die Bewertung des gesellschaftlichen Nutzens von CERN ist hingegen geprägt von gesellschaftspolitischen Aspekten, die die Lebenswelt der bewertenden Person nicht direkt betreffen. Desweiteren spielen hier moralische Fragen keine große Rolle. Aus diesen Gründen ist das Kompetenzmodell nach Hößle nicht geeignet um die Bewertungskompetenzen zu beschreiben, die SuS bei der Lösung der Aufgabe *Gesellschaftlicher Nutzen von CERN* benötigen.

### 3.3.2 Göttinger Modell zur Bewertungskompetenz im Kontext nachhaltiger Entwicklung

Im Kompetenzmodell von BÖGEHOLZ und EGGERT (2006) spielt das Konzept *Nachhaltige Entwicklung* eine zentrale Rolle. Das Konzept *Nachhaltige Entwicklung* „vereint die Aspekte Ökologie, Ökonomie und Soziales und bedeutet, die Erhaltung der natürlichen Lebensgrundlagen mit wirtschaftlicher Leistungsfähigkeit und sozialer Sicherheit in Einklang zu bringen, damit auch künftige Generationen die Natur als Lebens- und Wirtschaftsgrundlage nutzen können“ (KMK-BILDUNGSSTANDARDS BIOLOGIE 2004, S. 30).

BÖGEHOLZ (2007, S. 214) unterteilt im *Göttinger Modell* die Bewertungskompetenz im Kontext nachhaltiger Entwicklung in vier Teilkompetenz. Die SuS sollen in der Lage sein

1. Sachinformationen zu sammeln und zu reflektieren,
2. zu bewerten, zu entscheiden und zu reflektieren,
3. Werte und Normen zu verstehen,
4. nachhaltige Entwicklung zu verstehen.

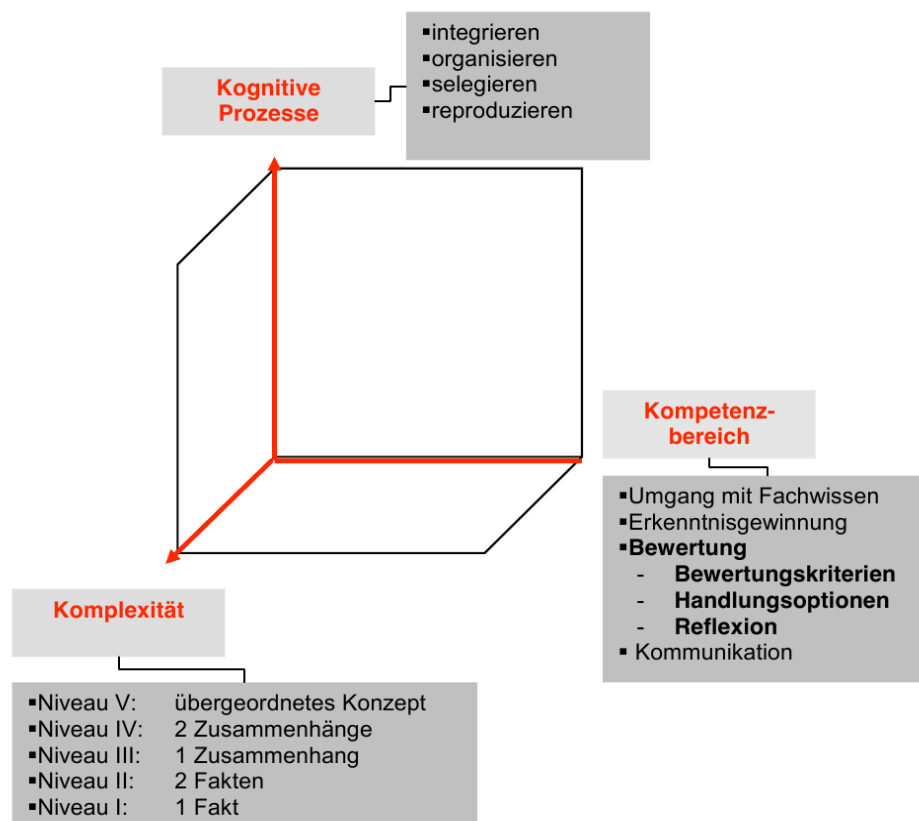
Das *Göttinger Modell* lässt sich nicht auf die Bewertung des gesellschaftlichen Nutzens von CERN anwenden. SuS benötigen die ersten beiden Teilkompetenzen des *Göttinger Modells* auch bei der Bewertung des gesellschaftlichen Nutzens von CERN. Hingegen spielt dort keine Rolle, ob Werte oder Normen gekannt und verstanden werden. Auch lässt sich der gesellschaftliche Nutzen von CERN schlecht im Kontext von nachhaltiger Entwicklung betrachten, da bei einer gesellschaftlichen Nutzenbewertung von CERN zwar ökonomische Argumente von zentraler Bedeutung sind, aber ökologische und soziale Aspekte nebensächlich sind.

## 3.4 ESNaS-Kompetenzmodell

In ihrer Anleitung zur Entwicklung von Testaufgaben orientieren sich KATZENBACH et al. (2011) an einem normativen Kompetenzstrukturmodell, auf dessen Basis die Testaufgaben entwickelt werden sollen. Bei dem Erstellen der Musterlösungen zu den Aufgaben *gesellschaftlicher Nutzen von CERN* wurde dieses Modell als Grundlage ge-

wählt.<sup>4</sup> Deshalb soll an dieser Stelle auf die verschiedenen Kompetenzdimensionen dieses Modells eingegangen werden. Die Darstellung des Modells in dieser Arbeit orientiert sich an der Darstellung von KATZENBACH et al. (2011).

Das Modell enthält drei Kompetenzdimensionen: *Kompetenzbereich*, *Bewertungskriterien* und *Komplexität*.



**Abbildung 2:** Dreidimensionales Kompetenzstrukturmodell zur Kompetenzbewertung aus KATZENBACH et al. (2011)

4 KATZENBACH et al. (2011) stellen eine Konstruktionsanleitung für Testaufgaben vor, mit deren Hilfe eine Weiterentwicklung und Ausdifferenzierung der Kompetenz *Bewertung* durch empirische Untersuchung ermöglicht werden soll. Bei der Aufgabe *Gesellschaftlicher Nutzen von CERN* handelt es sich um eine Lernaufgabe, die damit andere Ziele verfolgt als Testaufgaben.

### 3.4.1 Kompetenzbereiche

Die Kompetenzdimension „Kompetenzbereiche“ gliedert die Kompetenz *Bewertung* in drei Teilkompetenzen auf: „Bewertungskriterien“, „Handlungsoptionen“ und „Reflexion“.

#### *Bewertungskriterien*

Die SuS sollen im Rahmen der präselektionalen Phase in der Lage sein, die Entscheidungsrelevanz einer Situation festzustellen, sich die Sachlage durch Informationssuche zu erschließen und zu ordnen und so Bewertungskriterien aufzustellen, die sie später im Bewertungsprozess anwenden können. Bei der Teilkompetenz *Bewertungskriterien* steht die sachliche Klärung im Vordergrund. (KATZENBACH et al. 2011, S. 18)

Fragen, mit denen sich SuS beschäftigen sollen, könnten z. B. sein:

- Welche Situation soll ich bewerten?
- Welche Sachinhalte kann ich zur Bewertung heranziehen?
- Welche Sachinhalte sind für die Bewertung (aus welcher Perspektive) wichtig, welche nicht?

#### *Handlungsoptionen*

Im Rahmen der präselektionalen Phase sollen SuS in der Lage sein, Handlungsoptionen aufzustellen und deren Folgen (auch aus bestimmten Perspektiven) mit Hilfe von Sachinformationen abzuschätzen. In der selektionalen Phase sollen die SuS verschiedene Handlungsoptionen mit Hilfe von Entscheidungsstrategien vergleichen. Fragen, mit denen sich SuS beschäftigen sollen, könnten z. B. sein:

- Welche Handlungsoptionen ermöglicht diese Entscheidungssituation?
- Welche Folgen haben die Entscheidungen für diese Handlungsoption?

#### *Reflexion*

Diese Teilkompetenz kommt hauptsächlich in der selektionalen Phase zum Tragen. SuS sollten in der Lage sein, Bewertungsprozesse in der Retrospektive und aus einer Außenperspektive zu analysieren. Fragen, die SuS für sich klären sollten, könnten z. B. sein:

- Wurden alle relevanten Sachinformationen, Perspektiven und Folgen berücksichtigt?
- Ist die Gewichtung der Bewertungskriterien angemessen?
- Wurde die der Entscheidungssituation angemessene Entscheidungsstrategie gewählt?

### *Aspekte*

Die Teilkompetenzen können innerhalb eines Bewertungsprozesses unter verschiedenen Aspekten betrachtet werden: ethische, persönliche und gesellschaftliche Aspekte. Bei der Aufgabe *Gesellschaftlicher Nutzen von CERN* spielen ethische und persönliche Aspekte weniger eine Rolle. Die Bewertung des gesellschaftlichen Nutzens von CERN ist maßgeblich von gesellschaftlichen Aspekten geprägt. Nach KATZENBACH et al. (2011, S. 20) sollten gute SuS bei einer Bewertung unter gesellschaftlichen Aspekten in der Lage sein, verschiedene gesellschaftliche Perspektiven einzunehmen, zur einer Perspektive passende Bewertungskriterien oder zu Bewertungskriterien eine passende Perspektive zu finden und Interessenkonflikte sichtbar zu machen. Außerdem sollten Vermutungen zu Chancen und Risiken von Handlungsoptionen für die Gesellschaft angestellt werden.

### **3.4.2 Weitere Kompetenzdimensionen**

Die Kompetenzdimensionen des Modells *Kognitive Prozesse* und *Komplexität* sind nicht charakteristisch für Bewertungskompetenzen und lassen sich durch leichte Modifikation auch auf die Kompetenzbereiche *Fachwissen* und *Erkenntnisgewinnung* anwenden.<sup>5</sup> Bewertungsaufgaben unterschiedlicher Schwierigkeitsgrade stellen unterschiedlich große kognitive Herausforderungen an die SuS. Die Dimension *Kognitive Prozesse* versucht den Schwierigkeitsgrad der kognitiven Anforderung einer Aufgabe zu beschreiben.

---

<sup>5</sup> Eigentlich wurde das Kompetenzmodell *ESNaS-Modell* für Bewertung an einem ähnlichen Kompetenzmodell für Fachwissen angelehnt (vgl. KATZENBACH et al. 2011, S. 4).

# KAPITEL 4

---

## Theoretischer Hintergrund: Gesellschaftlicher Nutzen von CERN

---

### 4.1 Gesellschaftlicher Nutzen von CERN

Die erstellten Lernaufgaben zur Bewertung des gesellschaftlichen Nutzens von CERN<sup>1</sup> sollen die SuS veranlassen, den gesellschaftlichen Nutzen von CERN zu bewerten. In Zeiten knapper finanzieller und intellektueller Ressourcen legitimiert sich Wissenschaft häufig über ihren gesellschaftlichen Nutzen (vgl. STRECKER, S. 4), aber was verbirgt sich überhaupt hinter dem Schlagwort „gesellschaftlicher Nutzen“? Ist es möglich, gesellschaftlichen Nutzen überhaupt sinnvoll zu definieren oder gar zu operationalisieren, d.h. gesellschaftlichen Nutzen durch eine messbare Größe darzustellen? Wenn man gesellschaftlichen Nutzen aus einer sehr verengten Perspektive betrachtet, z. B. der wirtschaftlichen, könnte man gesellschaftlichen Nutzen von CERN mit seinem Einfluss auf das Bruttoinlandsprodukt einer Volkswirtschaft gleichsetzen. Dabei ergeben sich aber mindestens zwei Probleme. Erstens ist es fraglich, den gesellschaftlichen Nutzen nur auf den Nutzen für die Volkswirtschaft zu beschränken und zweitens ist es in der wirtschaftswissenschaftlichen Literatur unumstritten, „dass es eine Verbindung zwischen Grundlagenforschung auf der einen Seite und dem industriellen Einsatz von neuen Technologien und Produkten auf der anderen Seite gibt. Wie diese Verbindung gestaltet ist, war und ist noch immer Gegenstand wissenschaftlicher Deutungen“ (HOPPE und PFÄHLER 2001, S. 128). Demnach sind sich Ökonomen nicht einig, durch welche Modelle man die Verbindung von Wirtschaft und Grundlagenforschung am besten beschreiben

---

<sup>1</sup> Forschung am CERN und Grundlagenforschung werden in den folgenden Abschnitten synonym verwendet.

kann. Wie akkurat diese Modelle die Realität beschreiben, wäre dann die nächste Frage. Um eine etwas weitere Perspektive auf den gesellschaftlichen Nutzen von Grundlagenforschung zu entwickeln, kann man annehmen, dass ein gesellschaftlicher Nutzen nur auf dem Weg des wissenschaftlichen Fortschritts durch Forschung zu erzielen ist. Um eine hinreichende Erläuterung des Begriffs „wissenschaftlicher Fortschritt“ zu geben, wird eine kleine Liste von Kriterien für wissenschaftlichen Fortschritt vorgestellt, die sich alle an den Zielen von Wissenschaft orientieren. HUBER (2010) nennt unter Anderem folgende Kriterien:

1. Erweiterung der wissenschaftlichen Kenntnisse
2. Beherrschung der Natur
3. Konvergenz an die Wahrheit

## 4.2 Wissenschaftlicher Fortschritt → Gesellschaftlicher Fortschritt?

Dieser Abschnitt folgt den Ausführungen von MUCKENFUSS (1995). Das Bild von der Wissenschaft und somit auch die Ziele von der Wissenschaft und dem gewünschten Nutzen von wissenschaftlichem Fortschritt für die Menschen hängen auch von sozialen und gesellschaftlichspolitischen Faktoren ab. Bis zum Ende des Mittelalters war das Bild von der Wissenschaft durch die Lehre des Aristoteles geprägt. Nach Aristoteles sollte das Ziel von Wissenschaft nur Erkenntnisgewinnung ihrer selbst wegen sein. Wissenschaft sollte demnach nichts Nützliches hervorbringen. Ein Paradigmenwechsel im Weltbild und in der Wissenschaft wurde durch die kopernikanische Revolution eingeleitet. Die Renaissance betonte die Freiheit des Menschen und die Wissenschaft hatte die Aufgabe ihn aus der feudalen, gottgegebenen Ordnung des Mittelalters herauszuführen. Mit seinen Schriften prägte Francis Bacon einen neuen Aspekt von Wissenschaft: *Wissen ist Macht*. Demnach „erfolgt [Erkenntnis] in der neuzeitlichen Naturwissenschaft nicht mehr um ihrer selbst willen, sondern wegen der Wirkungen und des gesellschaftlich-lebenspraktischen Nutzens, die sie hervorbringen kann“ (MUCKENFUSS 1995, S. 102). Die idealistische Geschichtsphilosophie des 19. Jahrhunderts erwartete sogar „von Wissenschaft und Technik ..., dass sie die Menschheit an das Ziel ihrer Vollendung führen werde“ (SCHRÖDER 2008, S. 123). Diese teleologische Weltsicht findet sich in der marxistischen Lehre wieder, „aber auch in der *kapitalistischen* westlichen Welt sind die Heilerwartungen an Wissenschaft und



Technik bis heute weit verbreitet“ (SCHRÖDER 2008, S. 123). Die totalitären Systeme des 20. Jahrhunderts in Form des Nationalsozialismus in Deutschland und des Stalinismus in der Sowjetunion zeigten, dass ein wissenschaftlicher Fortschritt nicht gleichbedeutend mit einem humanitären und moralischen Fortschritt sein musste. Vielmehr konnte die Entwicklung in ihr Gegenteil umschlagen, indem wissenschaftliche Erkenntnisse zum Instrument von totalitären Ideologien wurden.

Dass Wissenschaft nicht zwangsläufig zur Vollendung des menschlichen Seins führen muss, lässt sich auch durch Betrachtung einiger Ergebnisse großer naturwissenschaftlicher Anstrengungen belegen. Wissenschaftliche Erkenntnisse haben immer wieder ihre Anwendung auch in militärischer Nutzung gefunden. Wissenschaftliche Erkenntnisse in der Biologie führten zu biologischen Kampfstoffen, in der Chemie zu chemischen Kampfstoffen, sowie in der Kernphysik zu Atomwaffen, die sich in den Katastrophen von Hiroshima und Nagasaki manifestierten.

Beispiele für positive Auswirkungen von wissenschaftlichem Fortschritt lassen sich aber auch zahlreich finden. So führten zum Beispiele Fortschritte in fast allen technischen und wissenschaftlichen Bereichen zur Steigerung der Lebenserwartung in Europa seit dem vorindustriellen Zeitalter. „Gegen Ende des 19. Jahrhunderts führten wissenschaftliche Fortschritte, wie die aufkommende Bakteriologie, zu erheblichen Verbesserungen der medizinischen Versorgung. [...] Die Lebenserwartung stieg seit Ende des 19. Jahrhunderts drastisch an: Während 1870 noch jedes dritte Neugeborene vor seinem ersten Geburtstag starb und jedes zehnte vor seinem fünften Geburtstag, ist heute der Tod vor dem 60. Lebensjahr in den Industrienationen sehr selten geworden“ (BERLIN-INSTITUT FÜR BEVÖLKERUNG UND ENTWICKLUNG).

Diese sowohl positiven als auch negativen Auswirkungen von wissenschaftlichem Fortschritt auf die Menschheit verdeutlichen, dass der Einfluss von wissenschaftlichem Fortschritt auf Gesellschaften so vielschichtig ist, dass von gesellschaftlichem Nutzen von Grundlagenforschung im Allgemeinen zu sprechen nur schwer möglich ist.

Etwas leichter erscheint die Untersuchung von gesellschaftlichem Nutzen von Grundlagenforschung, wenn eine Auswahl verschiedener gesellschaftlichen Perspektiven getroffen wird. Die Frage ist, welche positiven oder negativen Auswirkungen Grundlagenforschung auf die Gesellschaft aus den verschiedenen Perspektiven hat. Nach Beantwortung dieser Frage lassen sich die Argumente gegeneinander abwägen und es wird eine Bewertung des gesellschaftlichen Nutzens möglich. In der Lernaufgabe *Gesellschaftlicher Nutzen von CERN* werden die philosophische, die ökonomische und die forschungspolitische Perspektive gewählt. In den nächsten Abschnitten sollen deshalb mögliche Auswirkungen

der Forschung von CERN auf die Gesellschaft aus den drei verschiedenen Perspektiven erfolgen.

In diesem Zusammenhang ist zu berücksichtigen, dass der Verfasser dieser Arbeit keine Voraussetzung besitzt, um diese philosophischen, ökonomischen und forschungspolitischen Fragestellung wissenschaftlich darzulegen. Es geht vielmehr darum, Problematiken anzureißen und soweit darzustellen, dass Lehrkräfte das notwendige Hintergrundwissen besitzen, das für eine Benutzung der in der Masterarbeit angebotenen Lernaufgaben *Gesellschaftlicher Nutzen von CERN* im Unterricht genügen sollte. Außerdem wird durch Fußnoten-Verweise Lehrkräften ermöglicht, Ideen in der Materialsammlung im Anhang wiederzufinden und so gewünschtes Material auszuwählen.

### 4.3 Philosophische Perspektive

Bei der philosophischen Perspektive auf den gesellschaftlichen Nutzen von CERN handelt es sich wahrscheinlich um die am schwersten darstellbare Perspektive. Einerseits haben die meisten Menschen zwar ein vages Bild, was unter Philosophie zu verstehen ist, aber wenn es um das Aufstellen einer allgemeingültigen Definition geht, was Philosophie ist, gibt es sogar Philosophen, die die Machbarkeit dieses Unterfangens verneinen.<sup>2</sup> Andererseits werden bei einer realen politischen Entscheidungsfindung philosophische Perspektiven wahrscheinlich weniger Berücksichtigung finden als wirtschafts- oder forschungspolitische. Der Wert philosophischer Aspekte von Grundlagenforschung, z.B. ihr Einfluss auf das Weltbild von Individuen, lässt sich um einiges schwerer operationalisieren als der Wert von wirtschaftlichen Aspekten.

Die Aufgabe „Nutzen von CERN aus philosophischer Sicht“ hat das Ziel, den SuS zwei mögliche philosophische „Brillen“ auf die Forschung am CERN aufzuzeigen. Die erste „Brille“ ist erkenntnistheoretischer Natur und könnte gut unter dem Titel *Grenzen der Erkenntnis der Forschung am CERN* zusammengefasst werden. Mögliche Fragestellungen dieser Perspektive sind:

- Welche physikalischen Fragen werden am CERN versucht zu beantworten?
- Können durch die Beantwortung physikalischer Fragen auch philosophisch oder religiös motivierte Fragen beantwortet werden?

---

<sup>2</sup> „Es gibt keine Definition der Philosophie. Ihre Definition ist identifiziert mit der expliziten Darstellung dessen, was sie zu sagen hat.“ - Max Horkheimer in *Zur Kritik der instrumentellen Vernunft*

Die zweite philosophische Perspektive beleuchtet die *Bedeutung der Forschung am CERN für die Menschheit*. Mögliche Fragestellungen dieses Themenkomplexes sind:

- Welchen Einfluss hat naturwissenschaftliche Grundlagenforschung (Forschung am CERN) auf das Weltbild von Menschen?
- Kann naturwissenschaftliche Grundlagenforschung nicht auch als menschliche Kulturleistung gesehen werden, die allein deswegen schon sinnstiftend ist?

Dabei sei herausgestellt, dass das Ziel der Beschäftigung mit der Aufgabe nicht die Beantwortung der tiefeschürfenden Fragen ist, sondern das Bewusstmachen dieser.

#### 4.3.1 Abgrenzung von physikalischen und philosophischen Fragen

Um die Grenzen physikalischer Erkenntnis zu erfassen, müssen die Schüler in der Lage sein, physikalische und philosophische Fragestellungen zu unterscheiden.

Begriffe, die in den Medien immer wieder in Kombination mit der Forschung am CERN fallen, sind Begriffe wie *Gottesteilchen (Higgs-Teilchen)*, *Weltformel* oder *Urknallmaschine (LHC)* (vgl. Materialsammlung). Dass dadurch überhöhte Erwartungen an die Ergebnisse der Forschung am CERN geweckt werden, wie z. B. das Finden eines Gottesbeweises oder einer Formel, die alles erklären kann, überrascht nicht. Gerade die Untersuchung der physikalischen Begebenheit kurz nach dem Urknall „[...] bietet mannigfaltige Projektionsflächen für tief in der menschlichen Natur verwurzelte, gleichsam philosophisch-religiöse Motive. Das Spektrum umfasst die in allen Kulturen reflektierte Frage von Werden und Vergehen der Welt“ (LOSSAU 2008).

#### 4.3.2 Bedeutung der Forschung am CERN für die Menschheit

Der Bedeutungswert der Kopernikanischen Revolution war für die damals lebenden Menschen kaum zu überschätzen, da diese ihr Weltbild erschütterte. Aber im Prozess des wissenschaftlichen Fortschritts nahm, nach Meinung von TENBRUCK (1975, S. 24), der Bedeutungswert von Erkenntnissen ab. Denn heutzutage hätten eine neue Aussage oder der Widerruf einer Theorie keine Bedeutung für das menschliche Weltbild. „Ein Umsturz im Weltbild der Physik ist kein Umsturz im dem Weltbild der Menschen mehr“ (TENBRUCK 1975, S. 24). Bezogen auf die Erforschung des Urknalls äußert sich TASCHNER zum Bedeutungswert der Erkenntnisse am CERN, dass der Urknall „einfach

nur ein Wort sei, [...] wenn er nicht erkläre, warum meine Situation wie ich lebe, so ist wie sie ist“.<sup>3</sup>

Der Physik-Nobelpreisträger LAUGHLIN geht so weit, dass vermeintliche Bedeutungswerte der Forschung am CERN nur als Marketing der Teilchenphysiker zur Sicherung der Finanzierung ihrer Forschung genutzt werden.<sup>4</sup>

Es werden aber durchaus auch Meinungen vertreten, die die „Wissenschaft am CERN als eine Schnittstelle der Physik, des rational Erklärbaren, mit der Religion – der Suche nach Gott, nach dem Urknall“ sehen. Sie schreiben den Forschungserkenntnissen Bedeutungswert bei, da sie „unser Weltbild bestimmen“ (GRIESMAYER 2010).<sup>5</sup> So könnte man argumentieren, „naturwissenschaftliche Theorien [seien] eine große kulturelle Errungenschaft einer aufgeklärten Gesellschaft gegen Mystizismus und Obskurantismus und eine Herausforderung für das Individuum. Deshalb [sei] das Verstehen naturwissenschaftlich-aufklärerischer Ideen unabdingbarer Bestandteil der individuellen Entwicklung zu einem modernen Lebensstil“ (GRÄBER und NENTWIG 2002, S. 8).

Losgelöst von der Diskussion über Bedeutungswert naturwissenschaftlicher Grundlagenforschung kann die Forschung am CERN als kulturelle Leistung der Menschheit angesehen werden.<sup>6</sup> Generationen von Forschern arbeiten zusammen, um der Natur grundlegende Geheimnisse abzuringen. Das Bedürfnis, Neues zu entdecken, gehöre zur menschlichen Natur und es mache wenig Sinn, dies in Geld umzurechnen. Wenn man dies nicht finanziell unterstütze, warum sollte man dann Oper oder Sport unterstützen?<sup>7</sup>

#### 4.4 Wirtschaftliche Perspektive

Das Ziel der Aufgabe *Gesellschaftlicher Nutzen von CERN* kann es nicht sein, dass SuS Experten der Ökonomie von Grundlagenforschung werden. Vielmehr sollen SuS einen Eindruck erhalten, welche Bedeutung Grundlagenforschung für die Wirtschaft hat, wer Interesse hat, dass Grundlagenforschung finanziert wird (Staat, Unternehmen oder beide?) und wer sie im Endeffekt finanziert. Um diese Einsichten den SuS näher zu bringen, sind folgende inhaltlichen Lernziele der Aufgabe „Gesellschaftlicher Nutzen CERNs aus Sicht der Wirtschaft“ formuliert:

---

3 Material:A.5

4 Material: A.7

5 Material: A.4 und A.6

6 Material: A.4 und A.6

7 Material: A.4 und A.6

1. SuS lernen Spin-offs der Forschung am CERN kennen, die in der Wirtschaft genutzt werden.
2. SuS lernen, dass Unternehmen nicht in erster Linie von reinen wissenschaftlichen Erkenntnissen von Grundlagenforschung profitieren, sondern von Nutzung der Forschungsmethoden und -technologien der Grundlagenforschung für ihre Zwecke.
3. Was unterscheiden Unternehmen und Grundlagenforschung bzgl. ihrer Ziele, ihrer Planungszeiträume und ihrem Umgang mit Informationen/Erkenntnissen? Wie wirkt sich das auf die Finanzierungsbereitschaft von Unternehmen aus?
4. Welche Gründe sprechen für eine stärkere Finanzierung von Grundlagenforschung und welche für eine von angewandter industrienaher Forschung?

Diese Fragenkomplexe können aus Zeitgründen bei der Bearbeitung der Aufgabe nur angerissen werden, dabei sollte der Lehrer ein rudimentäres Verständnis bzgl. dieser Fragenkomplexe haben, um SuS Hilfestellungen zu geben und ggf. Diskussionen leiten zu können. Deshalb folgt eine kurze Darstellung einiger wirtschaftswissenschaftlicher Überlegungen von HOPPE und PFÄHLER (2001) zu diesen Fragenkomplexen.

#### 4.4.1 Verbindung von Grundlagenforschung und Wirtschaft

Auf der Internetseite des Bundesministeriums für Bildung und Forschung heißt es:

„Erkenntnisse über die Struktur der Materie und die grundlegenden Zusammenhänge in der Natur zu gewinnen, ist eine der wesentlichen Aufgaben von Wissenschaft und Forschung. Die naturwissenschaftliche Grundlagenforschung hat hier besonderen Stellenwert: Sie ist Ausgangspunkt für technische Innovationen und für eine auf Nachhaltigkeit zielende Entwicklung von Wirtschaft und Gesellschaft.“ (BMBF 2011)

In diesem Presstext wird behauptet, Wirtschaft profitiere von technologischen Innovationen der naturwissenschaftlichen Grundlagenforschung. Diese Behauptung ist plausibel, aber auf welchem Wege der Prozess ablaufen soll, wird im Text nicht deutlich. Den SuS ist es wahrscheinlich auch nicht ersichtlich, wie Unternehmen z.B. von der Erforschung der Struktur der Materie Nutzen erzielen können.

Für die Verbindung von Grundlagenforschung und Wirtschaftswachstum gibt es mehrere Modelle. Nach Darstellung von HOPPE und PFÄHLER (2001, S. 128) wird das *lineare*

*Modell des Innovationsprozesses*, das besagt, dass Grundlagenforschung über direktem Wege über angewandte Forschung zur kommerziellen Nutzung von Technologien führt, der Beschreibung der realen Prozesse nicht gerecht. Die Verbindung von Wirtschaft und Grundlagenforschung lasse sich besser durch das Modell des Innovationsprozesses nach Solla Price<sup>8</sup> beschreiben. Demnach bestehe „die Verbindung zwischen Wissenschaft und Wirtschaft darin, dass radikale wissenschaftliche und bedeutende technologische Neuerungen vielfach auf die Erfindung und Nutzung desselben Instrumentariums zurückgeführt werden können. Zentrales Argument ist dabei die Tatsache, dass neue Instrumente, Methoden und Forschungstechnologien oftmals über ihre beabsichtigte Anwendung hinaus weitreichende, nicht vorhersehbare Nutzungsmöglichkeiten für Grundlagenforschung, angewandte Forschung und einen kommerziellen Einsatz bieten[...]“<sup>9</sup>(HOPPE und PFÄHLER 2001, S. 128) “ Also stellt de Solla Price die experimentelle Nutzung von Forschungsmethoden als Verbindungsglied zwischen Grundlagenforschung und der Wirtschaft dar<sup>10</sup>. Damit Unternehmen in der Lage sein können, Forschungstechnologien und -methoden, die in der Grundlagenforschung benutzt werden, für ihre Zwecke zu verwenden, benötigen sie Fähigkeiten zur Absorption vom externen Wissen, d.h. sie benötigen Mitarbeiter, die Erfahrung im wissenschaftlichen Forschen haben (HOPPE und PFÄHLER 2001, S. 130).<sup>11</sup>

Um den Nutzen von Forschung am CERN aus wirtschaftlicher Perspektive zu konkretisieren, folgen einige Beispiele für wirtschaftlichen Spin-Off<sup>12</sup> der Forschung am CERN:

**Das WorldWideWeb** wurde von CERN-Wissenschaftler Tim Berners Lee mit der Intention entwickelt, Datenmengen von Tausenden von Forschern jedem am CERN zugänglich zu machen (MEYER 2004).<sup>13</sup> Das Hypertext-System WWW ermöglichte eine benutzerfreundliche (und somit kommerzielle) Nutzung des Internet.<sup>14</sup>

---

8 de Solla Price, Derek: The science/technology relationship, the craft of experimental science, and policy for the improvement of high technology innovation. In: Research Policy 13 (1984), Nr. 3-20

9 Material C.5

10 Seine Behauptung untermauert de Solla Price mit Evidenz. So seien die große Anzahl der meistzitierten wissenschaftlichen Veröffentlichungen in Patenten Beiträge zur Forschungsmethoden und nicht zu Forschungsergebnissen (HOPPE und PFÄHLER 2001, S. 130).

11 Material C.7

12 Als wirtschaftlichen Spin-Off bezeichnet man Technologien, die in der Grundlagenforschung konzipiert wurden, aber später Anwendungen in der Industrie finden.

13 Material C.3

14 Laut einer Studie von MCKINSEY UND COMPANY (2011) macht der Internetsektor 3,4% des Bruttoinlandsprodukts der 13 meist entwickelten Länder aus (BRD 3,2%).

**Detektor Technik** , die im LHC für den Nachweis von Elementar-Teilchen benutzt werden, können - leicht modifiziert - als Röntgendetektor benutzt werden. Vorteil gegenüber herkömmlicher Röntgentechnik: keine Unterbelichtung und hervorragendes Auflöse-Vermögen (GREULICH und KILIAN 2009, S. 20f.).<sup>15</sup> Ähnliche Technik kann auch in den Materialwissenschaften angewendet werden (CERN 2011).

**Teilchenbeschleuniger** werden in Strahlentherapie gegen Tumore eingesetzt. So können Strahlentherapien mit schweren Ionen durchgeführt werden, welche das Gewebe der Patienten weniger schaden als Photonenbestrahlung (DEBUS und WANNENMACHER 1999).

#### 4.4.2 Unternehmen vs. Grundlagenforschung

Die Finanzierung von Grundlagenforschung durch den Staat sollte auch von der Bereitschaft von Unternehmen abhängen, Grundlagenforschung zu finanzieren, da staatliche Finanzierung nicht die private verdrängen sollte.

Gründe, die aus Sicht von Unternehmen gegen eine Finanzierung von Grundlagenforschung sprechen, sind:

- Wissenschaftliche Erkenntnisse sind theoretisch auch von Unternehmen nutzbar, die nicht in Forschung investieren (HOPPE und PFÄHLER 2001, S. 133). D.h. Forschungsaktivitäten ergeben keine Vorteile gegenüber der Konkurrenz.<sup>16</sup>
- Die Ergebnisse von Grundlagenforschung und somit auch potentieller Spin-Off sind nicht planbar, Unternehmen in kapitalistischen Volkswirtschaften sind aber dem kurzfristigem Erfolg verpflichtet (HOPPE und PFÄHLER 2001, S. 137).<sup>17</sup>
- Naturwissenschaftliche Großforschungsanlagen verursachen immense Kosten. Das Risiko, das durch die Finanzierung entsteht, ist durch ein einzelnes Unternehmen nicht tragbar (HOPPE und PFÄHLER 2001, S. 137f).

Ein Argument für eigene Forschungsaktivitäten wäre, dass Unternehmen dadurch ihre Fähigkeiten zur Absorption vom externen Wissen erhöhen. Dieses Argument lässt sich aber entkräften, da Unternehmen ausgebildete Universitätsabsolventen einstellen können,

---

<sup>15</sup> Material C.4

<sup>16</sup> Material C.7

<sup>17</sup> Material C.7

die diese Fähigkeit haben (HOPPE und PFÄHLER 2001, S. 133f).<sup>18</sup>

HOPPE und PFÄHLER (2001, S. 139) erkennen die Bereitschaft von Unternehmen, in anwendungsorientierte Forschung zu investieren. Dieses lässt öffentliche Finanzierung anwendungsorientierter Forschung nicht notwendig erscheinen. Deshalb scheint eine Konzentration des Staates auf die Finanzierung von Grundlagenforschung wünschenswert.

**Tabelle 1:** Gegenüberstellung von Unternehmen und Grundlagenforschung

	<b>Unternehmen</b>	<b>Grundlagenforschung</b>
Ziele	Gewinnmaximierung	Erkenntnisgewinnung
Planungszeiträume	eher kurzfristig	langfristig / nicht planbar
Freigabe von Informationen/Erkenntnissen	restriktiv (z.B. Patente)	Erkenntnisse sind Allgemeingut

## 4.5 Perspektive aus der Forschung

Um sich der Perspektive der Forschung zu nähern, ist es sinnvoll, sich das Aufgabenfeld des Wissenschaftsrates anzuschauen.

### 4.5.1 Wissenschaftsrat

Der Wissenschaftsrat „ist das wichtigste wissenschaftspolitische Beratungsgremium in Deutschland“ (WISSENSCHAFTSRAT 2011). Er setzt sich einerseits aus der wissenschaftlichen Kommission zusammen, die aus 24 Wissenschaftlern und 8 Personen des öffentlichen Lebens besteht, und andererseits aus der Verwaltungskommission, die aus 16 Vertretern der Länder und 6 Vertretern des Bundes besteht. Um Stellungnahmen zu wissenschaftspolitischen Themen zu verfassen, werden Arbeitsgruppen, bestehend aus Mitgliedern der beiden Kommissionen, gebildet. Die Stellungnahmen werden auf der Vollversammlung des Wissenschaftsrats verabschiedet.

Die Arbeitsgruppen des Wissenschaftsrats befassen sich z. B. mit folgenden wissenschaftspolitischen Fragestellungen:

---

<sup>18</sup> Material C.4



- Wie stellt man die Konkurrenzfähigkeit der nationalen und europäischen Forschung sicher?
- Durch welche Maßnahmen ermöglicht man eine optimale Ausbildung von Nachwuchsforschern?
- Welche Großforschungsanlagen sollten finanziert werden?

#### 4.5.2 Großforschungsanlagen

Eine mögliche Fragestellung des Wissenschaftsrats wäre, warum Teilchenphysiker so viele verschiedene Beschleunigungsanlagen wie den *Large Hadron Collider (LHC)* oder den sich in Planung befindlichen *International Linear Collider (ILC)* benötigen. Was ist der Zweck eines Linearbeschleunigers und was der eines Kreisbeschleunigers? Würde nicht ein Typ von Beschleuniger reichen?

Eine recht einfach erscheinende Erklärung bietet die Internetseite [www.weltderphysik.de](http://www.weltderphysik.de). Hier wird der Linearbeschleuniger ILC als „Präzisionsmaschine“ bezeichnet, der Kreisbeschleuniger LHC als „Entdeckungsmaschine“. Beim LHC werden Protonen beschleunigt, „denen wegen ihrer großen Masse eine sehr hohe Energie mitgegeben werden kann. Bei den Zusammenstößen können aus dieser Energie sehr massereiche neue Teilchen entstehen. [...] Weil jedoch die schweren Protonen aus mehreren Quarks bestehen, platzt beim Zusammenstoß eine Vielzahl von Bruchstücken nach allen Seiten weg. Daher ist es schwer, die Eigenschaften der neu erzeugten Teilchen präzise zu messen. [...] Im ILC stoßen punktförmige Elektronen auf ihre ebenfalls punktförmigen Antiteilchen, die Positronen. Beide Teilchen vernichten sich gegenseitig und verwandeln sich vollständig in Energie, aus der neue Teilchen entstehen können. Da man so die Anfangsbedingungen bei der Teilchenerzeugung sehr genau kennt und keine "Reste" der Stoßpartner verbleiben, ist das Ergebnis viel einfacher zu interpretieren als bei Protonenstößen“ (INTERNETSEITE [www.teilchenphysik.de](http://www.teilchenphysik.de)).

Es stellt sich aber die Frage, warum man nicht auch Elektronen in Kreisbeschleuniger zur Kollision bringt. Wenn Teilchen in einem Kreisbeschleuniger durch Magnetfelder abgelenkt werden, strahlen sie elektromagnetische Strahlung, die sogenannte Synchrotron-Strahlung, ab. Dadurch verlieren die Teilchen Energie. Wie groß der Energieverlust der Teilchen ist, lässt sich theoretisch herleiten und durch eine Formel ausdrücken. Für die

Schule bietet sich eine Betrachtung der Abhängigkeiten an.

$$\Delta E \sim \frac{q^2 \cdot E^2}{R \cdot m^4}$$

Also hängt der Energieverlust  $\Delta E$  von der Energie des Teilchens  $E$ , von der Ladung des Teilchens  $q$ , der Masse des Teilchens  $m$  und von dem Radius des Kreisbeschleunigers  $R$  ab. Die Formel lässt nicht nur erkennen, warum es in einem Kreisbeschleuniger energetisch günstiger ist, Protonen anstatt Elektronen zu beschleunigen, sondern auch den Grund für immer größere Kreisbeschleunigeranlagen.

	Kreisbeschleuniger	Linearbeschleuniger
Beispiele	LHC	ILC
Zweck	„Entdeckungsmaschine“	„Präzisionsmaschine“
Beschleunigte Teilchen sind eher...	Hadronen z. B. Protonen (Masse $m_p = 938 MeV/c^2$ )	Leptonen z. B. Elektronen (Masse $m_e = 0,5 MeV/c^2$ )
Warum gerade diese Teilchen?	Große Masse: Energieverlust durch Synchrotronstrahlung ist relativ niedrig $\Delta E \sim \frac{E^2}{R \cdot m_p^4}$	Kleine Masse: Energieverlust im Kreisbeschleuniger wäre relativ groß $\Delta E \sim \frac{E^2}{R \cdot m_e^4}$
Je größer...	...der Radius des Beschleunigers um so kleiner der Energieverlust $\Delta E \sim \frac{E^2}{R \cdot m_p^4}$	...der Linearbeschleuniger um so präzisere Messungen sind möglich

Eine ergänzende Perspektive auf Teilchenbeschleuniger erhält man, wenn man sich einen historischen Überblick über verschiedene Beschleunigeranlagen schafft. Hier könnte man die Verbindung der Größe von Teilchenbeschleunigern zu ihren maximalen Kollisionsenergien, zu ihren Kosten und zu den Erkenntnissen, die durch sie erlangt wurden, betrachten. Vereinfachend könnte man sagen, dass größere Teilchenbeschleuniger größere Kollisionsenergien ermöglichen. Größere Kollisionsenergie ist aber die notwendige Voraussetzung um Teilchen mit großen Ruhemassen damit nachweisen zu können. Der Bau von größeren Teilchenbeschleunigern erfordert aber auch größeren finanziellen Aufwand. Im Rahmen der Masterarbeit wurde eine solche tabellarische Übersicht entwickelt und sie ist in der Materialsammlung „Forschung“ zu finden (Anhang: B.6). Die Daten wurden durch Recherche im Internet gesammelt und dokumentiert. Die Quellenachweise zu den Daten findet man im Anhang (D.1).

### 4.5.3 Wissenschaftstandort

Von Seiten der Wissenschaftsgemeinschaft, aber vor allem seitens der Teilchenphysiker<sup>19</sup>, wird immer wieder die Wichtigkeit einer Großforschungsanlage wie CERN für den Wissenschaftsstandort Deutschland, Österreich oder Europa hervorgehoben. Dabei wird betont, dass...

- CERN ein Aushängeschild für Wissenschaftsstandorte sei (vgl. z. B. DOSER und BENEDIKT 2011).
- CERN wegen seiner geballten Dichte an Technologie und intellektuellen Ressourcen Forschung auf höchstem Niveau ermögliche (vgl. z. B. REITBERGER 2009).
- ohne CERN Ausbildungsmöglichkeiten wegfallen würden (vgl. z. B. REITBERGER 2009).
- CERN auch wegen seiner großen medialen Präsenz eine hohe inspirierende Wirkung für die Jugend-Forschung zu betreiben hätte (vgl. z. B. REITBERGER 2009).
- CERN durch die Zusammenarbeit internationaler Forscherteams sowohl eine politische als auch kulturelle Integrationsfunktion für ein vereintes Europa hätte (vgl. z. B. REITBERGER 2009).

Ein Argument gegen die Finanzierung von CERN ist, so wie z. B. vom österreichischen Wissenschaftsminister Hahn vorgetragen (HAHN 2009a), dass CERN zu große finanzielle Mittel bindet. Die Mittel könnten sowohl für physikalische als auch nicht-physikalische Forschung eingesetzt werden (HAHN 2009b).

---

<sup>19</sup> Die versuchte Einflussnahme seitens der Teilchenphysiker auf die Politik lässt sich nachvollziehen anhand der großen Anzahl von öffentlichen Briefen an den österreichischen Wissenschaftsminister Johannes Hahn, der im Mai 2009 den Austritt Österreichs aus CERN angekündigt hatte (vgl. ÖSTERREICHISCHE PHYSIKALISCHE GESELLSCHAFT 2009).



# KAPITEL 5

---

## Aufgaben

---

Zu jeder Perspektive existiert ein Aufgabenblatt. Jeder Schüler soll ein Aufgabenblatt bearbeiten und somit den Nutzen von CERN aus einer gesellschaftlichen Perspektive bewerten. Zu jedem der drei Aufgabenblätter gehört eine Materialsammlung, die aus Texten besteht, die den SuS, die die Bearbeitung der Aufgabenblätter ermöglichen.

### **5.1 Makrostruktur – Aufbau der Arbeitsblätter**

Alle drei Aufgaben zu den verschiedenen gesellschaftlichen Perspektiven fangen mit demselben einleitenden Text an (siehe Abbildung 1). Den einzigen Unterschied bildet das jeweils nebenstehende Bild. Der einleitende Text dient zwei Zwecken. Einerseits erfahren die SuS, mit welchem Geldbetrag die Bundesrepublik Deutschland CERN jährlich finanziert. Andererseits soll er hinsichtlich der Frage, ob die Finanzierung von CERN gekürzt werden soll, einen möglichst authentischen Rahmen für die Entscheidungssituation setzen. Bei den Arbeitsblättern PHILOSOPHEN (Anhang: Material A.1) und FORSCHER (Anhang: Material B.1) folgen nach dem einleitenden Text jeweils eine Info-Box, die den SuS die Übernahme der Perspektive und die Beantwortung der Arbeitsaufträge erleichtern soll.



Die Bundesrepublik Deutschland finanziert die Großforschungsanlage CERN jährlich mit 130 Millionen Euro. In Zeiten knapper Haushaltsmittel stellt sich die Bundesregierung die Frage, ob die Unterstützung gekürzt werden sollte. Daher soll der Bundestag Ausschuss für Bildung und Forschung ein Gesetzesentwurf zur Finanzierung von CERN erarbeiten. Dafür wendet sich der Ausschuss an Experten aus verschiedenen Teilchen der Gesellschaft um Gutachten einzuholen. In den Gutachten soll bewertet werden, worin der gesellschaftliche Nutzen von CERN liegt und ob die Finanzierung, auch in dieser Höhe, gerechtfertigt sei.

**Abbildung 1:** Einleitender Text des Aufgabenblatts „Gesellschaftlicher Nutzen aus der Sicht der Philosophie“.

Auf die Info-Box folgen die Arbeitsanweisungen für die Einzelarbeitsphase, in der die SuS sich mit Hilfe der Materialsammlungen Informationen zu der jeweiligen gesellschaftlichen Perspektive beschaffen und Bewertungskriterien erarbeiten sollen. Auf die jeweiligen Einzelarbeitsphasen wird in den Abschnitten 5.2.2, 5.2.1 und 5.2.3 näher eingegangen. Abschließend folgen die Arbeitsaufträge der Gruppenphase, in der die SuS in Gruppen arbeiten, denen sie nach ihrer „Perspektive“ zugeteilt werden. In dieser Phase vergleichen die SuS ihre Sachinformationen und Bewertungskriterien mit denen anderer Gruppenmitglieder. Danach sollen sie sich auf eine Gewichtung einigen und zu einem Bewertungsurteil kommen.

Bei den Formulierungen der Arbeitsaufträge werden die Operatoren der naturwissenschaftlichen Fächer, die in der Qualifikationsphase der gymnasialen Oberstufe im Unterricht, in den Klausuren und Abiturprüfungen verwendet werden sollen, gebraucht (vgl. BREMER BILDUNGSPLAN FÜR DIE GYMNASIALE OBERSTUFE PHYSIK 2008).

## 5.2 Einzelarbeitsphasen

Jede der drei Einzelarbeitsphasen besteht aus zwei Arbeitsaufträgen, wobei diese nochmals untergliedert sein können. Im ersten Arbeitsauftrag sollen die SuS Sachinformationen sammeln, erkennen, welche Interessen eine Rolle spielen, und dadurch Ideen bekommen, welche Bewertungskriterien sie aufstellen könnten.

Zu fast jedem Arbeitsauftrag sind von vornherein Lösungshilfen in Form von Satzanfängen gegeben. Leistungsschwächere SuS können die Satzanfänge vervollständigen und laufen weniger Gefahr, keinen Einstieg in die Aufgabe zu finden.

### 5.2.1 Einzelarbeitsphase Philosophie

#### *Erster Arbeitsauftrag*

1. Nennen Sie philosophische Fragen (siehe Infokasten), deren Beantwortung durch die Forschung am CERN im Bereich des Möglichen liegen und solche, die vermutlich nicht beantwortet werden können.

*Die Untersuchung der Verhältnisse kurz nach dem Urknall hat auch philosophischen Charakter, da...*

z.B.

*Hingegen kann die Forschung am CERN nicht erklären, ob es...*

**Abbildung 2:** Erster Arbeitsauftrag der Einzelarbeitsphase des Aufgabenblatts PHILOSOPHEN.

Für die Beantwortung der Frage müssen die SuS physikalische Fragestellungen identifizieren, die in den Texten der Materialsammlung auch mit philosophischen Fragestellungen in Bezug gebracht werden. Ob nach der Meinung der SuS durch die Forschung am CERN wirklich philosophische Fragen beantwortet werden können, ist sekundär. Das Lernziel dieser Aufgabe ist, dass den SuS der Aspektcharakter der Physik und die unterschiedlichen Sichtweisen auf die Forschung am CERN, in diesem Fall die physikalische und die philosophische, bewusst werden. Daher ist die Kompetenzanforderung der Aufgabe der Teilkompetenz B1 der KMK-BILDUNGSSTANDARDS PHYSIK 2004 *an einfachen Beispielen die Chancen und Grenzen physikalischer Sichtweisen bei inner- und außerfachlichen Kontexten aufzuzeigen* zuzuordnen. Um den SuS bewusst zu machen, dass es bei der Aufgabe auch um zwei verschiedene Perspektiven geht, wird in einer Lösungshilfe der philosophische Charakter der Forschung am CERN erwähnt (vgl. Abbildung 2).

Es ist schwer zu definieren, was unter „philosophischen Fragen“ zu verstehen ist und viele SuS werden möglicherweise nur eine sehr vage Vorstellung davon haben, was Philosophie überhaupt ist. Daher werden in der Info-Box PHILOSOPHIE (siehe Abbildung 3) einige Fragen genannt, mit denen sich ein Philosoph beschäftigen könnte. Dadurch soll den SuS die Einnahme der philosophischen Perspektive erleichtert werden.

In einem zweiten Lernziel sollen die SuS erkennen, dass es sich bei Begriffen wie „Gottesteilchen“ und „Weltformel“, die in den Medien häufig im Zusammenhang mit CERN genannt werden, um semantische Überspitzungen handelt. Wenn Interessen-Aspekte (vgl. Abschnitt Aspekte) eine Rolle spielen sollen, ist zu empfehlen, den Text A.7 in

die Materialsammlung aufzunehmen. Dieser stellt den „philosophischen Anstrich“ der Forschung am CERN als Interesse der Teilchenphysiker dar, Gelder für ihre Forschung zu akquirieren.

**Womit beschäftigt sich Philosophie eigentlich?**  
 Viele berühmte Physiker beschäftigten sich mit philosophischen Fragen. Aber was sind überhaupt philosophische Fragen? Die Philosophie versucht zum Beispiel folgende Fragen zu beantworten: die Frage nach dem Sinn der menschlichen Existenz, Fragen über die Art und Weise, wie der Mensch die Welt wahrnimmt und Fragen, wo die Grenzen der menschlichen Erkenntnis liegen.

**Abbildung 3:** Info-Box „Womit beschäftigt sich Philosophie eigentlich?“ des Aufgabenblatts PHILOSOPHEN.

### Zweiter Arbeitsauftrag

2. Nehmen Sie Stellung zu der Frage, ob und wenn ja welche Bedeutung die Forschung am CERN für die Menschheit besitzt?

*Die Forschung am CERN hat eine ähnliche Bedeutung für die individuelle Weltanschauung wie die großen Werke der Weltliteratur, da...*

z.B. *Die Forschung am CERN führt zu keinem wirklich grundlegenden Erkenntnisfortschritt über die Welt, da...*

*Es liegt in der Natur des Menschens Neues entdecken zu wollen, deshalb...*

**Abbildung 4:** Zweiter Arbeitsauftrag der Einzelarbeitsphase des Aufgabenblatts PHILOSOPHEN.

Welche Bedeutung hat die Forschung am CERN für die Menschheit? Die Frage ist sehr schwer zu beantworten. Mit Hilfe der Texte und Lernhilfen sollen die SuS Ideen entwickeln, in welcher Form die Forschung am CERN eine Bedeutung für die Menschheit haben kann. Hat z. B. sie eine Bedeutung, da sie eine kulturelle Leistung ist (erste Lernhilfe, Anhang: Texte A.4 und A.6) oder hat sie für die Menschheit Bedeutung, da es in der Natur des Menschen liegt, Neues zu entdecken (dritte Lernhilfe, Anhang: Texte A.4 und A.6). Oder hat sie keine Bedeutung für die Menschheit, da das Bild über die Welt nicht durch naturwissenschaftlichen Erkenntnisse beeinflusst wird (zweite Lernhilfe, Anhang: Text A.5)? Die Beschäftigung mit derartigen Fragen wird für viele SuS anspruchsvoll sein. Deshalb ist zur „guten“ Bearbeitung der Aufgabe auch keine ausdifferenzierte Stellungnahme nötig. Die Lösung sollte aber ein, zwei ähnliche Fragen/Aussagen



enthalten.

### 5.2.2 Einzelarbeitsphase Wirtschaft

#### *Erster Arbeitsauftrag*

1. a) Nennen Sie konkrete Beispiele für den wirtschaftlichen Nutzen der Forschung am CERN.  
  
b) Beschreiben Sie, durch welche Mechanismen die Wirtschaft von Grundlagenforschung profitieren kann.  
  
z.B. *Die Wirtschaft profitiert nicht direkt vom wissenschaftlichen Fortschritt, sondern ...  
Die Methoden, die zur Erkenntnisgewinnung in der Grundlagenforschung benutzt werden, ...*

**Abbildung 5:** Erster Arbeitsauftrag des Aufgabenblatts WIRTSCHAFT.

Der erste Arbeitsauftrag ist in zwei Teile gegliedert, wobei die Arbeitsaufträge a) und b) das gleiche Ziel verfolgen. Sie unterscheiden sich nur in ihren Abstraktionsstufen. Bei Aufgabenteil a) sollen die SuS nur Technologien, z. B. Teilchendetektoren, die in der medizinischen Diagnostik eingesetzt werden, und (Arbeits-)Methoden, z. B. das World Wide Web, nennen, die wirtschaftlichen Nutzen generieren. Nachdem sie im Aufgabenteil a) konkrete Beispiele für den wirtschaftlichen Nutzen von CERN genannt haben, sollen sie den grundlegenden Mechanismus erkennen, über den die Wirtschaft von Grundlagenforschung profitiert. Da in der Grundlagenforschung oft neues wissenschaftliches Terrain betreten wird, werden auch neue Forschungsmethoden oder -technologien entwickelt, die später in der angewandten Forschung oder in der Industrie eingesetzt werden können. Da sich viele SuS in diesem Kontext unter dem Begriff „Mechanismus“ möglicherweise nur schwer etwas vorstellen können, sind die Lösungshilfen von großer Bedeutung, indem sie die Antwortmöglichkeiten stark eingrenzen (siehe Abbildung 5).

## Zweiter Arbeitsauftrag

2. a) Vergleichen Sie Ziele, Planungszeiträume und den Umgang mit Erkenntnissen von Unternehmen mit denen der Grundlagenforschung. Füllen Sie dafür die folgende Tabelle stichwortartig aus:

	Unternehmen	Grundlagenforschung
Ziele		
Planungszeiträume		
Freigabe von Informationen/Erkenntnissen		

b) Nehmen Sie in 3 Sätzen zur Finanzierung von Grundlagenforschung durch die Wirtschaft Stellung. Ihre Stellungnahme könnte wie folgt beginnen:

z.B. *Unternehmen finanzieren Grundlagenforschung nicht in dem Maße wie der Staat, da ...*

**Abbildung 6:** Zweiter Arbeitsauftrag des Aufgabenblatts WIRTSCHAFT.

Nachdem sich die SuS in der ersten Aufgabe mit dem Nutzen von Grundlagenforschung auseinandergesetzt haben, liegt das Hauptaugenmerk der zweiten Aufgabe auf der Problematik der Finanzierung von Grundlagenforschung. Dafür sollen die SuS in der Teilaufgabe a) die Ziele, die Planungszeiträume und den Umgang mit Informationen in der Grundlagenforschung mit denen von Unternehmen vergleichen und ihre Ergebnisse stichwortartig in die vorgegebene Tabelle eintragen. Diese Informationen finden die SuS nur in einem Text (Anhang: Material C.7). Im Aufgabenteil b) können sie diese Ergebnisse nutzen, um zu der Bereitschaft von Unternehmen, in Grundlagenforschung zu investieren, Stellung zu nehmen.

### 5.2.3 Einzelarbeitsphase Forschung

Auf Betreiben des österreichischen Bundesministers für Bildung und Forschung Johannes Hahn (ÖVP - Österreichische Volkspartei) stand Österreich 2009 kurz vor dem Austritt aus CERN. Der Bundesminister Hahn wollte die 20 Millionen Euro, mit denen Österreich jährlich die Forschung am CERN finanziert, auf andere Forschungsprojekte verteilen. Der österreichische Bundeskanzler Werner Faymann (SPÖ - Sozialdemokratische Partei Österreichs) legte im Mai 2009 sein Veto ein und stoppte somit die Austrittspläne. Die

Austrittspläne Österreichs setzen den äußeren Rahmen des ersten Arbeitsauftrags der Aufgabe. Durch die Einbettung in diesen Rahmen wird den SuS die Auseinandersetzung mit *authentischen* Texten (vgl. Abschnitt 6.1) ermöglicht.

### *Erster Arbeitsauftrag*

1. 2009 setzte sich der österreichische Wissenschaftsminister Johannes Hahn (ÖVP) für den Austritt Österreichs aus der Großforschungseinrichtung CERN ein. Ab 2011 sollten keine österreichischen Forschungsgelder an CERN mehr fließen. Doch der Kanzler Werner Faymann (SPÖ) sprach ein Machtwort und stoppte die Ausstiegspläne.

- a) Nennen Sie Sachargumente, die für einen Austritt und solche die gegen einen Austritt aus CERN sprechen.

*Die Gelder, mit denen CERN finanziert wird, könnten...*

z.B. *Für die Ausbildung junger Forscher würde der Austritt aus CERN bedeuten, dass...*

- b) Nennen Sie Motive, die Kanzler Faymann veranlasst haben könnten, sein Veto gegen den Austritt aus CERN einzulegen.

z.B. *Der Kanzler und der Forschungsminister kommen aus unterschiedlichen Parteien, darum...*

**Abbildung 7:** Erster Arbeitsauftrag der Einzelarbeitsphase des Aufgabenblatts FORSCHER.

Die SuS sollen laut dem ersten Arbeitsauftrag mit Hilfe der Texte der Materialsammlung Gründe herausarbeiten, die für oder gegen einen Austritt Österreichs aus CERN sprechen. Neben der Erarbeitung wissenschaftspolitischer Sachargumente, die für oder gegen einen Austritt sprechen (Teilaufgabe A), sollen die SuS Motive nennen, welche letztlich Kanzler Faymann dazu veranlasst haben könnten, den Austrittsprozess zu stoppen (Benutzung von Materialien B.3 und B.6 zu empfehlen). Das Veto könnte nämlich auch durch parteipolitische Interessen motiviert gewesen sein. Der durch die Teilchenphysiker erzeugte öffentliche Druck, könnte den Kanzler Faymann aus parteipolitischem Kalkül zu seiner Entscheidung veranlasst haben. Von den SuS wird also verlangt, Sachargumente und interessengeleitete Argumente zu nennen und zu unterscheiden.

Einen Zugang zu Sachargumenten wird den SuS durch die Info-Box *Der Wissenschaftsrat* ermöglicht. Für die Bewertung des gesellschaftlichen Nutzens von CERN aus wissenschaftspolitischer Sicht sollen sie in die Rolle eines Mitglieds des Wissenschaftsrats schlüpfen. Um diese Perspektive einnehmen zu können, müssen sie jedoch zunächst

erfahren, mit was für Fragestellungen sich der Wissenschaftsrat beschäftigt (vgl. dazu Abbildung 8). Mögliche Bewertungskriterien, die auf Sachinformationen basieren, sind der Einfluss von CERN auf die Förderung des wissenschaftlichen Nachwuchses oder die Bedeutung von CERN für den nationalen Wissenschaftsstandort.

**Der Wissenschaftsrat:**  
 Der Wissenschaftsrat ist eines der wichtigsten wissenschaftspolitischen Beratungsgremien in Deutschland. Er berät die Bundesregierung in verschiedenen wissenschaftspolitischen Fragestellungen. Beispiele für Fragestellungen, mit denen sich der Wissenschaftsrat beschäftigt, sind:

- Wie stellt man die Konkurrenzfähigkeit der nationalen und europäischen Forschung sicher?
- Durch welche Maßnahmen ermöglicht man eine optimale Ausbildung von Nachwuchsforschern?
- Welche Großforschungsanlagen sollten finanziert werden?

**Abbildung 8:** Info-Box *Der Wissenschaftsrat* des Aufgabenblatts FORSCHER.

### Zweiter Arbeitsauftrag

2. Nachdem der *Large Hadron Collider (LHC)* am CERN in Betrieb gegangen ist, wünschen sich nun einige Teilchenphysiker einen riesigen Linearbeschleuniger. Ein derartiger Linearbeschleuniger ist auch schon in Planung und soll den Namen *International Linear Collider (ILC)* tragen. Einer Ihrer Kollegen aus dem Wissenschaftsrat meint zu diesen Plänen:

„Ich verstehe nicht, warum Physiker immer größere und unterschiedliche Arten von Teilchenbeschleuniger benötigen. Könnten sie nicht mit den vorhandenen Forschungsanlagen zufriedenstellende Ergebnisse erreichen?“

Erläutern Sie auf Grundlage Ihres Vorwissens über Teilchenphysik und der Materialsammlung, warum Teilchenphysiker größere Forschungsanlagen für neue Erkenntnisse benötigen.

**Abbildung 9:** Zweiter Arbeitsauftrag der Einzelarbeitsphase des Aufgabenblatts FORSCHER.

Der zweite Arbeitsauftrag soll SuS dazu veranlassen, in ihre Bewertungsprozesse auch physikalische Argumente zu übernehmen, die nur mit Hilfe physikalischen Fachwissens erklärbar sind. Der Anknüpfungspunkt für diese Bewertung aus physikalischer Perspektive ist der sich in Planung befindliche Linearbeschleuniger ILC. Die SuS nehmen auf

Basis des im Unterricht behandelten Fachwissens und der Materialsammlung Stellung zu der Aussage eines Kollegen aus dem Wissenschaftsrat, der nicht versteht, warum immer größere Beschleuniger und verschiedene Linear- und Kreisbeschleuniger gebaut werden. Um den SuS die Möglichkeit zu geben, sich durch die Materialsammlung das nötige Fachwissen zu erarbeiten, ist das Material B.5 in die Materialsammlung zu übernehmen. Dieses kann durch die tabellarische Übersicht über Teilchenbeschleuniger ergänzt werden (Anhang: B.6), in der SuS den Zusammenhang zwischen Größe, Kosten und gewonnener Erkenntnis erkennen können. Damit lassen sich bei Betrachtung des Neubaus und der Finanzierung eines Teilchenbeschleunigers finanzielle Bewertungskriterien mit physikalischen in Zusammenhang setzen. Die Anforderungen der Aufgabe lassen der Teilkompetenz B2 des KMK-BILDUNGSSTANDARDS PHYSIK 2004 - *technische Lösungen auch unter Berücksichtigung physikalischer, ökonomischer, sozialer und ökologischer Aspekte zu vergleichen und zu bewegen* - zuordnen.

## **5.3 Beispielhafte Skizzierung einer Musterlösung: Forschergruppe**

Die Skizzierung einer Musterlösung soll Lehrkräften helfen, Anhaltspunkte zu bekommen, welche Merkmale eine „richtige“ von einer „falschen“ Lösung unterscheiden. Deshalb soll beispielhaft eine Musterlösung skizziert werden, die diese Merkmale für die Aufgabe *Nutzen von CERN für den Wissenschaftsstandort Deutschland* darstellt.

### **5.3.1 Erster Aufgabenteil**

In der ersten Aufgabe sollen die SuS zwischen wissenschaftspolitischen Sachargumente, die für oder gegen eine Finanzierung CERNs sprechen, und Motiven, die den Kanzler Faymann veranlasst haben könnten, sich für die Finanzierung CERNs auszusprechen, trennen. Bei der Lösung kommt es darauf an, sich sowohl in die Rolle eines Mitglieds des Wissenschaftsrats, das die Bedeutung CERNs für den Wissenschaftsstandort nach Sachargumenten bewertet, als auch in die eines Politikers, für den auch persönliche, parteipolitische oder außenpolitische Interessen eine Rolle spielen, versetzen zu können. In einer „guten“ Lösung ist die Trennung zwischen Sachargumenten sowie Interessen und Motiven gut zu erkennen.

*Lösung zu Aufgabe 1 a):*

„Einerseits ist die Finanzierung von CERN für den Wissenschaftsstandort Österreich sehr wichtig. Wenn Österreich aus CERN austreten würde, könnten sich junge österreichische Teilchenphysiker nicht mehr am CERN ausbilden lassen. Da CERN als Aushängeschild für den Wissenschaftsstandort Österreich dient, würden möglicherweise weniger Spitzenforscher an die Universitäten nach Österreich kommen.

Andererseits erscheinen 20 Millionen Euro viel Geld um nur ein Projekt zu unterstützen. Man könnte das Geld so verteilen, dass nicht nur Teilchenphysiker davon profitieren, sondern z. B. auch Klimaforscher und Geisteswissenschaftler.“

Über die Motive von Kanzler Faymann können die SuS nur Vermutungen anstellen. In den Materialien finden die SuS nur „Indizien“ für seine Motive. So wird in den Materialien von der „PR-Maschine“ in Genf gesprochen (Anhang: Material B.2), davon, dass „der Aufschrei und die Proteste der Forscher in Österreich“ (Anhang: Material B.4) einfach zu groß waren und von einer Gefährdung der Reputation Österreichs (Anhang: Material B.4). Um mögliche Motive zu erkennen, müssen die SuS versuchen sich in die Rolle des Kanzlers hineinzusetzen.

*Lösung zu Aufgabe 1 b):*

„Über die Motive von Kanzler Faymann lassen sich nur Vermutungen anstellen. Vielleicht hatte seine Regierung in der Öffentlichkeit bereits einen schweren Stand und er wollte den öffentlichen Druck auf die Regierung durch das Veto mindern. Da Kanzler Faymann und der Bundesminister Hahn aus verschiedenen Parteien kommen, könnte ein möglicher Beweggrund auch parteipolitischer Natur gewesen sein. Er könnte sich durch sein Veto gegen die unpopuläre Entscheidung von Hahn einen Bonus bei den nächsten Wahlen versprochen haben. Vielleicht stand aber auch nur die Angst um die Reputation Österreichs im Ausland im Vordergrund.“

### **5.3.2 Zweiter Aufgabenteil**

SuS wird es schwerfallen, die doch recht vielschichtige physikalische Begründung darzustellen. Daher ist auch eine Lösung, die nur einige Zusammenhänge skizziert, ebenfalls

eine „gute“ Lösung.

*Musterlösung zu Aufgabe 2:*

„Mit beschleunigten Elektronen lassen sich „Eigenschaften“ von neu entdeckten Teilchen besser untersuchen als mit Protonen. Aufgrund der Synchrotronstrahlung verlieren Elektronen in Kreisbeschleunigern zu viel Energie. Darum müssen auch Linearbeschleuniger gebaut werden. Je größer ein Linearbeschleuniger ist, desto genauer können die Eigenschaften von neuen Teilchen untersucht werden.“

In der Erklärung fehlt zwar, warum Elektronen besser zur Untersuchung von Eigenschaften von Teilchen geeignet sind. Jedoch finden sich in der Erklärung genügend physikalische Gründe, die zur Bewertung der Finanzierung eines neuen Linearbeschleunigers herangezogen werden können.

### 5.3.3 Gruppenarbeitsphase

Die Darstellung der Ergebnisse der Gruppenphase hängen auch von der Art des Einsatzes der Aufgabe *Gesellschaftlicher Nutzen CERN* ab. Wenn genügend Zeit im Unterricht zur Verfügung steht, dass jede einzelne Expertengruppe ihre Ergebnisse der Klasse (bzw. dem Bundestagsausschuss) vorstellen kann, wird die Empfehlung für den Bundestagsausschuss in mündlicher Form (vielleicht unterstützt durch graphische Darstellung) mitgeteilt. Die Darstellung der Ergebnisse ist aber auch in schriftlicher Form möglich.

Bei der Gruppenphase geht es hauptsächlich darum, die in der Einzelarbeitsphase erarbeiteten Bewertungskriterien zu vergleichen und begründet zu gewichten.

*Musterlösung zur Gruppenphase:*

„Wir, der Wissenschaftsrat, halten die Finanzierung von CERN in Hinblick auf die wissenschaftliche Gemeinschaft der Teilchenphysiker für sehr wichtig. Ohne die Finanzierung CERNs würden viele Kooperationen zwischen deutschen Universitäten und CERN wegfallen. Dadurch hätten junge deutsche Teilchenphysiker nicht mehr die Möglichkeit, von einer Ausbildung am CERN zu profitieren und die Attraktivität des Wissenschaftsstandortes Deutschland für ausländische Teilchenphysiker würde rapide sinken. Wenn CERN oder ähnliche Projekte, wie der ILC, nicht mehr finanziert werden würden, hätten

die Teilchenphysiker nur sehr eingeschränkte Möglichkeiten, neue Erkenntnisse zu gewinnen, da in der Regel für neue Erkenntnisse Teilchenbeschleuniger benötigt werden, die höhere Kollisionsenergien erreichen.

Trotz dieser Gründe, die für eine Finanzierung CERNs sprechen, empfehlen wir eine Kürzung der Finanzierung von CERN. Die positiven Auswirkungen von CERN für den Wissenschaftsstandort Deutschland beschränken sich größtenteils auf die Gemeinschaft der Teilchenphysiker. Die Teilchenphysiker sind aber nur ein kleiner Teil der wissenschaftlichen Gemeinschaft Deutschlands. Wir sind der Meinung, dass CERN zu viele finanzielle Mittel bindet. Das damit neu zu Verfügung stehende Geld könnte auf mehrere kleinere Forschungsprojekte verteilt werden. Dadurch würde der Wissenschaftsstandort Deutschland breiter aufgestellt sein.“

Die Lösung lässt erkennen, dass verschiedene Bewertungskriterien, sowohl wissenschaftspolitische als auch physikalische, gegeneinander abgewogen wurden. Die Bewertung differenziert zwischen verschiedenen Interessen (Interessen der Teilchenphysiker und Interessen anderer Wissenschaftler) und die Entscheidung ist klar begründet.



# KAPITEL 6

---

## Kriterien für die Auswahl von Texten für Bewertungsaufgaben

---

Texte sind das geeignete Medium, durch das die SuS sich die Informationen erarbeiten können, die sie für die Bewertung des gesellschaftlichen Nutzens von CERN benötigen. Denn Texte haben den Vorteil, dass sie leicht erzeugbar und anpassbar sowie flexibel im Unterricht einsetzbar sind. Durch die Möglichkeit des Internets lassen sich geeignete Texte zu einer Fülle von Themen finden. Wenn die gefundenen Texte nicht vollständig zum Unterrichtsthema oder zu einer Aufgabenstellung passen, können sie modifiziert werden und bei Bedarf können auch Texte selber konstruiert werden. Diese einfache Konstruierbarkeit und Modifizierbarkeit zeichnen Texte gegenüber anderen Medien, wie z. B. Videosequenzen, aus.

Im folgenden Abschnitt soll dargestellt werden, welche Kriterien der Auswahl der Texte zur Aufgabe *Gesellschaftlicher Nutzen von CERN* zugrunde liegen. In der naturwissenschaftlichen fachdidaktischen Forschung gibt es nur wenige Beiträge, die sich mit der Problematik des Einflusses von Texten auf Lernprozesse von SuS auseinandersetzen. In der Physikdidaktik ist die Arbeit von KUHN (2010) zu erwähnen, in der der positive Einfluss von Zeitungsaufgaben auf die Leistungsfähigkeit und die Motivation von SuS empirisch belegt wurde. Die Zeitungsaufgaben wurden mit traditionellen Aufgaben zum Kompetenzbereich „Fachwissen“ verglichen. Da es sich bei KUHN um Aufgaben zum Kompetenzbereich Fachwissen handelt, lassen sich die Ergebnisse nicht als Grundlage für die Entwicklung von Kriterien für die Materialauswahl zu Bewertungsaufgaben nutzen. Die Kriterien basieren weder auf Ergebnissen fachdidaktischer Forschung noch auf lernpsychologischen Theorien zu Lernprozessen.

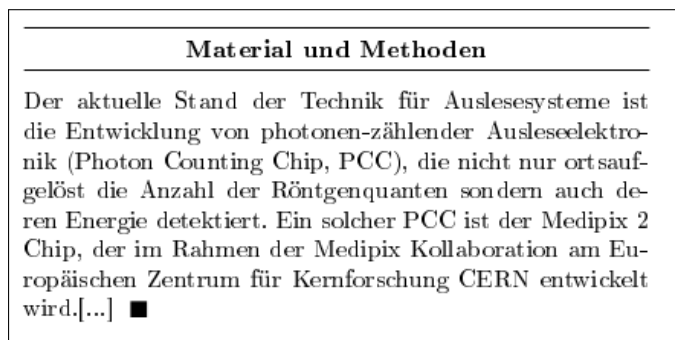
Die Kriterien entwickelten sich einerseits während der parallel laufenden Prozesse der Aufgabenentwicklung und der Materialsuche. Die Auseinandersetzung mit der Frage,

welche Merkmale einen Text geeigneter erscheinen lassen als andere Texte, führte zu den Kriterien *Authentizität*, *Aktualität*, *Kognitive Anforderung* und *Unterrichtsbezug*. Bei der Bildung der Kriterien waren die Erprobungen dieser Materialien durch Studenten hilfreich.

Andererseits führte die Auseinandersetzung mit dem *ESNaS-Kompetenzmodell* (vgl. Abschnitt 3.4) von der Frage, welche Teilkompetenzen durch die Aufgaben *Gesellschaftlicher Nutzen von CERN* gefördert werden sollen, zu der Frage, mit welchen Materialien sich die Kompetenzen fördern lassen. Die Kriterien, die bei der Absicht der Förderung von Bewertungskompetenzen zu berücksichtigen sind, sind *Förderung von Kompetenzen* und *Ausgewogenheit*. Die Kriterien zur Textauswahl sind als nicht ausschließende Kriterien zu verstehen. D.h., es lassen sich nur schwer Materialien finden, die alle Kriterien erfüllen. Die Kriterien sollen bei der Materialsuche zu Lernaufgaben zum Kompetenzbereich „Bewerten“ helfen, einen möglichst authentischen und motivierenden Rahmen zu entwickeln (Kriterien 6.1 und 6.2). Außerdem sollen mit ihrer Hilfe die Texte an die kognitiven Voraussetzungen der SuS (Kriterien 6.3 und 6.4) angepasst und auf die Förderung von Bewertungskompetenz (Kriterien 6.5 und 6.6) abgestimmt werden.

## 6.1 Authentizität

Nach dem WAHRIG 2002 bedeutet authentisch „verbürgt, echt“. Demnach soll ein authentischer Text ein Original und damit ein nicht konstruierter Text sein. Aber ein authentischer Text soll nicht nur diesem objektiven Kriterium, sondern auch einem subjektiven Kriterium genügen. Er soll einem Schüler als „natürlich“ aus der Perspektive seiner alltäglichen Lebenswelt erscheinen. Ein wissenschaftlicher Artikel ist demnach objektiv authentisch, aus der Sicht eines Schülers jedoch *subjektiv* unter Umständen nicht. Ein Beispiel aus der Materialsammlung hierfür ist ein wissenschaftlicher Artikel über Halbleiter-Detektoren ( Anhang: Material C.8). Dieser Text zeichnet sich durch eine Fachsprache aus, die der Lebenswelt der meisten SuS fremd ist (siehe Abbildung 1).



**Abbildung 1:** Textausschnitt aus Material Wirtschaft 6.

Ob eine didaktisch-konstruierte Aufgabe einem Schüler „natürlich“ erscheint, hängt im Wesentlichen davon ab, wie gut sie konstruiert ist. Für die Unterrichtspraxis ist der Zeitaufwand, der zur Konstruktion eines möglichst authentisch wirkenden Textes nötig ist, nicht zu vernachlässigen. Aber bei der Materialsuch für die Aufgabe *Gesellschaftlicher Nutzen von CERN* zeigte sich, dass auch die Suche nach authentischen Texten, die für die Aufgabenstellungen geeignet erschienen, mit einem nicht unerheblichen Zeitaufwand verbunden war. Die Abwägung zwischen authentischen und konstruierten Texten hängt auch von der Komplexität der zugehörigen Aufgabe und dem Alter der SuS ab.

Ein Argument für die Wahl objektiv authentischer Texte ist, dass SuS zur Bewertung von Sachverhalten in außerschulischen Kontexten zwangsläufig Informationen aus authentischen Quellen einordnen müssen. Denn das primäre Ziel von Bewertungskompetenz ist nicht, das Lösen von Bewertungsaufgaben im Physikunterricht zu ermöglichen, sondern Bewertungskompetenz soll den SuS die Teilnahme an gesellschaftlichen Diskursen und eine selbstbestimmte Lebensführung ermöglichen. Um die Aufgabe *Gesellschaftlicher Nutzen von CERN* in einen möglichst authentischen Rahmen einzubetten, wurde versucht, nicht nur Zeitungsartikel auszuwählen, die über CERN berichten, sondern auch Texte in die Materialsammlung aufzunehmen, in denen sich Personen äußern, die die Finanzierung von CERN direkt betrifft. Der geplante Austritt Österreichs hat sich als ergiebiger Kontext für das Auffinden derartiger Materialien herausgestellt. Beispiele hierfür sind Äußerungen zum möglichen Austritt von CERN-Mitarbeitern (Anhang: Materialien A.6 und B.5) oder ein Interview mit dem damaligen österreichischen Bundesminister für Wissenschaft und Forschung (Anhang: Material B.2).

Subjektiv authentischen Texten wurde dabei im Rahmen des Prozesses der Kriterienentwicklung eine motivierendere Wirkung unterstellt als Texten, die nicht Teil der alltäglichen Lebenswelt sind.

## 6.2 Aktualität

Neben der Authentizität eines Textes ist die Aktualität ein weiteres Kriterium für die Materialauswahl. Für die Bewertung aktueller gesellschaftlich-politischer Fragestellungen sollten die Materialien einer gewissen Aktualität genügen.<sup>1</sup> Bei der Bewertung des gesellschaftlichen Nutzen von Großforschungsanlagen erscheint es wenig sinnvoll, Texte auszuwählen, die sich z. B. mit dem Teilchenbeschleuniger HERA am Deutschen Elektronen Synchrotron beschäftigen, sondern es sollten Texte gewählt werden, bei denen der LHC im Mittelpunkt steht. Dass Texte schnell ihre Aktualität verlieren, kann am Beispiel eines Zeitungsartikels (Material Philosophie 1) aus dem Jahre 2008 verdeutlicht werden. Zu diesem Zeitpunkt stand die Inbetriebnahme des LHCs erst kurz bevor.

Kritiker halten das Vorhaben für einen Irrsinn, für Größenwahn, manche sehen sogar unsere Erde in Gefahr – sie befürchten unser aller Untergang, sobald das Ungeheuer von Genf zum Leben erweckt wird. Und dieser Zeitpunkt rückt immer näher: In wenigen Monaten, offiziell am 21. Oktober, unter der Hand vielleicht schon im August, soll es so weit sein. Dann geht der LHC, der Large Hadron Collider, die komplexeste Maschine der Welt, in Betrieb.

**Abbildung 2:** Textausschnitt aus Material Philosophie 1.

In vielen Texten wird der Versuch erwähnt, das Higgs-Teilchen am LHC nachzuweisen. Sobald die Existenz oder die Nicht-Existenz der Higgs-Teilchen am CERN nachgewiesen wird, wären nach dem Kriterium der Aktualität diese Texte nicht mehr geeignet.

## 6.3 Kognitive Anforderung

Das Lesen eines Textes soll SuS weder über- noch unterfordern. Es sind verschiedene Merkmale eines Textes, welche die kognitiven Anforderungen an den Leser beeinflussen: die Länge des Textes, das Niveau des Sprachstils und die Menge der unbekannt Fremdwörter. Ob ein Text einen Leser über- oder unterfordert, hängt auch von den kognitiven Voraussetzungen des Lesers ab. Da auch bei SuS gleicher Altersstufe die kognitiven Voraussetzungen nicht gleich verteilt sind, lässt sich nur schwer einschätzen,

<sup>1</sup> Wenn Auswirkungen physikalischer Erkenntnis in historischen Zusammenhängen bewertet werden sollen, werden keine aktuellen Materialien benötigt.

ob ein Text einen Schüler über- oder unterfordert. Das Sichten der Materialien zum gesellschaftlichen Nutzen von CERN legt jedoch die Vermutung nahe, dass diese Materialien die meisten SuS eher über- als unterfordern. Mittel, die kognitiven Anforderungen eines (authentischen) Textes zu senken, sind das Weglassen von Textpassagen oder das Erklären von Fremdwörtern und Akronymen durch Fußnoten. Die Entscheidung, welche Textstellen weggelassen werden können, hängt von der dazugehörigen Aufgabenstellung ab. Die Aufgabenstellung bestimmt, welche Sachinformationen relevant für die Bearbeitung der Aufgabe sind. Texte sollten durch eine Bearbeitung möglichst wenig von ihrer Authentizität verlieren.

## 6.4 Unterrichtsbezug

Das Bewerten „physikalisch-technischer und gesellschaftlicher Entscheidungen“ mit Hilfe des „Heranziehen[s] physikalischer Denkweisen und Erkenntnisse“ wird in den KMK-BILDUNGSSTANDARDS PHYSIK 2004, S. 10 als „Teil einer zeitgemäßen Allgemeinbildung“ gesehen. Es darf durchaus kritisch hinterfragt werden, ob die Aufgabe *Gesellschaftlicher Nutzen von CERN* nicht ebenso gut von SuS im Politikunterricht bearbeitet werden könnte. Denn absehen von der zweiten Aufgabe der Gruppe „Forscher“ wird für den Bewertungsprozess kein physikalisches Detailwissen benötigt. Dennoch kann davon ausgegangen werden, dass ein Bewertungsprozess von SuS, bei denen Inhalte des Kernbausteins „Struktur der Materie“ im Unterricht behandelt wurden, qualitativ tiefergehend durchlaufen wird als eine Bewertung von SuS, die keinen Physikunterricht besuchen. Die Plausibilität dieser Behauptung soll an zwei Beispielen verdeutlicht werden.

### *Beispiel 1*

In der ersten Aufgabe der Einzelarbeitsphase „Wirtschaft“ sollen die SuS unter anderem Beispiele für wirtschaftlichen Spin-Off nennen, um später den Mechanismus zu erkennen, durch den die Wirtschaft von Grundlagenforschung profitieren kann. Wird in die Materialsammlung der Text „Material Wirtschaft 2“ aufgenommen (Anhang: Material C.4), so können SuS als Beispiele für wirtschaftlichen Spin-Off die Detektortechnik in medizinisch-diagnostischen Geräten nennen. Wenn die „Nachweismethoden für subatomare Teilchen“, „Eigenschaften von Elementarteilchen“ und „Detektoren in Teilchenbeschleunigern“ Unterrichtsthemen waren, besteht die Möglichkeit, dass SuS die

Erklärung der technischen Anforderungen von Detektoren (siehe Abbildung 3) verstehen und einordnen können. Wenn SuS verstehen, warum derart technische Anstrengungen vollbracht werden müssen, um Elementarteilchen nachzuweisen, können sie auch eher nachvollziehen, warum in der Grundlagenforschung Technologien entwickelt werden, die in der angewandten Forschung wahrscheinlich nicht entstanden wären. Bei SuS ohne dieses physikalische Vorwissen beschränkt sich die Aufgabenbearbeitung möglicherweise auf die bloße Nennung des wirtschaftlichen *Spin-Offs*.

Der innere Detektor von ATLAS hat die Aufgabe, die Bahnkurven der bei der Kollision produzierten elektrisch geladenen Teilchen und damit ihren Entstehungsort in einem Magnetfeld sehr genau zu vermessen: Nur so kann ermittelt werden, welche Prozesse nach der Kollision stattgefunden haben. Einige der daran beteiligten Teilchen, etwa das schwere Bottomquark aus der dritten Quark-Generation, zerfallen bereits nach 1,5 billionstel Sekunden wieder und legen dabei nur wenige Millimeter Strecke zurück. Um bei der Vielzahl der Spuren ein solches Quark aus dem Teilchengewimmel herauszufischen zu können, muss der Detektor eine extrem gute Ortsauflösung haben – „das stellte eine enorme Herausforderung bei der Entwicklung dar“, so Norbert Wermes, „und war für eine Gruppe al-

**Abbildung 3:** Erklärung der technischen Anforderungen von Detektoren. Textausschnitt aus Material Wirtschaft 2.

### Beispiel 2

In der ersten Aufgabe der Einzelarbeitsphase „Philosophie“ sollen die SuS zwischen philosophischen und physikalischen Fragestellungen und somit zwischen verschiedenen Perspektiven auf die Forschung am CERN unterscheiden können. SuS, die einen Physikunterricht besuchen, der auch Aspekte der Natur der Naturwissenschaften thematisiert, werden vermutlich ein klareres Bild davon haben, was unter einer physikalischen Fragestellung zu verstehen ist, als jene, die an keinem Physikunterricht teilnehmen.

Falls die Materialsammlung den Text „Material Philosophie 2“ enthält (Anhang: Material C.4), könnten sich SuS auch mit der semantischen Überhöhung der Titulierung des Higgs-Teilchens als „Gottesteilchen“ auseinandersetzen. SuS, in deren Unterricht das Standardmodell und die Bedeutung des Higgs-Teilchens für das Standardmodell erwähnt wurden, könnten den folgenden Textausschnitt (siehe Abbildung 4) besser einordnen als SuS, die noch nie etwas von dem Higgs-Teilchen gehört haben.

Zwar hat der US-Physik-Nobelpreisträger Leon Lederman bereits vor Jahren das von den Teilchenphysikern gesuchte Higgs-Boson als "Gottesteilchen" bezeichnet. Doch mit dieser semantischen Entgleisung wollte der Forscher letztlich nur zum Ausdruck bringen, wie fundamental wichtig dieses von dem britischen Forscher Peter Higgs vorhergesagte Teilchen für das Theoriengebäude der Physik ist. Sollte es bei den Experimenten in Genf nachgewiesen werden, würde damit eine schmerzende Lücke im naturwissenschaftlichen Weltbild geschlossen. Doch wenn sich

**Abbildung 4:** Bedeutung des Higgs-Teilchens für das Standardmodell. Textausschnitt aus Material Philosophie 2.

Bei der Materialauswahl ist also darauf zu achten, ob alle physikalischen Begriffe und Sachverhalte, die in den Texten erwähnt werden, im Physikunterricht auch behandelt wurden. Für die Materialauswahl im Rahmen dieser Arbeit hatte dieses Kriterium bedingt Bedeutung, da die Aufgaben nicht innerhalb einer konkreten Unterrichtseinheit entwickelt wurden.

## 6.5 Förderung von Kompetenz

Mit unterschiedlichen Bewertungsaufgaben wird die Förderung unterschiedlicher Teilbereiche der Bewertungskompetenz angestrebt. Bei der Aufgabe *Gesellschaftlicher Nutzen von CERN* sollen die SuS primär die Sachlage erarbeiten, Bewertungskriterien aufstellen und Interessenlagen erkennen. Dabei ist die Perspektive auf die Bewertung vorgegeben. Im Text „Was spricht für und was gegen die Mitgliedschaft?“ (Anhang: Material B.8) sind die Sachinformationen schon in Bewertungskriterien (Wirtschaftlicher Spin-Off, Wissenschaftsstandort, ...) aufgegliedert und Handlungsoptionen („Pro-Finanzierung“ und „Contra-Finanzierung“) zugeordnet. Da die SuS bei diesem Text die Sachlage nicht mehr selber ordnen müssen, bietet er sich nicht an, um die oben erwähnten Kompetenzen zu fördern. Das bedeutet nicht, dass der Text generell ungeeignet ist. Wenn die Kompetenzanforderung der Aufgabe wäre, dass die SuS die unterschiedlichen Bewertungskriterien unterschiedlichen gesellschaftlichen Perspektiven zuordnen sollen, erschiene die Nutzung des Textes sinnvoll.

Pro:	Contra:
<p><b>Internationale Spitzenforschung:</b></p> <p>Unbestritten geschieht am CERN hochkarätige Grundlagenforschung, die den Aufbau der Materie klären soll. Ohne Mitgliedschaft sind österreichische Teilchenphysiker von der Forschung de facto ausgeschlossen, da die für Experimente notwendigen hohen Energien nur in großen Teilchenbeschleunigern wie dem LHC beim CERN erzeugt werden können.</p>	<p><b>Hohe Kosten:</b></p> <p>Die Mitgliedschaft beim CERN kostet jährlich ein Fixum von 16 Millionen Euro, dazu kommen noch rund vier Millionen Euro für konkrete Forschungsprojekte. Das macht rund 70 Prozent der im Budget für internationale Mitgliedschaften veranschlagten Mittel aus.</p>
<p><b>Internationales Renommee:</b></p> <p>Ein Ausstieg aus CERN hätte die Reputation Österreichs wohl beschädigt, wie die Kritiker Hahns monierten. Bei gemeinsamen internationalen Projekten zählten die Verlässlichkeit, die Langfristigkeit und das Vertrauen.</p>	<p><b>Alternative Projekte:</b></p> <p>Derzeit entstehen in europäischer Kooperation neue Großforschungseinrichtungen – von Gewebedatenbanken über Röntgenlaser bis hin zu riesigen Teleskopen. Um dort mit-tun zu können – und auch anderen Wissenschaftsdisziplinen den Zugang zu Großforschungsanlagen zu ermöglichen –, ist mehr Geld nötig. Bei begrenzten (Spar-)Budgets fehlen diese Mittel.</p>
<p><b>Wirtschaftliche Spin-offs:</b></p> <p>Österreichische Unternehmen waren in der Vergangenheit regelmäßig Zulieferer von Ausrüstung für CERN. Auch die österreichische Uniqa-Versicherung hat einen Exklusivvertrag bei CERN.</p>	<p><b>Wissenschaft ändert sich:</b></p> <p>Früher war die Teilchenphysik die „Königin der Wissenschaften“. Heute sind etwa die Lebenswissenschaften drauf und dran, ihr den Rang abzulaufen.</p>

**Abbildung 5:** Textausschnitt aus Material Forscher 1. Sachinformationen, aufgegliedert in Bewertungskriterien und geordnet nach Handlungsoptionen.

## 6.6 Ausgewogenheit

Die Materialsammlung soll einen ergebnisoffenen Bewertungsprozess ermöglichen. Die Aufgabe *Gesellschaftlicher Nutzen von CERN* ist eine Aufgabe, bei der sich die SuS beim Bewertungsprozess „nur“ zwischen zwei Handlungsoptionen entscheiden müssen. Bei der Auswahl von Texten stößt man auf Sachinformationen, die für die Handlungsoption „Kürzen der Finanzierung von CERN“ sprechen und solche, die gegen die Kürzung der Finanzierung von CERN sprechen. Um einen ergebnisoffenen Bewertungsprozess zu ermöglichen, soll daher darauf geachtet werden, dass die Texte und somit die Sachinformationen ausgewogen ausgewählt werden.



Das ist Unfug. Viele Leute stellen mir quasi-religiöse Fragen: Woher wir kommen, wie das Universum entstanden ist und so weiter. Da kann ich als Physiker nur antworten: Da bin ich kein Experte, ich bin einzig und allein ein Experte in Sachen Experiment und Messung.

(6.1) Textausschnitt aus Material Philosophie 6 (A.7).

**Abbildung 6:** Unterschiedliche Meinungen zum philosophischen Charakter der Forschung am CERN.

Wenn z. B. bei der Betrachtung von CERN aus philosophischer Sicht nur Texte ausgewählt werden, in denen Meinungen vertreten werden, die in der Forschung am CERN keinen philosophischen Charakter erkennen oder ihr wenig Bedeutung für die Menschheit zusprechen, wird der Bewertungsprozess der SuS stark beeinflusst. Durch das Aufnehmen konträrer Meinungen in die Materialsammlung sind die SuS gezwungen, die unterschiedlichen Meinungen einander gegenüber zu stellen, sie zu gewichten und aufgrund der Gewichtung eine Handlungsoption vorzuschlagen.

Ich weiß auch nicht, was diese Weltformel erklären soll. Soll sie dann erklären, warum ein anderer Mensch glücklicher ist als ich selbst? Also was will ich mit dieser Weltformel erreichen? Ich will das Fundament dieses ganzen Universums haben. Aber was ist das Universum? Wissen wir das genau?

(7.1) Textausschnitt aus Material Philosophie 4 (A.5).

**Abbildung 7:** Unterschiedliche Meinungen zur Bedeutung der Forschung am CERN für die Menschheit.

Ich empfinde die Wissenschaft am Cern als eine Schnittstelle der Physik, des rational Erklärbaren, mit der Religion – der Suche nach Gott, nach dem Urknall: Was war davor? Gibt es das ein zweites Mal? Woher kommt das alles? Woher kommt die Energie, die letztlich das Universum ausmacht?

(6.2) Textausschnitt aus Material Philosophie 5 (A.6).

Ich denke, dass das, was wir am Cern tun, ein Teil des Kulturgutes der Menschheit darstellt. Man kann auch den Sport oder die Musik infrage stellen. Es gibt Leute, die sagen: Mich interessiert die Oper nicht, das hat auf meinen gelebten Alltag keinen Einfluss. Es ist legitim zu sagen, das interessiert mich nicht. Aber es ist Teil unserer Kultur. Das betrifft direkt die Sinnfrage: Hat es einen Sinn, Musik zu machen? Gibt es einen Sinn für den Menschen, Neues zu entdecken? Ich sage: natürlich! Das

(7.2) Textausschnitt aus Material Philosophie 3 (A.4).



# KAPITEL 7

---

## Erprobung der Aufgaben und der Textauswahl

---

Erste Erprobungen der Aufgaben *Gesellschaftlicher Nutzen von CERN aus Sicht der Philosophie* (Anhang: Aufgabe A.1) und *Gesellschaftlicher Nutzen von CERN aus Sicht der Wirtschaft* (Anhang: Aufgabe C.1) mit Physikstudenten der Universität Bremen statt. Die Aufgabe *Gesellschaftlicher Nutzen für den Wissenschaftstandort Deutschland* war zu diesem Zeitpunkt leider noch nicht fertig entwickelt.

### 7.1 Erste Erprobung

Die erste Erprobung fand in einem 2-stündigem physikdidaktischen Seminar an der Universität Bremen statt. Die Gruppe bestand aus elf Studenten, die sich zu dem Zeitpunkt der Erprobung im sechsten bzw. zehnten Fachsemester des Physik-Lehramtsstudiums befanden. Im sechsten Fachsemester des Physik-Lehramtsstudiums ist die fachphysikalische Lehrveranstaltung „Kerne und Elementarteilchen“ verpflichtend. Demnach die Studenten theoretisch das nötige Fachwissen um die Aufgaben besser einordnen zu können. Wegen des zeitlichen Rahmens (60 min) stand die Erprobung der Einzelarbeitsphasen im Vordergrund. Auf die Gruppenarbeitsphase wurde daher verzichtet.

#### 7.1.1 Ziele der ersten Erprobung

Ein Ziel der Erprobung war es, die Bearbeitungszeit der Studenten abzuschätzen. Des Weiteren sollte untersucht werden, ob die Aufgabenstellungen klar verständlich sind. Außerdem sollten die Erprobung zeigen, ob die Materialien dem Empfinden der Studenten nach ausgewogen zusammengestellt sind (vgl. Abschnitt 6.6), ob die kognitiven Anforderung an das Lesen und der Schwierigkeitsgrad des „Lösens“ der Aufgaben mit Hilfe der

Materialsammlung angemessen sind. Dafür wurden vor der Bearbeitung der Aufgaben Bögen verteilt, auf denen die Studenten ihre Eindrücke bezüglich Aufgabenstellung und Materialauswahl dokumentieren sowie Anmerkungen und Kritik äußern konnten (siehe Anhang: D und 9).

### 7.1.2 Ergebnisse der ersten Erprobung

#### *Expertengruppe Philosophen*

Die Materialauswahl für die Gruppe „Philosophen“ bestand aus den Texten A.2, A.3, A.4 und A.6.

**Textauswahl – Ausgewogenheit:** Die Studenten hielten die Texte für weitgehend ausgewogen, wobei kritisiert wurde, dass die Texte in der Summe „Pro-CERN“ lastig waren.

**Textauswahl – Schwierigkeitsgrad:** Die Studenten meinten, dass die zum Lösen der Aufgaben benötigten Sachinformationen in den Texten zu finden waren, wobei die Texte A.2 und A.4 jedoch viele Informationen enthielten, die zu Lösung nicht gebraucht wurden. Ein Student vermerkte, dass der Titel des Textes A.3 „Was CERN nicht kann“ schon implizierte, dass bei CERN keine philosophischen Fragen beantwortet werden könnten. Es gab keine Beschwerden über die Länge der Texte.

**Aufgabenstellung:** Ein Student kritisierte, dass ihm nicht klar war, was unter philosophischen Fragen zu verstehen sei.

## 7.2 Änderung auf Grund der Ergebnisse

Es wurde aufgrund der Ergebnisse der ersten Erprobung keine Änderungen der Texte vorgenommen. Im Aufgabenblatt PHILOSOPHEN wurde, der Text der Info-Box geändert, mit dem Ziele Einnahme der philosophischen Perspektive zu erleichtern. Deshalb wurde im ersten Arbeitsauftrag eine „Verweis“ auf die Info-Box hinzugefügt.

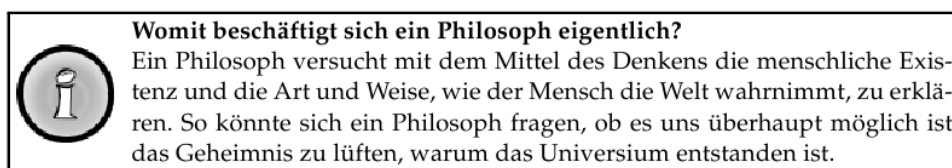


Abbildung 1: „Alte“ Info-Box-Philosophie.

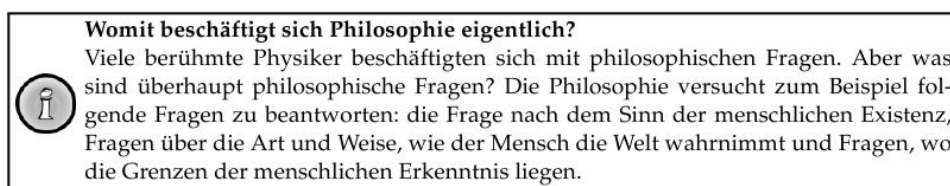


Abbildung 2: „Neue“ Info-Box-Philosophie.

### 7.2.1 Expertengruppe Wirtschaft

Die Materialauswahl für die Gruppe „Wirtschaft“ bestand aus den Texten C.3 (längere Version als im Anhang), C.5 (längere Version als im Anhang), C.6 und C.8.

**Textauswahl – Ausgewogenheit:** Die Studenten hielten die Texte C.3, C.5 und C.8 für „Pro-CERN“ und fanden nur im Text C.7 Contra Argumente. Der Text C.6, der eigentlich Argumente für angewandte Forschung enthält, wurde nicht erwähnt. Das könnte daran liegen, dass er erst im Kontext der Aufgabe 3 Bedeutung erhält und viele Studenten aus Zeitmangel Aufgabe 3 nicht bearbeiten konnten.

**Textauswahl – Schwierigkeitsgrad:** Das Ausfüllen der Tabelle war mit Hilfe des Textes C.7 leicht. Einige Studenten vermerkten, dass zu Lösung der Aufgabe 1 fast alle Texte gelesen werden mussten. Die Menge und die Länge der Texte wurde als zu umfangreich empfunden. Viele Studenten klagten deshalb über Konzentrationsprobleme. Bei Text C.8 erschwerten der Sprachstil und die viele Fachausdrücke den Studenten das Verstehen. Der wissenschaftliche Text C.7 war deutlich zu lang.

**Aufgabenstellung:** Einige Studenten kritisierten, dass den Aufgaben die jeweiligen Texte zugeordnet werden sollten.

### 7.2.2 Änderung auf Grund der Ergebnisse

Text C.8 wurde aufgrund des nicht Erfüllens der Kriterien Subjektive Authentizität und *Kognitiven Anforderung* als für die Schule ungeeignet eingestuft. Text C.7 wurde gekürzt.

## 7.3 Zweite Erprobung

Die zweite Erprobung fand mit 15 Studenten des Studiengangs „Physik B. Sc.“ statt. Die Erprobung der Aufgaben dauerte drei Stunden. Dadurch wurde eine Bearbeitung der Aufgaben zu Einzelarbeitsphase und Gruppenarbeitsphase ermöglicht. Außerdem präsentierten jeweils zwei Expertengruppen „Wirtschaft“ und „Philosophen“, ihre Ergebnisse.

### 7.3.1 Ziele der Erprobung

Es wurden wie bei der ersten Erprobung wieder die Einschätzung der Studenten über Zeitdauer der Bearbeitung, Textauswahl und Aufgabenstellung mit Hilfe der Kritikbögen abgefragt.

### 7.3.2 Ergebnisse der zweiten Erprobung

#### Expertengruppe Philosophie

Die Materialauswahl für die Gruppe „Philosophen“ bestand aus den Texten A.2, A.3, A.4, A.5 und A.6.

**Textauswahl – Schwierigkeitsgrad:** Die Mehrheit der Studenten fand den Schwierigkeitsgrad der Texte angemessen. Nur einer der sechs Studenten fand die Texte schwer. Es sei schwierig, eine Meinung aus philosophischer Sicht zu schreiben und außerdem gäbe es in den Texten wenig unterschiedliche Meinungen. Zwei Studenten begrüßten es, dass Antworten und Ideen den Texten entnommen werden konnten. Ein Student bezeichnete die Texte als zu allgemein. Viele Argumente würden angesprochen werden, aber nur kurz behandelt. Ein anderer fand es gut, dass Zusammenhänge erläutert werden. Texte seien ohne Hintergrund verständlich, bemerkte ein anderer Student.

**Textauswahl – Ausgewogenheit:** Ein Student meinte, dass jeder Text klar für eine Seite Partei nehme. Außerdem werden verschiedene Medien wie Zeitung oder

Sendungen verwendet, was eine gute Mischung ergibt.

Ein anderer meinte zentrale Fragen, wie etwa der Sinn der Forschung für den einzelnen Menschen, werden nicht behandelt. Man finde außerdem relativ wenig Bezug auf CERN selbst.

Aus der Sicht eines Studenten argumentiert der einzige Contra-Text (A.5 am besten, aber sehr subjektiv.

Ein Student findet die Texte zu allgemein. Es werde Vieles angeschnitten, aber nicht darauf eingegangen. So blieben die Texte auf der Oberfläche, sollten aber tiefer gehen.

Der ausgewogene Ersteindruck eines Studenten wandelte sich zu einem Befürwortenden hinsichtlich der Philosophie. Ein anderer Student empfand es ähnlich.

**Aufgabenstellung:** Zu der Aufgabenstellung äußerten sich zwei Studenten nicht, während die anderen alle Aufgaben verständlich fanden. Die Aufgaben seien so formuliert, dass man wüsste, in welchem Bereich die Antworten liegen.

Aufgabe 1 und 2 seien ähnlich zu beantworten. Es sei schwer gewesen, für die Aufgaben einige unterschiedliche Argumente zu finden, meinte einer der Studenten. Der andere Student fragte sich, ob bei der Aufgabe 2 philosophische Sicht oder nach einer generellen Meinung gefragt sei.

**Anregungen und Kritik:** Man sollte die Möglichkeiten des philosophischen Betrachtens etwas einschränken, um ein eindeutiges Ergebnis zu erhalten, schlug einer der Studenten vor.

Einem Studenten fehlte der Vergleich zu anderen Ausgaben, während ein anderer konkret den Vergleich mit anderen „Spritzen“ für kulturelle Dinge anregte.

#### *Expertengruppe Wirtschaft*

Die Materialauswahl für die Gruppe „Wirtschaft“ bestand aus den Texten C.3, C.4, C.5, C.6 und C.7.

**Textauswahl – Schwierigkeitsgrad:** Sieben Studenten fanden den Schwierigkeitsgrad angemessen, für einen hätte er anspruchsvoller sein können. Einzelne fanden, für den ersten Text seien Vorkenntnisse notwendig, Aufgabe 2 sei mit dem dritten Text zu lösen und der dritte Text sei zu anspruchsvoll.

**Textauswahl – Ausgewogenheit:** Die Gesamtheit der Texte empfanden drei Studenten als ausgewogen, vier Studenten beurteilten sie als „pro-lastig“, während

zwei Studenten sogar eine echte Contra-Position vermissten.

**Aufgabenstellung:** Die Aufgabenstellung war den meisten Studenten klar, wobei zwei Anfangsschwierigkeiten bei der Aufgabe 2A hatten<sup>1</sup> und einer bei Aufgabe 2b eine konkrete Anzahl an Sätzen gefordert hätte, um eine knappe Antwort in einem Satz zu vermeiden. Ein Student fand die Lernhilfen am Anfang hilfreich.

**Allgemeine Anregungen und Kritik:** Drei Studenten äußerten keine Anregungen oder Kritik, während ein Student alles gut fand. Ein anderer fand, Fachwörter und Abkürzungen sollten kurz erklärt werden. Die Meinung eines anderen Studenten war, dass der Wirtschaftsaspekt von der Forschung am CERN gut zur Geltung kam, während er die dritte Aufgabe überflüssig fand, weil sie durch die anderen Aufgaben schon abgedeckt sei. Stattdessen wünschte er sich noch mehr Informationen. Ein Student fand die Texte zu kompliziert und musste sich ab dem zweiten Text sehr anstrengen und ihm war die dritte Aufgabe zu viel. Da die Vorteile für die Firmen nicht unbedingt die Vorteile für die Gesellschaft bedeuten, würde ein anderer Student zu den Expertengruppen auch die der „Normalbürger“ hinzufügen - die Wirtschaft sei eher am Profit als am gesellschaftlichen Nutzen interessiert.

**Benötigte Zeit zur Bearbeitung der Teilaufgaben:** Sechs Studenten konnten genaue Zeitangaben zur Bearbeitung der Teilaufgaben machen (siehe Tabelle 7.3.2), während einer nur die Zeitverhältnisse angab, bei zweien einige Zeiten fehlten und einer die Zeiten leider vergessen hatte und nur die benötigte Gesamtzeit angab.

**Tabelle 1:** Expertengruppe Wirtschaft: Übersicht über Angaben von 5 Studenten für die Aufgaben benötigten Zeit in Minuten

Student	1	2	3	4	5	Mittelwert
Textlesen	30	15	20	15	10	18
Aufgabe 1	10	5	15	10	10	10
Aufgabe 2	10	10	15	15	10	12
Aufgabe 3	15	15	5	5	10	10
Gruppenphase	20	15	20	15	20	18
Gesamt	85	60	75	60	60	68

<sup>1</sup> Das lag wahrscheinlich daran, dass die Information erst im letzten Text zu finden waren.



### 7.3.3 Gruppenphase

Die Ergebnisse zweier Gruppen sind in den Tabellen 2 und 3 dargestellt.

**Tabelle 2:** Ergebnisse Expertengruppe Philosophie 1

Philosophie 1	
Pro	Contra
⇒ Weltanschauung: Fortschritt in Physik bringt Erklärung des Weltbildes	⇒ Fragen nach Ursprung/ Sinn kann nicht beantwortet werden
⇒ Mensch möchte Ordnung haben: Forschung bringt Erkenntnis, Neugierde befriedigen	⇒ CERN macht keinen Unterschied für Philosophie, da Fundamentales nicht nachgewiesen werden kann (Urknall)
⇒ Kulturgut, dass es zu erweitern und zu vertiefen gilt	⇒ <b>viele Geld für Theorie: wenn widerlegt bricht Konstrukt zusammen</b>
Fazit: Pro	

**Tabelle 3:** Ergebnisse Expertengruppe Wirtschaft

Wirtschaft 1	
Pro	Contra
⇒ langfristige Innovationen	⇒ wirtschaftliches Restrisiko
⇒ Spezialisierte Forschung führt an Grenzen	
⇒ riesige Absatzmärkte durch Innovationen	
⇒ <b>Staat verantwortlich für Bildung, also auch für Grundlagenforschung</b>	
Fazit: Pro	

Die Bewertung ist eindeutig „Pro-CERN“ lastig. Anscheinend konnten die Studenten nicht ausreichend negative Bewertungskriterien in den Texten erkennen. Außerdem schienen sie unter wirtschaftlichen Nutzen nur Nutzen für Unternehmen, in der Form „mehr Profit“, und nicht den volkswirtschaftlichen Gesamtnutzen zusehen.

### **7.3.4 Änderung auf Grund der Ergebnisse**

Die Aufgabe 3 wurde nur von wenig Studenten ernsthaft bearbeitet, einige meinten, sie wäre durch die ersten beiden Aufgaben abgedeckt. Bei der dritten Aufgabe ging es nicht primär um die Erarbeitung von Sachinformationen, sondern um den Bewertungsprozess selber. Die SuS sollten zur Bereitschaft von Unternehmen Grundlagenforschung zu finanzieren Stellung nehmen.

Bei den anderen Aufgabenblättern Philosophen und Forschern sollen die SuS in den Aufgaben der Einzelarbeitsphase nur Sachinformation erarbeiten und noch keine Bewertung. Um die Anforderung für die drei gesellschaftlichen Perspektiven vergleichbar zu gestalten, wurde deshalb die dritte Aufgabe der wirtschaftlichen Perspektive gestrichen. Der Rahmen des dritten Arbeitsauftrags, die Bewertung von Aussagen zweier Parteien zu Finanzierung von Grundlagenforschung durch den Staat, wurde in den Arbeitsauftrag der Gruppenarbeitsphase übernommen. Die Idee dabei war zu vermeiden, dass beim Bewertungsprozess unter wirtschaftlichen Nutzen nur der finanzielle Nutzen für Unternehmen gesehen wird. So sollen SuS nach dem neuen Arbeitsauftrag nicht mehr Pro- und Contra-Argumente bezüglich der Finanzierung von CERN sammeln und vergleichen, sondern Argumente für die Finanzierung von angewandter Forschung und Grundlagenforschung durch den Staat.

# KAPITEL 8

---

## Einsatzmöglichkeiten im Unterricht

---

Der BREMER BILDUNGSPLAN FÜR DIE GYMNASIALE OBERSTUFE PHYSIK 2008 strukturiert das Fachwissen inhaltlich nach „Bausteinen“. Bei „Kernbausteinen“ handelt es sich um verpflichtende Unterrichtsinhalte. Zu jedem Kernbaustein gibt es verschiedene Vertiefungsmöglichkeiten, die sogenannten „Erweiterungsbauusteine“.

Der BREMER BILDUNGSPLAN FÜR DIE GYMNASIALE OBERSTUFE PHYSIK 2008 beinhaltet einen neuen Kernbaustein „Struktur der Materie“. Dieser enthält Lerninhalte, die von dem Aufbau der Atome bis zum Teilchenzoo reichen (siehe Abbildung 1).

<b>Struktur der Materie</b>	<b>(LK, GK)</b>
<i>Sachinhalte</i>	
<ul style="list-style-type: none"><li>• Die Suche nach den kleinsten Bausteinen</li><li>• Kernmasse, Kernradius, Proton, Neutron</li><li>• Paarbildung und Paarvernichtung</li><li>• Der Teilchenzoo – drei Klassen von Teilchen und Antiteilchen</li><li>• Nukleonen aus Quarks zusammengesetzt</li></ul>	

**Abbildung 1:** Der Kernbaustein „Struktur der Materie“ aus dem BREMER BILDUNGSPLAN FÜR DIE GYMNASIALE OBERSTUFE PHYSIK 2008.

Ein Erweiterungsbaustein von „Struktur der Materie“, beschäftigt sich mit Großforschungsanlagen der Teilchenphysik. Die Vertiefungsmöglichkeiten des Erweiterungsbaustein sind folgende:

- Beschäftigung mit einer Großforschungsanlage: DESY oder CERN
- Verschiedene Beschleuniger-Typen: Linearbeschleuniger, Kreisbeschleuniger, Syn-

chrotron und Zyklotron

- aktuelle Forschungsfragen an Großforschungsanlagen
- Teilchendetektoren
- relativistische Effekte in Beschleunigeranlagen

Für die Behandlung eines Erweiterungsbausteins sind sechs Schulstunden veranschlagt. Wenn die Bewertungsaufgabe *Gesellschaftlicher Nutzen von CERN* im Unterricht von SuS bearbeitet wird, muss abgeschätzt werden, wie viele Schulstunden für die Bearbeitung der Aufgabe verwendet werden können. Die Variablen um Einfluss auf die Bearbeitungszeit zu nehmen, sind dabei die Menge an Material und wie intensiv der Rahmen „Bundestagsausschuss für Bildung und Forschung“ als Rollenspiel genutzt wird wichtig.

## 8.1 Die „Variable“ Materialsammlung

### 8.1.1 Minimalpaket

Die Materialsammlungen werden so klein wie möglich gewählt, wobei sie die Bearbeitung aller Teilaufgaben ermöglichen. Da in Interviews Sachinformationen schneller erfasst werden können, werden diese langen Zeitungsartikeln vorgezogen. Der Vorschlag für das Minimalpaket beinhaltet folgenden Texte:

**Philosophie:** Interview A.5 und A.7: Contra-CERN. Interview A.6 und Artikel A.3: Pro-CERN.

**Wirtschaft:** Artikel C.4 ein Beispiel für wirtschaftlichen Spin-Off (Aufgabe 1a): Pro-CERN. Gespräch C.7 für Aufgaben 1b) 2a) und 2b). Presstext: Contra-CERN (Pro-angewandte Forschung)

**Forschung:** Interview B.2 für Aufgabe 1a): Contra-CERN. Artikel B.4 für Aufgabe 1b). Artikel B.8: Aufgabe 1a): Pro-CERN und Contra-CERN. Artikel und Tabelle B.6-

Für die Abschätzung der benötigten Unterrichtszeit, die für die Bearbeitung der Aufgaben der Expertengruppen „Wirtschaft“ und „Philosophie“ benötigt wird, gibt die 2. Erprobung der Aufgaben mit Studenten eine Orientierung. Dabei wird vermutet,

dass die meisten Physikstudenten in der Schule einen Leistungskurs besucht haben und während der Erprobung auch sehr konzentriert gearbeitet haben. Dies lässt annehmen, dass SuS länger für die Bearbeitung brauchen. Dabei sind in den Materialsammlungen des Minimalpaketes weniger Texte als in den Materialsammlungen der Erprobungen. Außerdem wurden keine Texte in die Materialsammlung des Minimalpaketes übernommen, die von den Studenten als „schwer“ oder „lang“ bezeichnet wurden (vgl. Anhang 7.3.2 und 7.3.2). Dieses läßt den Schluss zu, dass dadurch Zeit gewonnen wird.

### 8.1.2 Erweitertes Paket

Anspruchvollere Materialsammlungen lassen sich durch folgende Änderung realisieren:

**Philosophie:** Hinzunahme des Artikels A.3 eher Contra-CERN. Bietet sich als einleitender Text an, da die vermeintlich philosophischen Aspekte der Forschung am CERN beschrieben werden.

**Wirtschaft:** Hinzunahme des Artikels C.3: ein zweites Beispiel für wirtschaftlichen *Spin-Off*.

**Forschung:** Ersetzen des Artikels B.8 durch den offenen Brief B.6. Dabei ist der Vorteil Vorteil, dass der offene Brief sehr authentisch ist (Kriterium 6.2 *Authentizität*) und sich der Artikel B.8 vermutlich nicht für die Förderung der Teilkompetenz eignet *Bewertungskriterien* (vgl. Abschnitt 3.4.1) (Kriterium 6.5 *Förderung von Kompetenz*).

## 8.2 Die „Variable“ Rollenspiel

Die Aufgabe *Gesellschaftlicher Nutzen von CERN* bietet den Rahmen für die Einbettung in ein Rollenspiel. Es liegt im Ermessen des Lehrers, wie weit diese Möglichkeit ausgereizt werden soll. Wenn die Bewertungen in den Gruppen abgeschlossen sind, sollen die Ergebnisse dem „Bundestagsausschuss“ präsentiert werden.

3. In der Sitzung des Bundestagsausschusses für Bildung und Forschung wird darüber abgestimmt, ob die Finanzierung für CERN gekürzt werden sollte. Der Bundestagsausschuss hat Sie als wissenschaftspolitischen Experten geladen. Bereiten Sie sich mit anderen Wissenschaftsexperten in Kleingruppen auf die Sitzung des Ausschusses vor. Bewerten Sie aus der wissenschaftspolitischen Perspektive, ob es der Gesellschaft wert sein sollte, die Forschung am CERN durch Millionenbeträge zu finanzieren. Dafür gehen Sie folgendermaßen vor:

**Abbildung 2:** Rollenspiel „Bundestagsausschuss,“: Arbeitsauftrag für Gruppenarbeitsphase

Im Wesentlichen gibt es drei Varianten zum Vorstellen der Ergebnisse. Die vermeintlich zeitsparendste Variante wäre die Ergebnisse gar nicht im Plenum präsentieren zu lassen, sondern nach der Methode „Think-Pair-Share“ vorzugehen. Dabei würden die SuS nach den Bewertungen in ihren Experten-Gruppen in neue Gruppen eingeteilt werden. Die neuen Gruppen würden jeweils aus mindestens einem Philosophen, einem Wirtschafts- und einem Forschungsexperten bestehen. Hier würden die jeweiligen Experten nacheinander den anderen ihre Ergebnisse vorstellen.

Die zweite Variante wäre es, die jeweiligen Expertengruppe ihre Ergebnisse im Plenum vortragen zu lassen und anschließend das gesamte Plenum über die Finanzierung von CERN abstimmen zu lassen.

Die dritte Variante wäre es, das Rollenspiel voll auszukosten. Dafür würde vor den Präsentation der Ergebnisse eine Gruppe von leistungsstarken SuS ausgewählt werden, die das Entscheidungsgremium des Bundestagsausschusses bilden soll. Es sollte dabei mindestens ein Experte jeder gesellschaftlichen Perspektive im Entscheidungsgremium sitzen. Nach den Präsentationen bewertet das Gremium den gesellschaftlichen Nutzen aus allen drei gesellschaftlichen Perspektiven. Dies ermöglicht bei der Bewertung die Reflexion der unterschiedlichen Interessen.

Ingesamt kann abhängig von Materialauswahl und Art der Ergebnispräsentation von einem Bearbeitungszeitraum von zwei bis vier Schulstunden ausgegangen werden.

# KAPITEL 9

---

## Zusammenfassung und Ausblick

---

Die ursprüngliche Idee, eine Aufgabe zum Nutzen von CERN aus verschiedenen gesellschaftlichen Perspektiven zu entwickeln, entstand im Rahmen des physikdidaktischen Seminars „Multimedia im Physikunterricht“ im Wintersemester 2010/2011 an der Universität Bremen. In diesem Seminar wurden unter anderem Multimedia-Lernaufgaben entwickelt, die einen anderen Kompetenzbereich als „Fachwissen“ fördern sollten. Hierzu entwickelte Igor Spitalny eine Aufgabe, in der der gesellschaftliche Nutzen von CERN bewertet werden sollte und die den Ausgangspunkt dieser Arbeit bildet.

Es mussten nun die verschiedenen gesellschaftlichen Perspektiven, zugehörige Aufgabenstellungen und geeignete Texte gefunden oder entworfen werden. Dabei handelte es sich bei der Material- und der Aufgabenentwicklung um voneinander abhängige Prozesse. So lieferten Materialien Ideen zu Aufgabenstellungen und Aufgabenstellungen machte die Suche weiterer Materialien notwendig.

Die Produkte dieses Entwicklungsprozesses sind drei Aufgabenblätter zum gesellschaftlichen Nutzen von CERN aus einer philosophischen, einer ökonomischen und einer wissenschaftspolitischen Perspektive sowie eine dazugehörige, umfangreiche Materialsammlung. In ersten Erprobungen der Materialien wurde untersucht, wie Studenten mit den Aufgabenstellungen und den Texten zurechtkamen. In der ersten Untersuchung waren die gewählten Materialsammlungen noch zu umfangreich, wurden aber für die zweite Untersuchung anhand der Kritik der Studenten optimiert. Für einen regulären Einsatz im schulischen Physikunterricht bleibt eine Erprobung der Ergebnisse dieser Arbeit mit SuS erstrebenswert.

An erster Stelle soll dazu eine Auseinandersetzung mit dem Begriff der Bewertungskompetenz in den KMK-BILDUNGSSTANDARDS PHYSIK 2004, in der EPA PHYSIK 2004

und in dem BREMER BILDUNGSPLAN FÜR DIE GYMNASIALE OBERSTUFE PHYSIK 2008 stehen.

Hierzu werden die Motivation für die Einführung der Bewertungskompetenz, deren genaue Beschreibung und mögliche Unterrichtsthemen des Physiksunterrichts, in denen sie Anwendung finden kann, dargestellt.

Im Weiteren werden verschiedene Kompetenzmodelle für „Bewertung“ vorgestellt. Da in der Physikdidaktik noch keine ausgearbeiteten und erprobten Kompetenzmodelle zur Bewertung existieren, werden zwei Kompetenzmodelle der Biologiedidaktik, das *Göttinger Modell zur Bewertungskompetenz im Kontext nachhaltiger Entwicklung* von BÖGEHOLZ und EGGERT (2006) und *das Modell für Werte-Dilemmata-Situationen* von HÖSSLE (2007), vorgestellt. Am Ende folgt eine ausführlichere Darstellung des *ESNaS-Kompetenzmodells*.

Im Kapitel 4 soll der Nutzen von Grundlagenforschung für die Gesellschaft dargestellt werden. Dafür muss zunächst der Begriff des gesellschaftlichen Nutzens genauer beschrieben werden; sodann kann der Frage nachgegangen werden, wie sich Nutzen für die Gesellschaft und die Grundlagenforschung gegenseitig bedingen. Danach soll skizziert werden, wie gesellschaftlicher Nutzen der Forschung am CERN aus philosophischer, ökonomischer und forschungspolitischer Perspektive aussehen könnte. Im Kapitel 5 wird der Aufbau der Arbeitsblätter zur der Aufgabe *Gesellschaftlicher Nutzen von CERN* erläutert, welche Lernziele durch sie erreicht werden sollen und eine beispielhafte Musterlösung angeboten.

Anhand von Textbeispielen aus der Materialsammlung werden im Kapitel 6 Kriterien für die Materialauswahl der Aufgabe *Gesellschaftlicher Nutzen von CERN* dargestellt. Im Kapitel 7 werden die Ergebnisse zweier erster Erprobungen mit Studenten präsentiert und ihre Folgen auf die Aufgabenstellungen und die Auswahl möglicher Texte.

Im letzten Kapitel werden zwei Beispiele von Materialsammlungen für den Unterrichtseinsatz vorgeschlagen.

Da die Aufgabenentwicklung erst Ende Mai soweit gediehen war, dass eine Erprobung sinnvoll erschien, konnte aus zeitlichen Gründen keine Erprobung der Aufgaben in der Schule mehr stattfinden



---

## Literaturverzeichnis

---

### **Betsch und Haberstroh 2005**

BETSCH, Tilmann ; HABERSTROH, Susanne: *The routines of decision making*. Routledge, 2005. – ISBN 9780805846133 (Zitiert auf Seite 7)

### **Betsch et al. 2002**

BETSCH, Tilmann ; HABERSTROH, Susanne ; HOHLE, Cornelia: Explaining Routinized Decision Making. In: *Theory & Psychology* 12 (2002), Nr. 4, S. 453–488. – URL <http://tap.sagepub.com/content/12/4/453.abstract> (Zitiert auf Seite 8)

### **BMBF 2011**

BUNDES MINISTERIUM FÜR BILDUNG UND FORSCHUNG: *Presstext : Grundlagenforschung*. URL <http://www.bmbf.de/de/98.php>, Februar 2011 (Zitiert auf Seite 23)

### **Bögeholz 2007**

BÖGEHOLZ, Susanne: Bewertungskompetenz für systematisches Entscheiden in komplexen Gestaltungssituationen Nachhaltiger Entwicklung. In: KRÜGER, Dirk (Hrsg.) ; VOGT, Helmut (Hrsg.): *Theorien in der biologiedidaktischen Forschung*. Berlin, Heidelberg : Springer Berlin Heidelberg, 2007, S. 209–220. – URL <http://www.springerlink.com/content/jkj1m7501r82r528/>. – ISBN 978-3-540-68165-6 (Zitiert auf Seiten 7 und 13)

### **Bögeholz und Eggert 2006**

BÖGEHOLZ, Susanne ; EGGERT, Sabina: Göttinger Modell der Bewertungskompetenz - Teilkompetenz "Bewerten, Entscheiden und Reflektieren" für Gestaltungsaufgaben Nachhaltiger Entwicklung. In: *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften* 12 (2006), S. 177–197, 1,9 M. – URL [http://www.ipn.uni-kiel.de/zfdn/pdf/010\\_12.pdf](http://www.ipn.uni-kiel.de/zfdn/pdf/010_12.pdf) (Zitiert auf Seiten 1, 13, und 66)

**CERN 2008**

CERN: *Presstext: LEP*. URL <http://public.web.cern.ch/public/en/research/lep-en.html>, 2008 (Zitiert auf Seite 35)

**CERN 2011**

CERN: *CERN Technology Transfer - Technologies*. URL <http://technologytransfer.web.cern.ch/technologytransfer/en/Applications/MedipixTechnology.html>, 2011 (Zitiert auf Seite 25)

**Close et al. 1989**

CLOSE, Frank ; MARTEN, Michael ; SUTTON, Christine: *Spurensuche im Teilchenzoo. Die elementaren Bausteine der Materie*. 1989 (Zitiert auf Seite 35)

**Debus und Wannemacher 1999**

DEBUS, Jürgen ; WANNENMACHER, Michael: *Presstext: Mit schweren Ionen gegen Krebs Universität Heidelberg*. URL [http://www.uni-heidelberg.de/presse/ruca/ruca99\\_3/debus.html](http://www.uni-heidelberg.de/presse/ruca/ruca99_3/debus.html), 1999 (Zitiert auf Seite 25)

**Der Standard 2009**

DER STANDARD: Reibungsloser Neustart für den Large Hadron Collider. (2009), November. – URL <http://derstandard.at/1256745054028/Reibungsloser-Neustart-fuer-den-Large-Hadron-Collider> (Zitiert auf Seite 35)

**Die Senatorin für Bildung und Wissenschaft 2008**

DIE SENATORIN FÜR BILDUNG UND WISSENSCHAFT: *Physik : Bildungsplan für die Gymnasiale Oberstufe - Qualifikationsphase* -. 2008 (Zitiert auf Seiten 1, 5, 6, 32, 61, 66, und 2)

**Doser und Benedikt 2011**

DOSER, Michael ; BENEDIKT, Michael: *Öffentlicher Brief an Bundesminister Hahn*. URL [sos.teilchen.at/Brief\\_an\\_Bundeskanzler.pdf](http://sos.teilchen.at/Brief_an_Bundeskanzler.pdf), Mai 2011 (Zitiert auf Seite 29)

**DPG und BMBF 2011**

DEUTSCHE PHYSIKALISCHE GESELLSCHAFT (Hrsg.) ; BUNDESMINISTERIUM FÜR BILDUNG UND FORSCHUNG (Hrsg.): *Welt der Physik: Komplementär: ILC und*

*LHC*. <http://www.weltderphysik.de/de/4230.php>. 2011. – URL <http://www.weltderphysik.de/de/4230.php> (Zitiert auf Seite 27)

#### **Eggert 2008**

EGGERT, Sabina: *Bewertungskompetenz für den Biologieunterricht - Vom Modell zur empirischen Überprüfung*, Georg-August Universität Göttingen, Dissertation, 2008. – URL <http://webdoc.sub.gwdg.de/diss/2008/eggert/>. – #Abstract-ENG (Zitiert auf Seiten 3, 7, und 8)

#### **Fermilab 2004**

FERMILAB: *About Fermilab - FAQ's*. URL <http://www.fnal.gov/pub/about/faqs/index.html>, 2004 (Zitiert auf Seite 35)

#### **Flegel 2010**

FLEGEL, Ilka: *Rennmaschine*. URL [http://www.desy.de/sites2009/site\\_www-desy/content/e421/e55042/e3099/e66414/RENNMASCHINE\\_ger.pdf](http://www.desy.de/sites2009/site_www-desy/content/e421/e55042/e3099/e66414/RENNMASCHINE_ger.pdf), April 2010 (Zitiert auf Seite 35)

#### **Gilson 2002**

GILSON, Dave: *Berkleley's Bevatron Blues*. (2002), August. – URL <http://www.eastbayexpress.com/ebx/berkeley-s-bevatron-blues/Content?oid=1068113> (Zitiert auf Seite 35)

#### **Gräber und Nentwig 2002**

GRÄBER, Wolfgang ; NENTWIG, Peter: *Scientific Literacy - Naturwissenschaftliche Grundbildung in der Diskussion*. In: KOBALLA, Thomas (Hrsg.) ; EVANS, Robert (Hrsg.) ; GRÄBER, Wolfgang (Hrsg.) ; NENTWIG, Peter (Hrsg.): *Scientific Literacy: der Beitrag der Naturwissenschaften zur Allgemeinen Bildung*. Opladen : Leske # Budrich, 2002 (Zitiert auf Seite 22)

#### **Greulich und Kilian 2009**

GREULICH, Walter ; KILIAN, Ulrich ; FORSCHUNG, Bundesministerium für Bildung und (Hrsg.): *Stark im Verbund Naturwissenschaftliche Grundlagenforschung an Großgeräten*. URL [www.bmbf.de/pub/stark\\_im\\_verbund\\_grundlagenforschung.pdf](http://www.bmbf.de/pub/stark_im_verbund_grundlagenforschung.pdf)hnlicheSeiten, 2009 (Zitiert auf Seite 25)

#### **Griesmayer 2010**

GRIESMAYER, Erich: *"Gibt es einen Sinn für den Menschen, etwas Neues zu*

*entdecken? Natürlich!'*. URL <http://diepresse.com/home/science/546177/Gibt-es-einen-Sinn-fuer-den-Menschen-etwas-Neues-zu-entdecken>, März 2010 (Zitiert auf Seite 22)

#### **Hahn 2009a**

HAHN, Johannes: *Ich muss mir 'Illuminati' anschauen in der Standard*. Mai 2009. – URL <http://derstandard.at/1242316478580/STANDARD-Interview-Ich-muss-mir-Illuminati-anschauen> (Zitiert auf Seite 29)

#### **Hahn 2009b**

HAHN, Johannes: *Offener Brief zum angekündigtem Austritts Österreichs aus CERN*. URL [http://sos.teilchen.at/OffenerBrief\\_JohannesHahn.pdf](http://sos.teilchen.at/OffenerBrief_JohannesHahn.pdf), Mai 2009 (Zitiert auf Seite 29)

#### **Hermann und Götze 2002**

HERMANN, Ursula ; GÖTZE, Lutz: *Wahrig Die deutsche Rechtschreibung*. Bertelsmann Lexikon Institut im Wissen Media Verlag, Mai 2002. – ISBN 3577100443 (Zitiert auf Seite 44)

#### **Hoppe und Pfähler 2001**

HOPPE, Heidrun C. ; PFÄHLER, Wilhelm: Ökonomie der Grundlagenforschung und Wissenschaftspolitik. In: *Perspektiven der Wirtschaftspolitik* (2001), S. 125 – 144 (Zitiert auf Seiten 17, 23, 24, 25, und 26)

#### **Hößle 2007**

HÖSSLE, Corinna: Theorien zur Entwicklung und Förderung moralischer Urteilsfähigkeit. In: KRÜGER, Dirk (Hrsg.) ; VOGT, Helmut (Hrsg.): *Theorien in der biologiepädagogischen Forschung*. Berlin, Heidelberg : Springer Berlin Heidelberg, 2007, S. 197–208. – URL <http://www.springerlink.com/content/p2q222452016k38t/>. – ISBN 978-3-540-68165-6 (Zitiert auf Seiten 1, 12, 66, und 3)

#### **Huber 2010**

HUBER, Herbert: *Wissenschaftlicher Fortschritt und sein Kriterium*. URL <http://www.gavagai.de/arbeiten/HHP76.htm>, Dezember 2010 (Zitiert auf Seite 18)

#### **Jungermann et al. 2010**

JUNGERMANN, Helmut ; FISCHER, Katrin ; PFISTER, Hans-Rüdiger: *Die Psychologie*

*der Entscheidung: eine Einführung.* Heidelberg : Spektrum, Akad. Verl., 2010. – ISBN 978-3-8274-2386-3 (Zitiert auf Seiten 8 und 9)

**Kainhofer 1996**

KAINHOFER, Reinhold: *FBA über DESY, Kapitel 3 - Das Institut & Maschinen.* URL <http://www.univie.ac.at/pluslucis/FBA/FBA96/Kainhofer/ch3.htm>, 1996 (Zitiert auf Seite 35)

**Karsch und Kröhnert 2011**

KARSCH, Marget ; KRÖHNERT, Steffen: *Berlin-Institut für Bevölkerung und Entwicklung: Sterblichkeit und Todesursachen.* URL <http://www.berlin-institut.org/online-handbuchdemografie/bevoelkerungsdynamik/faktoren/sterblichkeit.html>, Juli 2011 (Zitiert auf Seite 19)

**Katzenbach et al. 2011**

KATZENBACH, Michael ; SCHEID, Nicola M. ; HARTMANN, Stefan ; KREMER, Kerstin ; WELLNITZ, Nicole ; SUMFLETH, Elke ; WALPUSKI, Maik ; GÖBEL, Julia ; ROPOHL, Mathias ; FISCHER, Hans E. ; KAUERTZ, Alexander ; HÄRTIG, Hendrik ; MAYER, Jürgen ; ZILKER, Irene ; KÖLLER, Olaf (Hrsg.): *Aufgabenkonstruktionsanleitung für den Kompetenzbereich Bewertung.* 2011 (Zitiert auf Seiten 7, 13, 14, 15, 16, und 1)

**Kuhn 2010**

KUHN, Jochen: *Authentische Aufgaben im theoretischen Bereich von Instruktions- und Lehr-Lern-Forschung.* Vieweg +Teubner, März 2010. – ISBN 9783834812612 (Zitiert auf Seite 43)

**Laughlin 2007**

LAUGHLIN, Robert: *Der Urknall ist nur Marketing.* Dezember 2007. – URL <http://www.spiegel.de/spiegel/print/d-55231886.html> (Zitiert auf Seite 22)

**Lossau 2008**

LOSSAU, Norbert: Die Welt: Urknall-Experiment. Was die größte Maschine der Welt nicht kann. (2008). – URL <http://www.welt.de/wissenschaft/urknallexperiment/article2476438/Was-die-groesste-Maschine-der-Welt-nicht-kann.html> (Zitiert auf Seite 21)

**McKinsey und Company 2011**

MCKINSEY UND COMPANY: McKinsey and Company - Report - Internet matters:

The net's sweeping impact on growth, jobs, and prosperity - May 2011. URL [http://www.mckinsey.com/mgi/publications/internet\\_matters/index.asp](http://www.mckinsey.com/mgi/publications/internet_matters/index.asp), Mai 2011.  
– Forschungsbericht (Zitiert auf Seite 24)

#### **Meyer 2004**

MEYER, Angela: Nützliche Abfälle. In: *Magazin für Computertechnik c't* (2004), Nr. 22. – URL <http://www.heise.de/ct/artikel/Nuetzliche-Abfaelle-289596.html> (Zitiert auf Seite 24)

#### **Muckenfuß 1995**

MUCKENFUSS, Heinz: *Lernen im sinnstiftenden Kontext: Entwurf einer zeitgemäßen Didaktik des Physikunterrichts*. Cornelsen Verlag, August 1995  
(Zitiert auf Seiten 11 und 18)

#### **Nakamura et al. (Particle Data Group) 2011**

NAKAMURA ET AL. (PARTICLE DATA GROUP): 2011 Review of Particle Physics. In: *Journal of Physics G37* (2011), Nr. 075021 (2010) and 2011 partial update for the 2012 edition. – URL <http://pdglive.lbl.gov/listings1.brl?quickin=Y&fsizein=1> (Zitiert auf Seite 35)

#### **Österreichische Physikalische Gesellschaft 2009**

ÖSTERREICHISCHE PHYSIKALISCHE GESELLSCHAFT: *Offene Briefe zum angekündigten Austritt Österreichs aus CERN*. <http://sos.teilchen.at/briefe.html>. Mai 2009.  
– URL <http://sos.teilchen.at/briefe.html> (Zitiert auf Seite 29)

#### **Reitberger 2009**

REITBERGER, Christian: *Öffentlicher Brief an Bundesminister Hahn*. URL [www.univie.ac.at/pluslucis/PlusLucis/091/s31.pdf](http://www.univie.ac.at/pluslucis/PlusLucis/091/s31.pdf), Mai 2009  
(Zitiert auf Seite 29)

#### **Reitschert und Hößle 2007**

REITSCHERT, Katja ; HÖSSLE, Corinna: Wie Schüler ethisch bewerten. Eine qualitative Untersuchung zur Strukturierung und Ausdifferenzierung von Bewertungskompetenz in bioethischen Sachverhalten bei Schülern der Sek. I. In: *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften* 13 (2007), S. 125–143; 1,3 MB. – URL [http://www.ipn.uni-kiel.de/zfdn/pdf/007\\_Reitschert\\_13.pdf](http://www.ipn.uni-kiel.de/zfdn/pdf/007_Reitschert_13.pdf)  
(Zitiert auf Seite 12)

**Schecker und Höttecke 2007**

SCHECKER, Horst ; HÖTTECKE, Dietmar: Bewertung in den Bildungsstandards Physik. Aufgaben zum Kompetenzbereich Bewertung. In: *Naturwissenschaften im Unterricht. Physik* 18 (2007), Nr. 97, S. 29–36 (Zitiert auf Seiten 3 und 5)

**Schecker und Parchmann 2006**

SCHECKER, Horst ; PARCHMANN, Ilka: Modellierung naturwissenschaftlicher Kompetenz. In: *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften* 12 (2006). – URL [www.ipn.uni-kiel.de/zfdn/pdf/003\\_12.pdf](http://www.ipn.uni-kiel.de/zfdn/pdf/003_12.pdf) (Zitiert auf Seiten 10, 11, und 1)

**Schröder 2008**

SCHRÖDER, Richard: *Abschaffung der Religion?: Wissenschaftlicher Fanatismus und die Folgen*. 2. Verlag Herder, November 2008 (Zitiert auf Seiten 18 und 19)

**Sekretariat der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland 2004**

SEKRETARIAT DER STÄNDIGEN KONFERENZ DER KULTUSMINISTER DER LÄNDER IN DER BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND (Hrsg.): *Einheitliche Prüfungsanforderungen in der Abiturprüfung Physik*. 2004 (Zitiert auf Seiten 1, 5, und 65)

**Ständige Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland 2004a**

STÄNDIGE KONFERENZ DER KULTUSMINISTER DER LÄNDER IN DER BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND (Hrsg.): *Bildungsstandards im Fach Biologie für den mittleren Schulabschluss*. 2004 (Zitiert auf Seiten 3, 11, und 13)

**Ständige Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland 2004b**

STÄNDIGE KONFERENZ DER KULTUSMINISTER DER LÄNDER IN DER BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND (Hrsg.): *Bildungsstandards im Fach Physik für den mittleren Schulabschluss*. 2004 (Zitiert auf Seiten 1, 3, 4, 5, 7, 33, 39, 47, und 65)

**Strecker**

STRECKER, Bruno: *Sprache der Wissenschaft*. URL [www.ids-mannheim.de/gra/texte/Sprache.pdf](http://www.ids-mannheim.de/gra/texte/Sprache.pdf) (Zitiert auf Seite 17)

**Taschner 2010**

TASCHNER, Rudolf: *Sternstunden der Philosophie: Rechnen mit Gott - Mathe und Religion*. 2010 (Zitiert auf Seite 21)

**Tenbruck 1975**

TENBRUCK, Friedrich H.: Wissenschaft als Trivialisierungsprozess. In: STEHR, Nico (Hrsg.) ; KÖNIG, Rene. (Hrsg.): *Wissenschaftssoziologie. Studien und Materialien*, Opladen : VS Verlag für Sozialwissenschaften, 1975, S. 19–47 (Zitiert auf Seite 21)

**U.S. Department of Energy 2002**

U.S. DEPARTMENT OF ENERGY: *Relativistic Heavy Ion Collider Project*. URL <http://energy.gov/sites/prod/files/igprod/documents/CalendarYear2002/ig-0543.pdf>, März 2002 (Zitiert auf Seite 35)

**Wissenschaftsrat 2011**

WISSENSCHAFTSRAT: *Presstext: Aufgaben des Wissenschaftsrats*. URL <http://www.wissenschaftsrat.de/ueber-uns/aufgaben/>, 2011 (Zitiert auf Seite 26)

**Woods 2001**

WOODS, M.: *SLAC Linear Collider (SLC)*. URL <http://www-sldnt.slac.stanford.edu/alr/slc.htm>, 2001 (Zitiert auf Seite 35)



---

## Abbildungsverzeichnis

---

1	Typen von Kompetenzmodellen aus SCHECKER und PARCHMANN (2006)	11
2	Dreidimensionales Kompetenzstrukturmodell zur Kompetenzbewertung aus KATZENBACH et al. (2011)	14
1	Einleitender Text des Aufgabenblatts „Gesellschaftlicher Nutzen aus der Sicht der Philosophie“	32
2	Erster Arbeitsauftrag der Einzelarbeitsphase des Aufgabenblatts PHILOSOPHEN	33
3	Info-Box „Womit beschäftigt sich Philosophie eigentlich?“ des Aufgabenblatts PHILOSOPHEN	34
4	Zweiter Arbeitsauftrag der Einzelarbeitsphase des Aufgabenblatts PHILOSOPHEN	34
5	Erster Arbeitsauftrag des Aufgabenblatts WIRTSCHAFT	35
6	Zweiter Arbeitsauftrag des Aufgabenblatts WIRTSCHAFT	36
7	Erster Arbeitsauftrag der Einzelarbeitsphase des Aufgabenblatts FORSCHER	37
8	Info-Box <i>Der Wissenschaftsrat</i> des Aufgabenblatts FORSCHER	38
9	Zweiter Arbeitsauftrag der Einzelarbeitsphase des Aufgabenblatts FORSCHER	38
1	Textausschnitt aus Material Wirtschaft 6	45
2	Textausschnitt aus Material Philosophie 1	46
3	Erklärung der technischen Anforderungen von Detektoren. Textausschnitt aus Material Wirtschaft 2	48
4	Bedeutung des Higgs-Teilchens für das Standardmodell. Textausschnitt aus Material Philosophie 2	49

5	Textausschnitt aus Material Forscher 1. Sachinformationen, aufgegliedert in Bewertungskriterien und geordnet nach Handlungsoptionen. . . . .	50
6	Unterschiedliche Meinungen zum philosophischen Charakter der Forschung am CERN. . . . .	51
7	Unterschiedliche Meinungen zur Bedeutung der Forschung am CERN für die Menschheit. . . . .	51
1	„Alte“ Info-Box-Philosophie. . . . .	55
2	„Neue“ Info-Box-Philosophie. . . . .	55
1	Der Kernbaustein „Struktur der Materie“ aus dem BREMER BILDUNGSPLAN FÜR DIE GYMNASIALE OBERSTUFE PHYSIK 2008. . . . .	61
2	Rollenspiel „Bundestagsausschuss,,: Arbeitsauftrag für Gruppenarbeitsphase	64
1	Baukosten verschiedener Beschleunigeranlagen in Relation gesetzt zu Welt-Brutto-Inlands-Produkt des jeweiligen Jahres . . . . .	36

---

## Tabellenverzeichnis

---

1	Konkretisierung der Begriffe der <i>präsektionalen Phase</i> anhand zweier Beispiele . . . . .	9
2	Prozessmodell Entscheidungsfindung: Konkretisierung am Beispiel der Aufgabe Gesellschaftlicher Nutzen CERNs . . . . .	10
3	Sechs Schritte moralischer Urteilsfähigkeit (vgl. HÖSSLE 2007, S.205) . .	12
1	Gegenüberstellung von Unternehmen und Grundlagenforschung . . . . .	26
1	Expertengruppe Wirtschaft: Übersicht über Angaben von 5 Studenten für die Aufgaben benötigten Zeit in Minuten . . . . .	58
2	Ergebnisse Expertengruppe Philosophie 1 . . . . .	59
3	Ergebnisse Expertengruppe Wirtschaft . . . . .	59



---

## Anhang

---

## A Philosophische Perspektive

### A.1 Aufgabenblatt

LiteraturPhilophen

#### Gesellschaftlicher Nutzen CERNs aus Sicht der Philosophie



© Dan Smith

Die Bundesrepublik Deutschland finanziert die Großforschungsanlage CERN jährlich mit 130 Millionen Euro. In Zeiten knapper Haushaltsmittel stellt sich die Bundesregierung die Frage, ob die Unterstützung gekürzt werden sollte. Daher soll der Bundestagsausschuss für Bildung und Forschung ein Gesetzesentwurf zur Finanzierung von CERN erarbeiten. Dafür wendet sich der Ausschuss an Experten aus verschiedenen Teilchen der Gesellschaft um Gutachten einzuholen. In den Gutachten soll bewertet werden, worin der gesellschaftliche Nutzen von CERN liegt und ob die Finanzierung, auch in dieser Höhe, gerechtfertigt sei.

#### Womit beschäftigt sich Philosophie eigentlich?



Viele berühmte Physiker beschäftigten sich mit philosophischen Fragen. Aber was sind überhaupt philosophische Fragen? Die Philosophie versucht zum Beispiel folgende Fragen zu beantworten: die Frage nach dem Sinn der menschlichen Existenz, Fragen über die Art und Weise, wie der Mensch die Welt wahrnimmt und Fragen, wo die Grenzen der menschlichen Erkenntnis liegen.

#### Aufgabe

Versetzen Sie sich in die Rolle eines Philosophen. Sie werden von der Bundesregierung gebeten, einzuschätzen, ob es aus philosophischer Sicht angemessen ist, CERN mit 130 Millionen Euro jährlich zu unterstützen. Für ihre Einschätzung nutzen Sie die Texte aus der Materialsammlung. Dafür gehen Sie folgendermaßen vor:

1. Nennen Sie philosophische Fragen (siehe Infokasten), deren Beantwortung durch die Forschung am CERN im Bereich des Möglichen liegen und solche, die vermutlich nicht beantwortet werden können.

*Die Untersuchung der Verhältnisse kurz nach dem Urknall hat auch philosophischen Charakter, da...*

z.B.

*Hingegen kann die Forschung am CERN nicht erklären, ob es...*

2. Nehmen Sie Stellung zu der Frage, ob und wenn ja welche Bedeutung die Forschung am CERN für die Menschheit besitzt?

*Die Forschung am CERN hat eine ähnliche Bedeutung für die individuelle Weltanschauung wie die großen Werke der Weltliteratur, da...*

z.B.

*Die Forschung am CERN führt zu keinem wirklich grundlegenden Erkenntnisfortschritt über die Welt, da...*

*Es liegt in der Natur des Menschens Neues entdecken zu wollen, deshalb...*

Seeböck/Schulzky, 22. September 2011

Gesellschaftlicher Nutzen CERNs

Arbeitsblatt Nr. 1



**Gesellschaftlicher Nutzen CERNs aus Sicht der Philosophie | 1 A**

3. In der Sitzung des Bundestagsausschusses für Bildung und Forschung wird darüber abgestimmt, ob die Finanzierung für CERN gekürzt werden sollte. Der Bundestagsausschuss hat Sie als Experten für philosophische Fragestellungen geladen. Bereiten Sie sich mit anderen Philosophen in Kleingruppen auf die Sitzung des Ausschusses vor. Bewerten Sie aus der philosophischen Perspektive, ob es der Gesellschaft wert sein sollte, die Forschung am CERN durch Millionenbeträge zu finanzieren.

Dafür gehen Sie folgendermaßen vor:

- a) Sammeln Sie Pro- und Contra-Argumente für die Finanzierung von CERN aus philosophischer Sicht und schreiben Sie diese auf Kärtchen.
- b) Ordnen Sie die gesammelten Pro- und Contra-Argumente nach ihrer Wichtigkeit.
- c) Diskutieren Sie, welche Empfehlung Sie dem Bundestagsausschuss geben möchten.
- d) Stellen Sie ihre Ergebnisse so dar, dass Sie den Bundestagsausschuss am besten von Ihrer Position überzeugen können.



## A.2 Material Philosophie 1

ARTIKEL 1

### Die Urknallmaschine

Erschienen am 08.05.2008 in der Tageszeitung *Der Tagesspiegel*

Bas Kast, studierte Psychologie und Biologie an den Universitäten in Konstanz und Bochum sowie bei Marvin Minsky am Massachusetts Institute of Technology in Boston. Er arbeitet als Redakteur im Wissenschaftsressort des Tagesspiegels.  
[...]

---

#### Das Nonplusultra der Naturwissenschaften

---

Kritiker halten das Vorhaben für einen Irrsinn, für Größenwahn, manche sehen sogar unsere Erde in Gefahr – sie befürchten unser aller Untergang, sobald das Ungeheuer von Genf zum Leben erweckt wird. Und dieser Zeitpunkt rückt immer näher: In wenigen Monaten, offiziell am 21. Oktober, unter der Hand vielleicht schon im August, soll es so weit sein. Dann geht der LHC, der Large Hadron Collider, die komplexeste Maschine der Welt, in Betrieb. Was damit bezweckt werden soll? Nichts Geringeres als eine Simulation des Urknalls en miniature. Die Geburt des Universums, reloaded. Immer und immer wieder. 600 Millionen Mal pro Sekunde, um genau zu sein. „Die ganze Physikerwelt starrt gebannt auf diese eine Maschine“, sagt Hermann Nicolai, der jahrelang am Cern geforscht hat und

nun Direktor am Albert-Einstein-Institut in Potsdam ist. „Das hat es so noch nie gegeben.“ Herzstück des Technik-Monstrums ist ein 27 Kilometer langer kreisrunder Tunnel, der sich tief – im Durchschnitt 100 Meter – unter der Erde befindet. Hier werden die Forscher in zwei armdicken Vakuumstahlröhren Protonen, Teilchen aus dem Kern von Atomen, auf 99,999999 Prozent der Lichtgeschwindigkeit beschleunigen und frontal zusammenstoßen lassen.

---

#### Simulation des Urknalls

---

Was dann passiert, weiß keiner so genau, eben das soll ja studiert werden. Sicher ist: Bei der Kollision werden enorme Kräfte auf engstem Raum freigesetzt. Pure Energie. Ähnlich wie einst zu Zeiten des Urknalls. So will man erstmals im Labor rekonstruieren, was eine Billionstelsekunde nach dem Big Bang geschah. Damit soll der LHC Licht auf Fragen werfen, auf die bisher weder Philosophie noch Wissenschaft Antworten gefunden haben. Was geschah in jenen ersten Augenblicken, als unser Universum entstand? Wie bildete sich das All? Wie die Materie mit samt den Galaxien, der Erde und schließlich auch dem Menschen? [...] ■



## A.3 Material Philosophie 2

---

### ARTIKEL 2

## Was die größte Maschine der Welt nicht kann.

Erschienen am 22.09.2008 in der Tageszeitung *Die Welt*

Nobert Lossau,

studierte Physik an der Universität Köln. Seit 1986 arbeitet er als Wissenschaftsjournalist für Zeitungen, Zeitschriften und Fernsehen. Er ist Ressortleiter für Wissenschaft bei der „Berliner Morgenpost“, der „Welt“ und „Welt am Sonntag“.

Der neue Teilchenbeschleuniger beim Cern in Genf, gemeinhin als das größte Experiment in der Geschichte der Menschheit bezeichnet, bietet mannigfaltige Projektionsflächen für tief in der menschlichen Natur verwurzelte, gleichsam philosophisch-religiöse Motive. Das Spektrum umfasst die in allen Kulturen reflektierte Frage vom Werden und Vergehen der Welt. Wohl deshalb ist das riesige Labor unter der französisch-schweizerischen Grenze von manchen als Philosophie-Maschine bezeichnet worden. Doch wer die Experimente von Genf mit allzu hohen Erwartungen befrachtet, wird zwangsläufig enttäuscht werden müssen. Auf keinen Fall können die Cern-Physiker einen Gottesbeweis liefern, wie es in diesen Tagen einige überhitzte Köpfe in Aussicht gestellt haben.

Zwar hat der US-Physik-Nobelpreisträger Leon Lederman bereits vor Jahren das von den Teilchenphysikern gesuchte Higgs-Boson als "Gottesteilchen" bezeichnet. Doch mit dieser semantischen Entgleisung wollte der Forscher letztlich nur zum Ausdruck bringen, wie fundamental wichtig dieses von dem britischen Forscher Peter Higgs vorhergesagte Teilchen für das Theoriengebäude der Physik ist. Sollte es bei den Experimenten in Genf nachgewiesen werden, würde damit eine schmerzende Lücke im naturwissenschaftlichen Weltbild geschlossen. Doch wenn sich das Higgs-Teilchen nicht offenbart, wäre die Lage überaus misslich. Die Physiker wüssten dann, dass ihre bislang favorisierte Weltformel nicht stimmen kann.

Der Begriff Weltformel ist indes schon wieder eine semantische Überhöhung, von der sich die Menschen im Land der Dichter und Denker seit Goethes Faust und der Frage, "was die Welt im Innersten zusammenhält", nur allzu leicht betören lassen. Doch was im Zusammenhang mit Cern gern als Weltformel bezeichnet wird, kann mitnichten Antworten auf alle offenen Fragen liefern und schon gar nicht klären, ob es Gott gibt.

Doch wie viel weniger sexy würde es klingen, wenn uns die Forscher in kühler Sachlichkeit erläuterten, dass es hier um die Beschreibung aller fundamentalen Naturkräfte - von der elektromagnetischen Wechselwirkung bis hin zur Gravitation - innerhalb einer einzigen Theorie geht. Das ist zwar eine überaus wichtige Herausforderung mit mindestens Nobelpreisniveau, an der schon viele kluge Köpfe und sogar das Genie Albert Einstein gescheitert sind. Doch wäre mit dieser Weltformel keinesfalls geklärt, woher wir kommen und wohin wir gehen. Singuläre Ereignisse - wie etwa die hoch im Kurs stehende Urknall-Hypothese - lassen sich mangels Reproduzierbarkeit niemals im wissenschaftlichen Sinne beweisen. Sie werden immer eine Domäne der Philosophie und der Religionen bleiben - auch nach Cern.

Das naturwissenschaftliche Theoriengebäude wird niemals eine Vollendung erfahren. Das verdeutlichen gerade auch die gewaltigen Anstrengungen am Cern. Jede Frage, auf die Forscher eine Antwort finden, wirft ein Dutzend neuer Fragen auf. Das Wissen wächst, doch das Unwissen wächst noch schneller. In der Wissenschaft bleibt das Ungewisse auf ewig.

Besonders deutlich wird dies in der Welt des Mikrokosmos. Die Wissenschaftler entdeckten die Atome und fragten: "Woraus sind sie aufgebaut?" Dann fanden sie den Atomkern und fragten weiter: "Woraus ist der aufgebaut?" Er setzt sich aus Protonen und Neutronen zusammen. Gut, aber woraus sind dann Protonen und Neutronen aufgebaut? Auch das weiß man inzwischen - dank Experimenten an Teilchenbeschleunigern. Sie bestehen aus Quarks. Nächste Frage: Woraus bestehen dann die Quarks?

Dieses Spiel lässt sich nur theoretisch immer weiter treiben, denn je kleiner die Dimensionen werden, zu denen wir unsere Fragen an die Natur richten, umso größer müssen die Energien, Experimente und Teilchenbeschleuniger sein, mit denen die nächste Antwort gefunden werden könnte. Doch schon jetzt zeichnet sich ab, dass der neue Beschleuniger von Cern aus technischen und finanziellen Gründen auf viele Jahre hinaus der größte Beschleuniger der Welt bleiben wird. Es gibt also auch eine technische Grenze der Erkenntnis. ■

## A.4 Material Philosophie 3

### ARTIKEL 3

## Geheimnisforschung: Was die Welt zusammenhält?

Erschienen am 11.09.2008 in der Tageszeitung *Der Tagesspiegel*

Bas Kast, studierte Psychologie und Biologie an den Universitäten in Konstanz und Bochum sowie bei Marvin Minsky am Massachusetts Institute of Technology in Boston. Er arbeitet als Redakteur im Wissenschaftressort des Tagesspiegels.

[...]Der Physiker Victor Weisskopf hat die Teilchenbeschleuniger einmal als „gothische Kathedralen des 20. Jahrhunderts“ bezeichnet. Der Vergleich trifft es: Wie an den großen Kirchen des Mittelalters arbeiten Generationen von Menschen hier an etwas, das weit über sie, weit über den Einzelnen hinausgeht. Nur wird nicht Gott zelebriert, sondern die Natur. Der Mensch, wir selbst, darum geht es am Cern: darum, herauszufinden, woher wir kommen, was wir sind, was der Ursprung aller Dinge ist. Das Risiko dabei: dass wir den letzten Ursprung nie finden werden. Was ist uns dieses Wagnis wert? Was sind Träume wert? Ist es gut, eine Oper oder Weltliteratur oder über-

haupt Begeisterung und die Entfesselung der Fantasie in Euro umzurechnen?

Wir sind das einzige Lebewesen auf diesem Planeten, vielleicht im Universum, das sich auf die Suche nach seinem Ursprung machen kann. Wie klein wären wir, würden wir es nicht tun! Das Cern weckt die Faszination für diese Welt – nicht zuletzt für junge Leute, die sich in die Physik, die Biologie, die Forschung stürzen. Gibt es einen besseren Beitrag zur Bekämpfung von Krankheiten?

Cerns Wert lässt sich nicht an einem Aktienkurs ablesen, weil das Cern, wie unsere gesamte Kultur, viel mehr ist als etwas, das sich in Zahlen fassen lässt. Der Gründungsdirektor des US-Teilchenlabors Fermilab, Robert Wilson, wurde einmal von einem Kongressabgeordneten gefragt, was seine Forschung zur Verteidigung der Nation beitrage. Wilsons Antwort: nichts. Sie trage bloß dazu bei, dass sein Land etwas zu verteidigen habe. ■

## A.5 Material Philosophie 4

INTERVIEW 1

### Rechnen mit Gott – Mathematik und Religion

Ausschnitte aus der Sendung *Sternstunden der Religion* des Schweizer Fernsehens Kultur vom 04.07.2010

Rudolf Taschner, ist an der Technischen Universität Wien Professor für Mathematik. Er gründete *math.space*, einem Veranstaltungsort im Wiener Museumsquartier, der Mathematik als kulturelle Errungenschaft präsentiert.

**Sternstunde der Religion:**

Sie haben sich in einem Zeitungsartikel mit der Frage befasst, ob Mathematik und Physik zu einer Theorie finden könnten, die alles erklären kann. In dem Artikel ging es um den Teilchenbeschleuniger am CERN. Kann es so eine Art Weltformel geben?

**Rudolf Taschner:**

Ich halte es für gewagt. Wenn man am CERN dieses Higgs-Teilchen findet, dann wird es wahrscheinlich noch mehrere Flavours haben und dann wird man sagen, jetzt brauchen wir noch einen größeren Beschleuniger. Irgendwann wird die Weltgemeinschaft dann sagen: Kinder, das können wir uns jetzt nicht mehr leisten, irgendwelche Teilchen herumlaufen zu lassen. Wir haben ja auch noch andere Probleme, wie zum Beispiel das Finanzwesen. Ich weiß auch nicht, was diese Weltformel erklären soll. Soll sie dann erklären, warum ein anderer Mensch glücklicher ist als ich selbst? Also was will ich mit dieser Weltformel erreichen? Ich will das Fundament dieses ganzen Universums haben. Aber was ist das Universum? Wissen wir das genau?

**Sternstunden der Religion:**

Die Fragen »warum gibt es überhaupt ein Universum?«und »wie ist das Universum entstanden?«sind das Fragen, die für Sie relevant sind?

**Rudolf Taschner:**

Ich glaube das Universum ist ein nachgeordneter Begriff.[...] Es ist hochinteressant: die Sterne sind am Himmel verstreut, ganz zufällig. Alle Kulturvölker haben in diesen zerstreuten Sternen die Sternbilder entdeckt. Immer die gleichen Sternbilder. Der Mensch möchte eine Ordnung haben. D.h. eigentlich projizieren wir unsere Vorstellung was Welt sein soll hinaus. Wir entwerfen die Welt, nicht das die Welt da ist, sondern die Welt ist ein Entwurf unseres Denkens. Ich glaube nicht, dass das Universum zuerst da war, sondern zuerst war die Wahrnehmung da. D.h. ein Kind wird geboren und plötzlich entwickelt sich in diesem einen Menschen ein ganzes Universum. Es entwickeln sich all diese eigenartigen Gebilde, wie Galaxien, genauso wie auch kleine Atomkernen. Das alles entwickelt sich durch die Wahrnehmungsfähigkeit dieses Menschen. Wenn ich von Urknall höre, höre ich von einer Botschaft, die mir irgendwie erklären soll, warum meine Situation wie ich lebe, so ist wie sie ist. Sonst ist der Urknall ja zu nichts nütze. Er muss meine Position in diesem Dasein darstellen können. Sonst ist er einfach nur ein Wort. Und wenn ein Mensch stirbt, geht ein ganzes Universum zugrunde...

■

## A.6 Material Philosophie 5

### INTERVIEW 2

## „Gibt es einen Sinn für den Menschen, etwas Neues zu entdecken? Natürlich!“

Erschienen am 13.03.2010 in der österreichischen Tageszeitung *Die Presse*

**Erich Griesmayer,**  
ist promovierter Elektrotechniker und hat nach langjährigem Aufenthalt am CERN, dem europäischen Forschungszentrum für Teilchenphysik, den Fachbereich Elektrotechnik an der Fachhochschule Wr. Neustadt für Wirtschaft und Technik aufgebaut.

#### Die Presse:

Die Forschung am LHC wird oft mit religiösen Ausdrücken verbrämt – das Higgs-Teilchen wird etwa als „Teilchen Gottes“ bezeichnet. Ist das nicht ein Missbrauch – denn es geht ja schließlich um harte Physik?

#### Erich Griesmayer:

Ich empfinde die Wissenschaft am Cern als eine Schnittstelle der Physik, des rational Erklärbaren, mit der Religion – der Suche nach Gott, nach dem Urknall: Was war davor? Gibt es das ein zweites Mal? Woher kommt das alles? Woher kommt die Energie, die letztlich das Universum ausmacht?

#### Die Presse:

Der Mathematiker Rudolf Taschner hat kürzlich in der „Presse“ angemerkt, dass das Wissen, das der LHC ermöglicht, kein endgültiges Wissen sei.

#### Erich Griesmayer:

Was heißt endgültiges Wissen? Am Cern wird Wissen generiert, das von Dauer ist und unser Weltbild mitbestimmt. Es wird einen nächsten Schritt geben, der neues Wissen entdeckt.

#### Die Presse: [...]

Steht es wirklich dafür, so viel Geld für die Entdeckung des Higgs-Teilchens auszugeben?

#### Erich Griesmayer:

Ich denke, dass das, was wir am Cern tun, ein Teil des Kulturgutes der Menschheit darstellt. Man kann auch den Sport oder die Musik in Frage stellen. Es gibt Leute, die sagen: Mich interessiert die Oper nicht, das hat auf meinen gelebten Alltag keinen Einfluss. Es ist legitim zu sagen, das interessiert mich nicht. Aber es ist Teil unserer Kultur. Das betrifft direkt die Sinnfrage: Hat es einen Sinn, Musik zu machen? Gibt es einen Sinn für den Menschen, Neues zu entdecken? Ich sage: natürlich! Das ist der Mensch. Der Mensch erhebt sich über die Tiere dadurch, dass er von sich heraus den Antrieb entwickelt, jeden Tag etwas Neues zu schaffen, sein Wissen zu vermehren.

■

## A.7 Material Philosophie 6

INTERVIEW 3

### Der Urknall ist nur Marketing

Erschien am 31.12.2007 in dem Nachrichtenmagazin *Der Spiegel*.

Robert Laughlin,

Laughlin, 57, lehrt Theoretische Physik an der Stanford University. Im Jahr 1998 erhielt er den Nobelpreis für seine Erklärung des sogenannten fraktionierten Quanten-Hall-Effekts. Der Durchbruch gelang ihm während seiner Zeit am Atomwaffenlabor Livermore.

**Der Spiegel:**

Wird Ihrer Meinung nach die Bedeutung des tiefen Verständnisses in der gesamten Physik überschätzt?

**Robert Laughlin:**

Nicht nur in der Physik. Nehmen Sie die Medizin: Die wirklich wichtigen Fortschritte beruhen auch da oft auf bloßen Kodrezepten, wie man gesund wird ...

**Der Spiegel:**

Gerade die Physiker haben aber doch stets im Kleinen das immer noch Kleinere gesucht: Sie zerlegten Atome und fanden die Protonen; und innerhalb der Protonen fanden sie die Quarks. Ist das in Ihren Augen keine Erfolgsgeschichte?

**Robert Laughlin:**

Die Teilchenphysiker mögen interessante Ergebnisse zutage gefördert haben. Aber all ihre Experimente wurden ja nicht aus philosophischen Gründen durchgeführt. Niemand gibt so viel Geld für Philosophie aus. Der wahre Grund, die Beschleuniger zu finanzieren, lag darin, sich gegen neuartige Waffen zu versichern. Im Kalten Krieg konnten die Regierungen es nicht riskieren, dass sich etwas entwickelt, das sie nicht unter Kontrolle hatten.

**Der Spiegel:**

Der Beschleuniger am Cern bei Genf ist also aus Angst gebaut worden?

**Robert Laughlin:**

Exakt. Und nun schwindet diese Angst. Deshalb prophezeie ich, dass es in der nächsten Generation sehr schwer wird, noch Geld für Beschleuniger zu kriegen. Ich sage Ihnen: Die enormen Beträge, die solche Experimente kosten, werden nicht als Almosen für Physiker gezahlt. Die Leute, die solche Entscheidungen treffen, wollen nicht Geld fürs Wohl der Menschheit ausgeben. Sie wollen wiedergewählt werden. Und die Landesverteidigung ist nun einmal für jede Regierung dieser Welt eine wesentliche Aufgabe.

[...]

**Der Spiegel:**

Und was ist Wahrheit? Dass das Universum im Urknall entstanden ist?

**Robert Laughlin:**

Das ist Unfug. Viele Leute stellen mir quasi-religiöse Fragen: Woher wir kommen, wie das Universum entstanden ist und so weiter. Da kann ich als Physiker nur antworten: Da bin ich kein Experte, ich bin einzig und allein ein Experte in Sachen Experiment und Messung.

[...]

**Der Spiegel:**

Wundert es Sie, dass sich die Öffentlichkeit vor allem für die Fragen interessiert, die Sie quasi-religiös nennen?

**Robert Laughlin:**

Nein, gar nicht. Deshalb gehört das Marketing ja auch dazu, wenn man bezahlt werden will. Wir werden noch sehr viel hören von diesem Warum-ist-das-Universum-so-wie-es-ist-Zeug.

■

## B Perspektive aus der Forschung

### B.1 Aufgabenblatt

#### Nutzen CERNs für den Wissenschaftsstandort Deutschland



©Idaho National Laboratory

Die Bundesrepublik finanziert die Großforschungsanlage CERN jährlich mit 130 Millionen Euro. In Zeiten knapper Haushaltsmittel stellt sich die Bundesregierung die Frage, ob die Unterstützung gekürzt werden sollte. Daher soll der Bundestagsausschuss für Bildung und Forschung ein Gesetzesentwurf zur Finanzierung von CERN erarbeiten. Dafür wendet sich der Ausschuss an Experten aus verschiedenen Teilchen der Gesellschaft um Gutachten einzuholen. In den Gutachten soll bewertet werden, worin der gesellschaftliche Nutzen von CERN liegt und ob die Finanzierung, auch in dieser Höhe, gerechtfertigt sei.

#### Aufgaben des Wissenschaftsrat:

Der Wissenschaftsrat ist eines der wichtigsten wissenschaftspolitischen Beratungsgremien in Deutschland. Er berät die Bundesregierung in verschiedenen wissenschaftspolitischen Fragestellungen. Beispiele für Fragestellungen, mit denen sich der Wissenschaftsrat beschäftigt, sind:



- Wie stellt man die Konkurrenzfähigkeit der nationalen und europäischen Forschung sicher?
- Durch welche Maßnahmen ermöglicht man eine optimale Ausbildung von Nachwuchsforschern?
- Welche Großforschungsanlagen sollten finanziert werden?

#### Aufgabe

Versetzen Sie sich in die Rolle eines Mitglieds des Wissenschaftsrats. Sie werden von dem Bundestagsausschuss für Bildung und Forschung gebeten, den Nutzen der Forschung am CERN für die Wissenschaftsstandorte Deutschland und Europa einzuschätzen.

Für ihre Einschätzung nutzen Sie die Texte aus der Materialsammlung. Dafür gehen Sie folgendermaßen vor:

1. 2009 setzte sich der österreichische Wissenschaftsminister Johannes Hahn (ÖVP) für den Austritt Österreichs aus der Großforschungseinrichtung CERN ein. Ab 2011 sollten keine österreichischen Forschungsgelder (20 Millionen Euro) an CERN mehr fließen. Doch der Kanzler Werner Faymann (SPÖ) sprach ein Machtwort und stoppte die Ausstiegspläne.

- a) Nennen Sie wissenschaftspolitischen Sachargumente (siehe Infobox: Wissenschaftsrat), die für einen Austritt und solche die gegen einen Austritt aus CERN sprechen.

*Die Gelder, mit denen CERN finanziert wird, könnten...*

z.B. *Für die Ausbildung junger Forscher würde der Austritt aus CERN bedeuten, dass...*

- b) Nennen Sie Motive, die Kanzler Faymann veranlasst haben könnten, sein Veto gegen den Austritt aus CERN einzulegen.

*Der Kanzler und der Forschungsminister kommen aus unterschiedlichen*

z.B. *Parteien, darum...  
Der öffentliche Druck ...*

Seeböck/Schulzky, 21. September 2011

Gesellschaftlicher Nutzen CERNs

Arbeitsblatt Nr. 1



Nutzen CERNs für den Wissenschaftsstandort Deutschland	1 A
<p>2. Nachdem der <i>Large Hadron Collider (LHC)</i> am CERN in Betrieb gegangen ist, wünschen sich nun einige Teilchenphysiker einen riesigen Linearbeschleuniger. Ein derartiger Linearbeschleuniger ist auch schon in Planung und soll den Namen <i>International Linear Collider (ILC)</i> tragen. Einer Ihrer Kollegen aus dem Wissenschaftsrat meint zu diesen Plänen:</p> <p>„Ich verstehe nicht, warum Physiker immer größere und unterschiedliche Arten von Teilchenbeschleuniger benötigen. Könnten sie nicht mit den vorhandenen Forschungsanlagen zufriedenstellende Ergebnisse erreichen?“</p> <p>Erläutern Sie auf Grundlage Ihres Vorwissens über Teilchenphysik und der Materialsammlung, warum Teilchenphysiker größere Forschungsanlagen für neue Erkenntnisse benötigen.</p> <p>3. In der Sitzung des Bundestagsausschusses für Bildung und Forschung wird darüber abgestimmt, ob die Finanzierung für CERN gekürzt werden sollte. Der Bundestagsausschuss hat Sie als wissenschaftspolitischen Experten geladen. Bereiten Sie sich mit anderen Wissenschaftsexperten in Kleingruppen auf die Sitzung des Ausschusses vor. Bewerten Sie aus der wissenschaftspolitischen Perspektive, ob es der Gesellschaft wert sein sollte, die Forschung am CERN durch Millionenbeträge zu finanzieren. Dafür gehen Sie folgendermaßen vor:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>Sammeln Sie Pro- und Contra-Argumente für die Finanzierung der Forschung am CERN aus Sicht der Forschung und schreiben Sie diese auf Kärtchen.</li> <li>Ordnen Sie die gesammelten Pro- und Contra-Argumente nach ihrer Wichtigkeit.</li> <li>Diskutieren Sie, welche Empfehlung Sie dem Bundestagsausschuss geben möchten.</li> <li>Stellen Sie ihre Ergebnisse so dar, dass Sie den Bundestagsausschuss am besten von Ihrer Position überzeugen können.</li> </ol>	



## B.2 Material Forschung 1

### INTERVIEW

## „Ich muss mir *Illuminati* anschauen!“

Erschienen am 22.05.2009 in der österreichischen Tageszeitung *Der Standard*.

**Johannes Hahn,**  
ist österreichischer Politiker der ÖVP (Österreichische Volkspartei). Er war vom 11. 01. 2007 bis 26. 01. 2010 österreichischer Bundesminister für Wissenschaft und Forschung im Kabinett des Bundeskanzlers Werner Faymann (SPÖ / Sozialdemokratische Partei Österreichs).

#### Der Standard:

Wie war das, als Sie beim Cern-Rennen schon im Ziel waren und dann nur Zweiter wurden?

#### Johannes Hahn:

Ich gebe zu, ich bin noch immer etwas konsterniert über die Vorgänge, die da abgelaufen sind. Aber auch für die Wissenschafts- und Forschungspolitik gilt, dass eben Leute mitentscheiden, die in der Sache selbst nicht unmittelbar eingearbeitet sind.

#### Der Standard:

Sie meinen Kanzler Werner Faymann, der den von Ihnen beschlossenen Austritt aus dem Teilchenforschungsprojekt in Genf zurückgenommen hat [...]?

#### Johannes Hahn:

Ja. Aber ich mache ihnen da keinen Vorwurf, die haben ja auch andere Aufgabenstellungen.

#### Der Standard:

Sie halten die Entscheidung für definitiv falsch?

#### Johannes Hahn:

Daraus habe ich nie ein Hehl gemacht. Es war die Entscheidung des SPÖ-Chefs, der auch Kanzler ist. Faymann hat mir gesagt, die SPÖ wird in der Frage definitiv nicht mitgehen. Darum habe ich gesagt, o.k., der Fall ist gegeben. Ich habe nie die Cern-Aktivitäten diskreditiert. Ich habe nur gesagt, die Relation passt nicht. Dazu stehe ich. Man kann mit dem Geld etwas Besseres machen, und an unseren zwei Prozent Mitgliedsbeitrag wäre Cern nicht zerbrochen.

#### Der Standard:

Wie kann so was passieren, dass ein Fachminister eine Entscheidung trifft, und dann pfeift ihn der Bundeskanzler zurück?

#### Johannes Hahn:

Es war ja nicht so, dass ich eines Nachts aufgesprungen bin und gesagt habe, jetzt treten wir aus. Es gibt ein klares Cern-Austrittsprozedere. Wir haben die Beendigung der Mitgliedschaft vertragsgemäß angekündigt und im Vorfeld mit dem Außenministerium die nötigen Schritte geklärt. Irgendwann musste ich es öffentlich sagen, und dann ist zu handeln. Das war nicht überfallsartig. Was wirklich toll funktioniert hat in Genf, ist die PR-Maschinerie. Zu mir haben Leute gesagt: „Wie kannst du jetzt, wenn der Film *Illuminati* anläuft, austreten?“ [...]

#### Der Standard:

Sehen Sie noch eine Chance, Österreichs Grundbeitrag zum Cern zu reduzieren?

#### Johannes Hahn:

Nein. Die Beitragsreduktion wäre ein Ansatz von mir gewesen, und wir hatten schon Verhandlungstermine mit Genf. Aber diese Strategie haben der Landeshauptmann und der Bundeskanzler unserem Land aus der Hand geschlagen. Ich habe dem Bundeskanzler gesagt, nachzuverhandeln hat keinen Sinn mehr. Cern-Direktor Heuer belächelt uns ja, wenn er vorher weiß, wir bleiben eh dabei. Warum soll der das dann noch billiger geben? Man wird das nun aber sicher auf europäischer Ebene besprechen müssen. Die Struktur von Cern stammt aus den 1950er-Jahren, der Zeit des Kalten Kriegs. Heute wird internationale Forschung ganz anders, projektorientiert und auf absehbare Zeitspannen organisiert. Das wirklich Schöne aus der Sicht von Cern ist, dass sie nie zu einem Endergebnis kommen. In dem Moment, wo sie etwas entdeckt haben, stellt sich die Frage: Was war davor? Auch der Urknall muss eine Grundlage haben.

■



## B.3 Material Forschung 2

ARTIKEL 1

### CERN: Forscher sorgen sich um andere Projekte

Erschienen am 19.05.2009 in der österreichischen Tageszeitung *Die Presse*

Seit der Verbleib Österreichs am CERN fix ist, sorgen sich Wissenschaftler um andere internationale Beteiligungen. Viele Projekte wären ohne Kooperationen unmöglich. Kritik an der CERN-Beteiligung kommt von der Universität für Bodenkultur in Wien (Boku).

Die Freude über die Absage des Ausstiegs aus dem Europäischen Kernforschungszentrum CERN ist auch in der wissenschaftlichen Gemeinschaft in Österreich nicht ungebrüht. Nun sorgt man sich vor allem um internationale Beteiligungen, ohne die in vielen Bereichen für ein kleines Land wie Österreich nach Aussagen von Experten kaum Spitzenforschung möglich ist. Andere Forscher beklagen sich, dass es wichtigere Probleme gibt, als diejenigen, die am CERN untersucht werden.

Ein Beispiel für die Abhängigkeit von internationalen Kooperationen ist das Stefann-Meyer-Institut für subatomare Physik (SMI). Das Institut, das auch am CERN beteiligt ist, bemüht sich unter anderem um eine Mitwirkung am Teilchenbeschleuniger FAIR in Darmstadt (Deutschland). Für ihre Experimente brauchen die Wissenschaftler Anlagen, wie sie heute von einem Land alleine kaum mehr finanziert werden können. Nach dem Verbleib beim CERN hofft Eberhard Widmann vom SMI, dass keine anderen Beteiligungen dem Sparstift zum Opfer fallen.

---

#### Linguisten hoffen auf Geld

---

Ein ganz anderes Projekt, das sich ebenfalls noch in der Vorbereitungsphase befindet, ist CLARIN. In dem EU-

Forschungsvorhaben sollen Texte - von Literatur bis zu Datenbanken - aufbereitet und etwa für wissenschaftliche Zwecke nutzbar gemacht werden. Die Umsetzung des Projekts soll laut Gerhard Budin vom Zentrum für Translationswissenschaft der Universität Wien 2010 erfolgen.

Erfasst werden sollen dabei nicht nur geschriebene, sondern auch gesprochene Texte in verschiedenen Sprachen. Die Sache ist für Linguisten ebenso von Bedeutung wie für Geistes- und Sozialwissenschaftler bis hin zu Historikern. Die gesamten Errichtungskosten betragen 104 Millionen Euro, die Betriebskosten pro Jahr 7,6 Millionen Euro. Die Hauptlast dabei werden die Niederlande und Deutschland tragen. Für Österreich gab es vor der CERN-Diskussion bereits mündliche Zusagen. Budin ist zuversichtlich, dass diese Zusagen auch halten.

---

#### Kritik von Klimaforscherin

---

Kurz vor Bundeskanzler Werner Faymanns Entscheidung, den CERN-Ausstieg nicht durchzuführen, hatte sich auch Umweltexpertin Helga Kromp-Kolb von der Universität für Bodenkultur in Wien (Boku) gemeldet. Die Klimaforscherin ist der Meinung, es gebe wichtigere Probleme für die Wissenschaft zu lösen, als jene, die am CERN bearbeitet werden. Es nützte nichts, sich mit dem Verstehen der Welt im Innersten zu beschäftigen, wenn gleichzeitig Lebensgrundlagen mit atemberaubender Geschwindigkeit in selbstzerstörerischer Weise vernichtet würden. ■

## B.4 Material Forschung 3

### ARTIKEL 3

## Kein Austieg bei CERN

### Österreich macht Rückzieher

Eigentlich war der Ausstieg Österreichs aus dem europäischen Forschungsprojekt Cern schon beschlossene Sache. Ab 2011 sollten die Überweisungen aus Wien für den Beschleuniger in der Schweiz eingestellt werden - rund 20 Millionen Euro sind das jährlich. Doch der Wiener Wissenschaftsminister Johannes Hahn von der konservativen ÖVP wurde jetzt zurückgepfiffen. Bundeskanzler Werner Faymann (SPÖ) stoppte seinen Ausstiegsplan. Der Aufschrei und die Proteste der Forscher in Österreich war einfach zu groß. Der Bundeskanzler beendete damit die hitzige Debatte über Hahns umstrittene Entscheidung. Nach

einem Gespräch mit dem Minister sagte Faymann, er könne sich „einen Austritt (aus Cern) nicht vorstellen, ich bin dagegen“. Seine Partei werde dem Ausstiegsplan im Kabinett nicht zustimmen. Der Wissenschaftsminister Hahn hatte den Ausstieg aus dem Projekt damit begründet, dass Österreichs Beteiligung einen zu großen Anteil des Forschungsetats verschlinge. Faymann dagegen sah Österreichs Ruf im Bereich der Wissenschaft gefährdet. „Reputation und Ansehen Österreichs ist etwas, das übergeordnetes Interesse hat.“ ■

## B.5 Material Forschung 4

### *Offener Brief*

VON DR. M. DOSER UND DIPL. ING. DR. M. BENEDIKT (BEIDE CERN-MITARBEITER)

Genf, 8.5.2009

Sehr geehrter Herr Bundesminister Dr. Hahn!

Mit großer Bestürzung haben wir, die am CERN tätigen Österreicher, insbesondere Physiker, Informatiker, Ingenieure, Doktoranden und Studierende, von der Absicht des österreichischen Bundesministeriums für Wissenschaft und Forschung erfahren, ab Ende 2010 die Teilnahme Österreichs beim CERN, einer der international angesehensten Forschungsstätten, aufzukündigen.

Wir sind überzeugt, dass ein solcher Schritt, dessen Auswirkungen auf die österreichische Forschungslandschaft verheerend wären, auch für das Ansehen Österreichs im Ausland schwerwiegende Folgen hätte. Mit dem Beginn des LHC betreibt nun die große Mehrheit aller weltweit aktiven Teilchenphysiker Forschung am CERN. Dass CERN so an der Weltspitze der Teilchenphysik steht, und eine Zusammenarbeit mit dem CERN von einem weiten Spektrum von Unternehmen als Aushängeschild benützt wird, liegt sowohl an der Qualität der wissenschaftlichen Forschung, wie auch an den vielfältigen technischen Entwicklungen, die hier in Zusammenarbeit mit den Industrien der CERN-Mitgliedsstaaten durchgeführt werden und signifikanten Wissenstransfer mit sich bringen. Gerade die Tatsache, dass Österreich sich in diesem internationalen Umfeld zu behaupten vermochte [...], zeigt die Stärke und untermauert die internationale Sichtbarkeit österreichischer Beiträge auf höchstem Niveau. Erst vor kurzem haben Sie anlässlich der Eröffnung des LHC unterstrichen, welche führende Rolle der CERN in diesen Bereichen spielt und wie erfolgreich nicht nur die österreichische Hochenergieforschung, sondern auch eine Reihe weiterer eng mit dem CERN verbundener Aktivitäten (z.B. Technologieentwicklung und Ausbildung) sind. Österreichische Universitäten und Institute waren und sind maßgeblich an den technischen Entwicklungen für den LHC und dessen Vorgänger LEP beteiligt, die zu vollkommen neuartigen Technologien wie dem WWW, dem Grid oder medizinischen Technologien (wie z.B. bildgebende Verfahren oder MedAustron) geführt haben, und deren Ergebnisse auch der österreichischen Industrie zugute kommen. Ein Austritt würde eine Abkoppelung von diesen technischen Errungenschaften bedeuten, mit entsprechenden wirtschaftlichen und intellektuellen Konsequenzen. Fragen der Teilchenphysik und benachbarter Gebiete sind eine der stärksten Motivatio-

nen für die nächste Generation von naturwissenschaftlich ausgebildetem Nachwuchs; ein Wegfall der Möglichkeit für die heranwachsende Generation, an diesen Forschungen teilzuhaben, würde sich sehr negativ auf den Wirtschaftsstandort Österreich auswirken. Ein CERN Austritt würde jahrelange Beiträge Österreichs kurz vor Beginn des LHC-Betriebs aufs Spiel setzen und hätte gravierende wissenschaftliche Folgen, auch im Bereich der theoretischen Physik, an österreichischen Universitäten. Zusätzlich würde sich Österreich durch eine derartige Maßnahme in Widerspruch zu den erklärten Zielen Österreichs und der EU setzen, insbesondere Wissenschaft, Forschung und Ausbildung verstärkt zu fördern, um die langfristige Wettbewerbsfähigkeit Europas zu garantieren. Auch die Nachwuchsförderung würde durch einen solchen Schritt gefährdet: durch die für den CERN charakteristische Verbindung von Spitzenforschung, Spitzentechnologie und Internationalität entspricht das österreichische Doktorandenprogramm am CERN nicht nur den Zielen einer Eliteuniversität, sondern ermöglicht es jungen Wissenschaftlern auch Erfahrungen in dem einmaligen internationalen Umfeld von über 60 Nationen zu gewinnen. Im Laufe der letzten 50 Jahre haben Österreicher entscheidend zur Entwicklung des CERN beigetragen und es erscheint uns unverständlich, dass gerade in dem Moment, in dem der CERN sich mit dem LHC anschickt, tiefste und von der Öffentlichkeit mit größter Aufmerksamkeit und Faszination verfolgte Fragen in Angriff zu nehmen, sich eines der langjährigsten und treuesten Mitglieder zurückziehen könnte. [...] Spitzenforschung ist ein Aushängeschild jedes Landes und ein Austritt aus einem internationalen, wissenschaftlich erstklassigen und erfolgreichen Forschungszentrum würde aus unserer Sicht einen nicht wieder gutzumachenden Schaden auf wissenschaftlichem, intellektuellem, technologischem und politischem Niveau in Österreich und im Ausland mit sich bringen und auch die Verlässlichkeit Österreichs als Partner in internationalen Projekten sehr in Frage stellen. All diese Punkte unterstreichen für uns die Wichtigkeit eines Weiterverbleibs Österreichs im CERN, sowohl aus wissenschaftlicher Sicht, wie auch um seine Glaubwürdigkeit als moderne Nation im europäischen Verbund aufrechtzuerhalten. Wir ersuchen Sie daher, Ihre Absicht, einen Austritt Österreichs aus dem CERN vorzubereiten, nochmals zu überdenken, und verbleiben Hochachtungsvoll, Dr. Michael Benedikt und Dr. Michael Doser

## B.6 Material Forschung 5

ARTIKEL 4

# LHC und ILC: Komplementäre Ansätze von

von der Internetseite [www.weltderphysik.de](http://www.weltderphysik.de)

Der internationale Linearcollider ILC soll als globales Projekt gebaut und betrieben werden. Er wäre die ideale Ergänzung zu dem Large Hadron Collider LHC bei CERN, der 2009 in der Nähe von Genf in Betrieb gegangen ist. Der LHC beschleunigt Protonen, denen wegen ihrer großen Masse eine sehr hohe Energie mitgegeben werden kann. Bei den Zusammenstößen können aus dieser Energie sehr massereiche neue Teilchen entstehen. Der LHC ist also eine "Entdeckungsmaschine", die neue Teilchen sucht und findet. Weil jedoch die schweren Protonen aus mehreren Quarks bestehen, platzt beim Zusammenstoß eine Vielzahl von Bruchstücken nach allen Seiten weg. Daher ist es schwer, die Eigenschaften der neu erzeugten Teilchen präzise zu messen. Im ILC stoßen punktförmige Elektronen auf ihre ebenfalls punktförmigen Antiteilchen, die Positronen. Beide Teilchen vernichten sich gegenseitig und

verwandeln sich vollständig in Energie, aus der neue Teilchen entstehen können. Da man so die Anfangsbedingungen bei der Teilchenerzeugung sehr genau kennt und keine "Reste" der Stoßpartner verbleiben, ist das Ergebnis viel einfacher zu interpretieren als bei Protonenzusammenstößen. Der ILC ist also eine "Präzisionsmaschine", mit der man extrem genau die Eigenschaften von neuen Teilchen messen kann - beispielsweise Masse, Lebensdauer, Spin und Quantenzahlen. Dank seiner hohen "Trefferate", also der Anzahl miteinander kollidierender Teilchen, kann der ILC neue Teilchen am laufenden Band produzieren - und je mehr Messdaten verfügbar sind, desto genauer werden die Ergebnisse. LHC und ILC haben somit verschiedene Stärken, sie untersuchen verschiedene Aspekte der gleichen Probleme und ergänzen sie sich damit in idealer Weise. ■

### Synchrotron-Strahlung

INFOBOX

Wenn Teilchen in einem Kreisbeschleuniger durch Magnetfelder abgelenkt werden, strahlen sie elektromagnetische Strahlung, die sogenannte Synchrotronstrahlung, ab. Dadurch verlieren die Teilchen Energie. Wie groß der Energieverlust der Teilchen ist, lässt sich theoretisch herleiten und durch eine komplizierte Formel ausdrücken. Uns

interessieren aber nur die Abhängigkeiten

$$\Delta E \sim \frac{q^2 \cdot E^2}{R \cdot m^4}$$

Also hängt der Energieverlust  $\Delta E$  von der Ladung der Teilchens  $q$ , der Masse des Teilchens  $m$  und von dem Radius des Kreisbeschleunigers  $R$  ab.

	Kreisbeschleuniger	Linearbeschleuniger
Beispiele	LHC	ILC
Zweck	„Entdeckungsmaschine“	„Präzisionsmaschine“
Beschleunigte Teilchen sind eher...	Hadronen z. B. Protonen (Masse $m_p = 938 MeV/c^2$ )	Leptonen z. B. Elektronen (Masse $m_e = 0,5 MeV/c^2$ )
Warum?	Energieverlust durch Synchrotronstrahlung ist relativ niedrig $\Delta E \sim \frac{E^2}{R \cdot m_p^4}$	Energieverlust im Kreisbeschleuniger wäre relativ groß $\Delta E \sim \frac{E^2}{R \cdot m_e^4}$
Je größer...	...der Radius des Beschleunigers um so kleiner der Energieverlust $\Delta E \sim \frac{E^2}{R \cdot m_p^4}$	...der Linearbeschleuniger um so präzisere Messungen sind möglich

### B.7 Material Forschung 6

Anmerkungen: - bedeutet keine Angaben vorliegend. **Beschl. Teilchen:** Teilchen 1/ Teilchen 2 bedeutet, dass Teilchen 1 oder Teilchen 2 beschleunigt werden. Teilchen 1 + Teilchen 2 bedeutet, dass Teilchen 1 und Teilchen 2 zu Kollision gebracht werden. **Kosten:** Kosten 1(Kosten 2). Kosten 1 gibt die Kosten zum Zeitpunkt des Baues an. Kosten 2 gibt an, wie viel die Geldmenge im Jahre 2009 (Fertigstellung des LHC) wert gewesen wäre. **Kosten**, die für Instandhaltung oder Verbesserung der Anlagen (z. B. Erhöhung der Kollisionsenergien) anfallen, die für Löhne von Mitarbeitern und den Energieverbrauch der Anlagen anfallen, werden nicht berücksichtigt. **Entdeckungen:** In Klammern wird die Masse des entdeckten Teilchens angegeben. **Kollisionsenergien:** Die Angaben zu Kollisionsenergie, stellen den maximalen Wert dar, welcher während des ausgegeben **Zeitraums** erreicht werden konnte.

Lineargeschleuniger						
Forschungszentrum	Beschleuniger	Länge	Beschl. Teilchen	max. Kollisionsenergie	Entdeckungen	Zeitraum
SLAC (USA)	SLC	3 km	Elektronen Positronen	91,2 GeV	-	1988-1998
GSI (Darmstadt)	UNILAC	120 m	Ionen		superschwere Elemente wie Bohrium, Darmstadtium..	-
?	ILC	ca. 35 km	Elektronen + Positronen	bis zu 1000 GeV	?	in Planung
Kreisbeschleuniger						
Forschungszentrum	Beschleuniger	Länge	Beschl. Teilchen	max. Kollisionsenergie	Entdeckungen	Zeitraum
Berkeley (USA)	Bevatron	0,34 km	Protonen	6,2 GeV	Antiproton (938,3 MeV/c <sup>2</sup> ) Antineutron (939,6 MeV/c <sup>2</sup> ) Quark-Gluon Plasma	1954-1963
BNL (USA)	RHIC	3,9 km	Protonen	100 GeV		2000- ?
SLAC (Stanford)	SPEAR	0,5 km	Elektronen + Positronen	3-6 GeV	J/ψ-Meson (3,087 GeV/c <sup>2</sup> ) Tauon 1,777 GeV/c <sup>2</sup>	1972-1990
Fermilab (Chicago)	Tevatron	6,3 km	Protonen + Antiproton	1900 GeV	Top-Quark (ca.173 GeV/c <sup>2</sup> )	1983-2011
DESY (Hamburg)	PETRA	2,3 km	Elektronen + Positronen	14-46 GeV	Gluon (0 MeV/c <sup>2</sup> )	1978-1986
	HERA	6,3 km	Elektronen + Protonen	320 GeV	Erkenntnisse über Aufbau von Protonen	1992-2007
CERN (Genf)	SFS	6,9 km	Protonen/ Antiprotonen	540 GeV	W Bosonen (83 GeV/c <sup>2</sup> ) Z Boson (93 GeV/c <sup>2</sup> )	DM 1 Mrd. (€ 703 Mio.)
	LEP	27 km	Elektronen + Positronen	209 GeV		DM 1 Mrd. (€ 85 Mio.)
	LHC	27 km	Protonen + Protonen	7000 GeV	Higgs-Teilchen ???	DM 1 Mrd. (€ 3,9 Mrd.)

## B.8 Material Forschung 7

---

### Was spricht für und was gegen die Mitgliedschaft?

---

Erschienen am 18.05.2009 in der österreichischen Tageszeitung *Die Presse*

Österreich ist seit 50 Jahren CERN-Mitglied und es gibt auch gute Gründe, das beizubehalten. Dagegen der wichtigste Beweggrund für einen möglichen Ausstieg bei CERN ist finanzieller Natur.

---

#### Pro:

---

##### Internationale Spitzenforschung:

Unbestritten geschieht am CERN hochkarätige Grundlagenforschung, die den Aufbau der Materie klären soll. Ohne Mitgliedschaft sind österreichische Teilchenphysiker von der Forschung de facto ausgeschlossen, da die für Experimente notwendigen hohen Energien nur in großen Teilchenbeschleunigern wie dem LHC beim CERN erzeugt werden können.

##### Internationales Renommee:

Ein Ausstieg aus CERN hätte die Reputation Österreichs wohl beschädigt, wie die Kritiker Hahns monierten. Bei gemeinsamen internationalen Projekten zählten die Verlässlichkeit, die Langfristigkeit und das Vertrauen.

##### Wirtschaftliche Spin-offs:

Österreichische Unternehmen waren in der Vergangenheit regelmäßig Zulieferer von Ausrüstung für CERN. Auch die österreichische Uniq- Versicherung hat einen Exklusivvertrag bei CERN.

---

#### Contra:

---

##### Hohe Kosten:

Die Mitgliedschaft beim CERN kostet jährlich ein Fixum von 16 Millionen Euro, dazu kommen noch rund vier Millionen Euro für konkrete Forschungsprojekte. Das macht rund 70 Prozent der im Budget für internationale Mitgliedschaften veranschlagten Mittel aus.

##### Alternative Projekte:

Derzeit entstehen in europäischer Kooperation neue Großforschungseinrichtungen – von Gewebedatenbanken über Röntgenlaser bis hin zu riesigen Teleskopen. Um dort mit-tun zu können – und auch anderen Wissenschaftsdisziplinen den Zugang zu Großforschungsanlagen zu ermöglichen –, ist mehr Geld nötig. Bei begrenzten (Spar-)Budgets fehlen diese Mittel.


##### Wissenschaft ändert sich:

Früher war die Teilchenphysik die „Königin der Wissenschaften“. Heute sind etwa die Lebenswissenschaften drauf und dran, ihr den Rang abzulaufen.

## C Wirtschaftliche Perspektive

### C.1 Aufgabenblatt Wirtschaft

**Gesellschaftlicher Nutzen CERNs aus Sicht der Wirtschaft**



© Raimond Spekking / CC-BY-SA-3.0

Die Bundesrepublik finanziert die Großforschungsanlage CERN jährlich mit 130 Millionen Euro. In Zeiten knapper Haushaltsmittel stellt sich die Bundesregierung die Frage, ob die Unterstützung gekürzt werden sollte. Daher soll der Bundstagsausschuss für Bildung und Forschung ein Gesetzesentwurf zur Finanzierung von CERN erarbeiten. Dafür wendet sich der Ausschuss an Experten aus verschiedenen Teilen der Gesellschaft um Gutachten einzuholen. In den Gutachten soll bewertet werden, worin der gesellschaftliche Nutzen von CERN liegt und ob die Finanzierung, auch in dieser Höhe, gerechtfertigt sei.

**Aufgabe**

Versetzen Sie sich in die Rolle eines Wirtschaftswissenschaftlers. Sie werden von der Bundesregierung gebeten, den Nutzen der Forschung am CERN für die Gesellschaft aus wirtschaftlicher Sicht einzuschätzen. Für ihre Einschätzung nutzen Sie die Texte aus der Materialsammlung. Dafür gehen Sie folgendermaßen vor:

1. a) Nennen Sie konkrete Beispiele für den wirtschaftlichen Nutzen der Forschung am CERN.
- b) Beschreiben Sie, durch welche Mechanismen die Wirtschaft von Grundlagenforschung profitieren kann.
 

*Die Wirtschaft profitiert nicht direkt vom wissenschaftlichen Fortschritt, sondern ...  
Die Methoden, die zur Erkenntnisgewinnung in der Grundlagenforschung benutzt werden, ...*

z.B. *Die Untersuchung der Struktur der Materie erfordert extreme technologische Anstrengung...*
2. a) Vergleichen Sie Ziele, Planungszeiträume und den Umgang mit Erkenntnissen von Unternehmen mit denen der Grundlagenforschung. Füllen Sie dafür die folgende Tabelle stichwortartig aus:
 

	Unternehmen	Grundlagenforschung
Ziele		
Planungszeiträume		
Freigabe von Informationen/Erkenntnissen		
- b) Nehmen Sie in 3 Sätzen zur Finanzierung von Grundlagenforschung durch die Wirtschaft Stellung. Ihre Stellungnahme könnte wie folgt beginnen:
 

z.B. *Unternehmen finanzieren Grundlagenforschung nicht in dem Maße wie der Staat, da ...*

Seebach/Sulzky, 21. September 2011

Gesellschaftlicher Nutzen CERNs

Arbeitsblatt Nr. 1



Gesellschaftlicher Nutzen CERNs aus Sicht der Wirtschaft	1 A
<p>3. In der Sitzung des Bundestagsausschusses für Bildung und Forschung wird darüber abgestimmt, ob die Finanzierung für CERN gekürzt werden sollte. Der Bundestagsausschuss hat Sie als wirtschaftspolitischen Experten geladen. Bereiten Sie sich mit anderen Wirtschaftsexperten in Kleingruppen auf die Sitzung des Ausschusses vor. Bewerten Sie aus der wirtschaftlichen Perspektive, ob es der Gesellschaft wert sein sollte, die Forschung am CERN durch Millionenbeträge zu finanzieren. Dafür betrachten Sie folgende Aussagen aus den Parteiprogrammen zweier Parteien:</p> <p><b>Partei 1:</b> <i>„Der Staat sollte vermehrt Projekte der angewandten Forschung fördern um wirtschaftlich konkurrenzfähig zu bleiben.“</i></p> <p><b>Partei 2:</b> <i>„Der Staat sollte sich auf die Finanzierung von Grundlagenforschung konzentrieren.“</i></p> <p>a) Sammeln Sie jeweils Argumente, die die Aussagen der Parteien unterstützen und schreiben Sie diese auf Kärtchen.</p> <p>b) Ordnen Sie die gesammelten Argumente nach ihrer Wichtigkeit.</p> <p>c) Diskutieren Sie, welche Empfehlung Sie dem Bundestagausschuss bzgl. der Finanzierung von CERN geben möchten. Beziehen Sie sich dabei auf die gesammelten Argumente.</p> <p>d) Stellen Sie ihre Ergebnisse so dar, dass Sie den Bundestagausschuss am besten von Ihrer Position überzeugen können.</p>	





## C.2 Altes Aufgabenblatt Wirtschaft

### Gesellschaftlicher Nutzen CERNs aus Sicht der Wirtschaft



Die Bundesrepublik trägt 20% der Finanzierung des Jahresats der Großforschungsanlage CERN (Etat von Cern 750 Millionen Euro). In Zeiten knapper Haushaltsmittel stellt sich die Bundesregierung die Frage, ob die Unterstützung gekürzt werden sollte. Bevor die Bundesregierung dem Bundestag einen Gesetzesvorschlag vorlegt, möchte sie Experten aus verschiedenen Teilen der Gesellschaft befragen, worin der gesellschaftliche Nutzen von CERN liegt und ob die Finanzierung, auch in dieser Höhe, gerechtfertigt sei.

#### Aufgabe

Versetzen Sie sich in die Rolle eines Wirtschaftswissenschaftlers. Sie werden von der Bundesregierung gebeten, den Nutzen der Forschung am CERN für die Gesellschaft aus wirtschaftlicher Sicht einzuschätzen. Für ihre Einschätzung nutzen Sie die Texte aus der Materialsammlung. Dafür gehen Sie folgendermaßen vor:

1. a) Nennen Sie konkrete Beispiele für den wirtschaftlichen Nutzen der Forschung am CERN.
- b) Beschreiben Sie, durch welche Mechanismen die Wirtschaft von Grundlagenforschung profitieren kann.

*Die Wirtschaft profitiert nicht direkt von wissenschaftlichen Fortschritt, sondern ...*

z.B. *Die Methoden, die zur Erkenntnisgewinnung in der Grundlagenforschung benutzt werden, ...*

2. a) Vergleichen Sie Ziele, Planungszeiträume und den Umgang mit Erkenntnissen von Unternehmen mit denen der Grundlagenforschung. Füllen Sie dafür die folgende Tabelle stichwortartig aus:

	Unternehmen	Grundlagenforschung
Ziele		
Planungszeiträume		
Freigabe von Informationen/Erkenntnissen		

- b) Nehmen Sie in 3 Sätzen zur Finanzierung von Grundlagenforschung durch die Wirtschaft Stellung. Ihre Stellungnahme könnte wie folgt beginnen:

z.B. *Unternehmen finanzieren Grundlagenforschung nicht in dem Maße wie der Staat, da ...*

3. Zwei Parteien vertreten gegensätzliche Positionen zur Finanzierung von Grundlagenforschung. Diese spiegelt sich auch in dem jeweiligen Parteiprogramm wider:

**Partei 1:**

*„Der Staat sollte vermehrt Projekte wie die »Innovationsallianz Lithium Ionen Batterie LIB 2015« (vgl. Presstext 2) fördern, anstatt so viel Geld in Grundlagenforschung zu stecken.“*

**Partei 2:**

*„Der Staat sollte sich auf die Finanzierung von Grundlagenforschung konzentrieren.“*

Seebach/Spatzky, 15. Juli 2011

Gesellschaftlicher Nutzen CERNs

Arbeitsblatt Nr. 1



Gesellschaftlicher Nutzen CERNs aus Sicht der Wirtschaft	1 A
<p>Erörtern Sie die beiden Position, indem Argumente für die jeweilige Position gegeneinander abwägen.</p> <hr/> <p>Nachdem Sie sich einzeln mit der Frage beschäftigt haben, bereiten Sie sich mit Ihren Ökonomen-KollegenInnen gemeinsam auf die Tagung vor, indem Sie als Gruppe...</p> <p>4. ... bewerten, ob es der Gesellschaft wert sein sollte, durch Millionbeiträge die Forschung am CERN zu finanzieren. Dafür gehen sie folgendermaßen vor:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>a) Sammeln Sie Pro- und Contra-Argumente für die Finanzierung der Forschung am CERN aus wirtschaftlicher Sicht und schreiben Sie sie auf Kärtchen.</li> <li>b) Ordnen Sie die gesammelten Pro- und Contra-Argumente nach ihrer Wichtigkeit.</li> <li>c) Diskutieren Sie, welche Empfehlung Sie der Bundesregierung geben möchten.</li> <li>d) Stellen Sie ihre Ergebnisse so dar, dass Sie die Bundesregierung am besten von Ihrer Position überzeugen können.</li> </ol>	

## C.3 Material Wirtschaft 1

ARTIKEL 1

### Nützliche Abfälle: Vom WWW zum Grid

Erschienen am 18.10.2004 im Magazin für Computertechnik *c't*

Angela Meyer,

Das CERN, der Geburtsort des WWW, wird 50 - und spielt nach wie vor in der Forschung ganz vorne mit. Um den Large Hadron Collider, sein bisher größtes Projekt, nutzen zu können, treibt die Großforschungseinrichtung ein weiteres Mal auch die Entwicklung der Computerwelt mit voran.

Grundlagenforschung wie die vom Europäischen Labor für Teilchenphysik (CERN) bei Genf sucht eigentlich „nur“ nach Antworten auf Fragen wie die nach dem Ursprung des Universums oder den Prinzipien, die die Welt im Innersten zusammenhalten. Für die Suche nach dem Allerkleinsten sind die allergrößten Versuche notwendig - die Beschleunigerringe für die Experimente der Teilchenphysik haben mehrere Kilometer Umfang. Bei solchen baulich wie technisch herausfordernden Projekten fallen ähnlich wie in der Raumfahrt auch Antworten auf Detailfragen ab, die nicht nur bei Industriebetrieben, sondern auch im Alltag ganz unmittelbar von Nutzen sind. Das bekannteste Abfallprodukt der von 36 Staaten und internationalen Institutionen unterstützten CERN-Forschung ist das World Wide Web. Vor gut 15 Jahren machte der damalige CERN-Wissenschaftler Tim Berners Lee seinem Chef einen Vorschlag, wie man in der Großforschungseinrichtung mit tausenden Forschern, von denen ein Großteil jeweils nur wenige Monate oder Jahre dort arbeitet, Informationen dauerhaft für alle zugänglich halten kann, ohne eine zentrale Datenbank mit relativ starren Strukturen aufzubauen, die enormen Pflegeaufwand bedeutete. «CERN hat jetzt einige Probleme, denen sich der Rest der Welt bald gegenübersehen wird», heißt es in dem Vorschlag, aus dem Lee die Konzepte entwickelte, die sich hinter den Kürzeln HTML, http und URL verbergen. Wie recht er hatte - mit seiner Prognose wie mit seiner Lösung -, zeigte der rasche

Siegesszug des WWW in den Neunzigern.

Auch das Web war aber noch nicht die Antwort auf alle Fragen - mit Webservern und Browser alleine lassen sich nicht alle Probleme bei der Zusammenarbeit in großen Projekten lösen. Für das weltweit größte Projekt der Teilchenphysik, den Large Hadron Collider (LHC) und die in ihm ab 2007 geplanten Experimente, muss man jetzt wieder die Grenzen des technisch Machbaren an vielen Stellen ein gutes Stück weiter ausdehnen und dabei auch nochmal neue Wege im Umgang mit Informationen gehen.

---

#### Her ausforderung Dat enflut

---

In jedem der rund 10 000 Tonnen schweren Detektoren, die in mehreren großen Kavernen entlang des Rings aufgebaut werden, laufen hunderte von Millionen Messkanäle, um die sehr seltenen Zusammentreffen von Materieteilchen aufzuzeichnen. Auch nach der sofortigen Datenreduktion und -komprimierung werden im CERN für die LHC-Experimente pro Jahr immer noch etwa 109 Ereignisse und insgesamt mehr als 15 Petabytes ( $10^{15}$  Bytes) an Daten für die Analyse gespeichert und für Forscher weltweit zugänglich gemacht werden müssen.

Ähnliche Anforderungen gibt es auch in anderen Forschungsprojekten, vor allem in der Biologie, der Medizin, in der Klimaforschung und Erdbeobachtung oder der Astronomie. Weltweit sind daraus etliche Grid-Projekte entstanden. Grid - damit ist hier, salopp gesagt, „Computer aus der Steckdose“ gemeint. Ähnlich wie bei der Information via Internet soll für den Benutzer völlig egal sein, ob die Daten, Programme oder Rechnerkapazitäten, die er nutzen will, lokal auf seinem Laptop zur Verfügung stehen oder in einem Rechenzentrum jenseits des Ozeans. [...] ■

## C.4 Material Wirtschaft 2

PRESSETEXT 1 DES BUNDESMINISTERIUMS FUER BILDUNG UND FORSCHUNG

### ATLAS: Eine Digitalkamera für 40 Millionen Bilder pro Sekunde – mit 80 Megapixeln!

Bundesministerium für Bildung und Forschung: Stark im Verbund - Naturwissenschaftliche Grundlagenforschung an Großgeräten.

Der innere Detektor von ATLAS hat die Aufgabe, die Bahnkurven der bei der Kollision produzierten elektrisch geladenen Teilchen und damit ihren Entstehungsort in einem Magnetfeld sehr genau zu vermessen: Nur so kann ermittelt werden, welche Prozesse nach der Kollision stattgefunden haben. Einige der daran beteiligten Teilchen, etwa das schwere Bottomquark aus der dritten Quark-Generation, zerfallen bereits nach 1,5 billionstel Sekunden wieder und legen dabei nur wenige Millimeter Strecke zurück. Um bei der Vielzahl der Spuren ein solches Quark aus dem Teilchengewimmel herauszufischen zu können, muss der Detektor eine extrem gute Ortsauflösung haben – „das stellte eine enorme Herausforderung bei der Entwicklung dar“, so Norbert Wermes, „und war für eine Gruppe allein gar nicht zu schaffen. Für ein solches Projekt kann man nichts von der Stange nehmen, da betritt man technologisches Neuland.“ Die vier Universitäten Bonn, Dortmund, Siegen und Wuppertal bildeten deshalb eine Allianz, um den inneren Spurdetektor von ATLAS im Rahmen der Verbundforschung zu bauen. Ab 1994 fanden dazu Forschungs- und Entwicklungsarbeiten im Labor statt, ab 2002 wurde gebaut. Der Detektor besteht aus etwa 80 Millionen winziger Pixel, die jeweils direkt mit einer empfindlichen und sehr schnellen Ausleseelektronik verbunden sind. Der wesentliche Unterschied zu einer Digitalkame-

ra, die ebenfalls mehrere Millionen Pixel besitzt, liegt vor allem in der Aufnahmegeschwindigkeit von 40 Millionen Kollisionsbildern pro Sekunde. Jeder Treffer eines Pixels durch ein Teilchen wird von der Elektronik registriert und über mehrere Stufen an den Computer weitergeleitet. Der rechnet dann aus der Datenflut die Spur aus – bis auf 0,014 Millimeter genau.

---

#### Spin-Off

---

Beim Bau des Pixeldetektors musste in vielen Bereichen technisches Neuland betreten werden. Davon muss nicht nur die Teilchenphysik, sondern es können beispielsweise auch medizinische Anwendungen profitieren. Vom Pixeldetektor bei ATLAS zum digitalen Röntgensensor ist es nur ein kleiner Schritt. Statt Teilchen werden in diesem Fall Röntgenphotonen detektiert und einzeln gezählt, quasi doppelt digital: digitale Pixelzellen und digitale Aufnahmetechnik. Das digitale Röntgenbild ist frei von Über- und Unterbelichtung, hat hervorragende Kontrasteigenschaften und entsteht in Echtzeit. So wurde eine neue Methodik in der Röntgenbildgebung in Gang gesetzt, die schon heute in der Industrie für eine neue Generation von Röntgeneräten in der Entwicklung ist. ■

## C.5 Material Wirtschaft 3

WISSENSCHAFTLICHER GASTBEITRAG

### 2001 Ökonomie der Grundlagenforschung und Wissenschaftspolitik

Erschienen in der wissenschaftlichen Zeitschrift *Perspektiven der Wirtschaftspolitik* in 2001

Heidrun Hoppe,

ist Professorin für Ökonomie an der Universität Hannover.

Es wird unterschieden zwischen Grundlagenforschung in der Welt der Wissenschaft, die die Erkundung von Natur und Umwelt zum Gegenstand hat, und angewandter Forschung in der Welt der Wirtschaft, die die Analyse, Weiterentwicklung und Anwendung von neuen Technologien umfasst und nicht, wie üblicherweise angenommen, eine Anwendung von Grundlagenforschung auf industrielle Bedürfnisse. Die Welt der Wissenschaft und die Welt der Wirtschaft entwickeln sich im allgemeinen unabhängig voneinander Schritt für Schritt weiter. Erst wenn dieser parallele Prozeß unterbrochen wird durch radikale wissenschaftliche Entdeckungen und unerwartete bedeutende Innovationen, kann eine Verbindung zwischen beiden Welten

entstehen. Das entscheidende Verbindungsglied ist dabei das experimentelle Forschen mit neuen Instrumenten und Methoden. [...]

Tatsächlich besteht die Verbindung zwischen Wissenschaft und Wirtschaft darin, dass radikale wissenschaftliche und bedeutende technologische Neuerungen vielfach auf die Erfindung und Nutzung desselben Instrumentariums zurückgeführt werden können. Zentrales Argument ist dabei die Tatsache, dass neue Instrumente, Methoden und Forschungstechnologien oftmals über ihre beabsichtigte Anwendung hinaus weitreichende, nicht vorhersehbare Nutzungsmöglichkeiten für Grundlagenforschung, angewandte Forschung und einen kommerziellen Einsatz bieten und so zu Brüchen im „normalen“ Fortschritt in Wissenschaft und Wirtschaft führen.[...]

■

## C.6 Material Wirtschaft 4

PRESSETEXT 2 DES BUNDESMINISTERIUMS FUER BILDUNG UND FORSCHUNG

### Innovationsallianz »Lithium Ionen Batterie LIB 2015«

Bundesministerium für Bildung und Forschung; Hightech-Strategie 13.05.2011

Die Umsetzung der Hightech-Strategie zielt darauf ab, die Kräfte von Wissenschaft und Wirtschaft auf wichtigen Zukunftsfeldern zu bündeln und mit öffentlichen Mitteln ein Vielfaches an privaten Investitionen in Forschung und Entwicklung zu mobilisieren. Im Rahmen der Innovationsallianz »Lithium Ionen Batterie LIB 2015« hat sich ein Industriekonsortium von BASF, BOSCH, EVONIK, LiTec, und VW verpflichtet, in den nächsten Jahren 360 Millionen Euro für Forschung und Entwicklung an der Lithium Ionen Batterie zu investieren. Gleichzeitig wird das Bundesministerium für Bildung und Forschung 60 Millionen Euro für diesen Bereich zur Verfügung stellen.

Technologien zur Erreichung der Klimaschutzziele sind für die Bundesregierung von besonderer Bedeutung. Die effiziente Speicherung von elektrischer Energie ist ein dabei wesentlicher Schlüssel für klimaverträgliche Energienutzung. Im Jahr 2006 konnten ca. 15 % des durch Windkraftwerke

erzeugten Stroms nicht eingespeist werden und ging damit für den Verbrauch verloren. Wenn bis 2050 etwa die Hälfte des gesamten Energiebedarfs in Deutschland aus erneuerbaren Energien gedeckt werden soll, müssen für die Zwischenspeicherung der erzeugten Energie effiziente Technologien entwickelt werden.

Mobile Energiespeicher bilden die Grundlage für zukunftsweisende Antriebssysteme bei Fahrzeugen mit Hybridantrieb, bei vollständig elektrisch angetriebenen Fahrzeugen, aber auch für die Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie. Für Hybrid- und Elektrofahrzeuge und deren seriemäßige und kostengünstige Herstellung müssen möglichst bald Energiespeichermedien entwickelt werden, die effizient, leicht, sicher und preiswert sind, und die dem PKW-Besitzer eine akzeptable Reichweite (200 - 300 km) für sein Fahrzeug ohne „Auftanken“ garantieren. ■

## C.7 Material Wirtschaft 5

### Einblicke in die Chefetage eines fiktiven Dax-Unternehmens

Erschienen am 20. September 2011 in dem fiktiven Monatsmagazin *Der Ökonom*.

#### **Vorstandsvorsitzender**

Ich habe Ihren Bericht über die Verwendung des Etats der Forschungs- und Entwicklungsabteilung gelesen. Danach wird 65,1% des Etats für die experimentelle Entwicklung, d.h. also für die Verbesserung von Verfahren und Materialien eingesetzt, 32,0% für angewandte Forschung und immerhin 2,9% für Grundlagenforschung. 2,9 % für Grundlagenforschung? Wie soll ich das nächste Woche auf Hauptaktionärsversammlung rechtfertigen? Dafür werden die Aktionäre kein Verständnis haben. Die wollen, dass wir hohe Gewinne einfahren und nicht, dass wir einen Haufen Geld in Forschung stecken, bei der wir nicht wissen, wann wir Ergebnisse bekommen und wie oder ob wir diese Ergebnisse überhaupt nutzen können.

#### **Leiter der Forschung & Entwicklung -Abteilung:**

Bei allem Respekt vor den Aktionären, wir können doch nicht unser Forschungskonzept nach Quartalszahlen richten. Durch Grundlagenforschung erhalten wir vielleicht die Möglichkeit, neuere und bessere Verfahren zu entwickeln, die auf Basis neuester wissenschaftlicher Erkenntnisse basieren. Das würde einen immensen Vorsprung gegenüber der Konkurrenz bedeuten!

#### **Vorstandsvorsitzender:**

Grundlagenforschung betreibt der Staat schon zu Genüge, dann müssen wir nicht noch auch in sie investieren. Die wissenschaftlichen Erkenntnisse, die durch Grundlagenforschung gewonnen werden, sind frei zugänglich. Das

heißt, das erforschte Wissen können wir auch nutzen. Außerdem, wenn unsere Forschungsabteilung neue Erkenntnisse gewinnt, wie können wir es verhindern, dass die Konkurrenz davon profitiert? Auf wissenschaftliche Erkenntnisse können wir ja schlecht Patente anmelden.

#### **Leiter der F & E-Abteilung:**

Da gebe ich Ihnen recht. Wissenschaftliche Erkenntnisse lassen sich schwer schützen. Reine wissenschaftliche Erkenntnisse sind für uns aber schwer nutzbar. Viel interessanter sind die Forschungsmethoden und Technologien, die zur Lösung von Problemen in der Grundlagenforschung eingesetzt werden. So können wir mit der Erkenntnis, dass Protonen aus Quarks aufgebaut sind, herzlich wenig anfangen, die Technologie der Teilchenbeschleuniger haben wir aber sehr erfolgreich auf unsere Bedürfnisse angepasst. Damit wir aber diese Methoden und Technologien aus der Grundlagenforschung auf unsere Probleme anwenden können, müssen wir Mitarbeiter haben, die schon Erfahrung in Forschung gemacht haben.

#### **Vorstandsvorsitzender:**

Forschung-Experten bekommen wir aber auch günstiger, indem wir junge Wissenschaftler von den Universitäten abwerben. Dort haben sie schon eine ausreichend gute Ausbildung genossen.

■

## C.8 Material Wirtschaft 6

WISSENSCHAFTLICHES PAPER

# Halbleiter-Strahlungsdetektoren mit hoher örtlicher Auflösung für medizinischen Anwendungen

von Michael Mix (Abteilung Nuklearmedizin der Radiologischen Universitätsklinik Freiburg) und Simon Procz (Freiburger Materialforschungszentrum FMF der Albert-Ludwigs-Universität Freiburg)

---

### Einleitung

Ziel von nichtinvasiven medizinischen Diagnostiken wie z.B. der diagnostischen Radiologie ist der maximale Gewinn von qualitativen und quantitativen Informationen mit möglichst niedrigem Zeit- und Kostenaufwand bei gleichzeitig minimalem Risiko für den zu untersuchenden Patienten und das medizinische Bedienungspersonal. Mit dem Fortschritt digitaler Technologien in den 80-er Jahren und der Entwicklung digitaler Röntgendetektoren wird diese Aufgabe mit zwei konkurrierenden Ansätzen erfolgreich bearbeitet und hat bereits das Niveau einer kommerziellen Anwendung erreicht. Eine Möglichkeit ist die indirekte Detektion mittels Szintillatoren, der zweite Ansatz

ist der Einsatz von Halbleitern für die direkte Umwandlung von Strahlung in Ladung. Der Einsatz digitaler Detektortechnologie erfordert die Kombination von höchstefizienten Detektormaterialien und entsprechender Ausleselektronik.

---

### Material und Methoden

Der aktuelle Stand der Technik für Auslesesysteme ist die Entwicklung von photonenzählender Ausleseelektronik (Photon Counting Chip, PCC), die nicht nur ortsauflöst die Anzahl der Röntgenquanten sondern auch deren Energie detektiert. Ein solcher PCC ist der Medipix 2 Chip, der im Rahmen der Medipix Kollaboration am Europäischen Zentrum für Kernforschung CERN entwickelt wird.[...] ■



## D Kritik & Anregungen

**Expertengruppe: Philosophen****Textauswahl: Schwierigkeitsgrad angemessen?**

*zu leicht: die Antwort für Aufgabe 2 stand direkt in Text 3*

z.B. *zu schwer: zu Aufgabe 3 fand ich in keinem Text Informationen/  
konnte Informationen nicht einordnen*

**Textauswahl: Ausgewogenheit?**

*nicht ausgewogen, da Text 1, 2 und 5 eindeutig pro, nur Text 3  
z.B. contra*

**Aufgabenstellung klar?:**

z.B. *Bei Aufgabe 2 wusste ich gar nicht was verlangt war?*

**Weitere Anregungen & Kritik:** (wenn nicht genug Platz, bitte auf Rückseite)

**Benötigte Zeit zur Bearbeitung der Teilaufgabe:**

Texte lesen \_\_\_min 1 \_\_\_min A2 \_\_\_min A3 \_\_\_min

**Expertengruppe: Wirtschaft****Textauswahl: Schwierigkeitsgrad angemessen?**

*zu leicht: die Antwort für Aufgabe 2 stand direkt in Text 3*

z.B. *zu schwer: zu Aufgabe 3 fand ich in keinem Text Informationen/  
konnte Informationen nicht einordnen*

**Textauswahl: Ausgewogenheit?**

*nicht ausgewogen, da Text 1, 2 und 5 eindeutig pro, nur Text 3  
z.B. contra*

**Aufgabenstellung klar?:**

z.B. *Bei Aufgabe 2 wusste ich gar nicht was verlangt war?*

**Weitere Anregungen & Kritik:** (wenn nicht genug Platz, bitte auf Rückseite)

**Benötigte Zeit zur Bearbeitung der Teilaufgabe:**

Texte lesen \_\_\_min A1 \_\_\_min A1b \_\_\_min A2 \_\_\_min A3 \_\_\_min A4  
\_\_\_min

## D.1 Quellen zu Daten in Übersicht Teilchenbeschleuniger

**SLC** Kollisionsenergie 91.2 GeV (WOODS 2001)

**RHIC** Kosten 617 Mil. \$(U.S. DEPARTMENT OF ENERGY 2002, S.1) Länge 3,9 km

**Bevatron** Kosten 9 Mil. \$(GILSON 2002) Betriebsdauer: 1954-1993 (GILSON 2002)  
Masse Anti-Proton  $938,3MeV$  / Anti-Neutron  $939,6MeV$  (CLOSE et al. 1989)

**SPEAR** Kosten (CLOSE et al. 1989, S.198)

**Petra** Kollisionsenergie? 38 GeV (49)(pro Strahl) (FLEGEL 2010, S.28) 23 GeV(CLOSE et al. 1989, S.207) Länge 2,3 km (FLEGEL 2010, S.14) Kosten 80 Mil. DM (FLEGEL 2010, S.28)

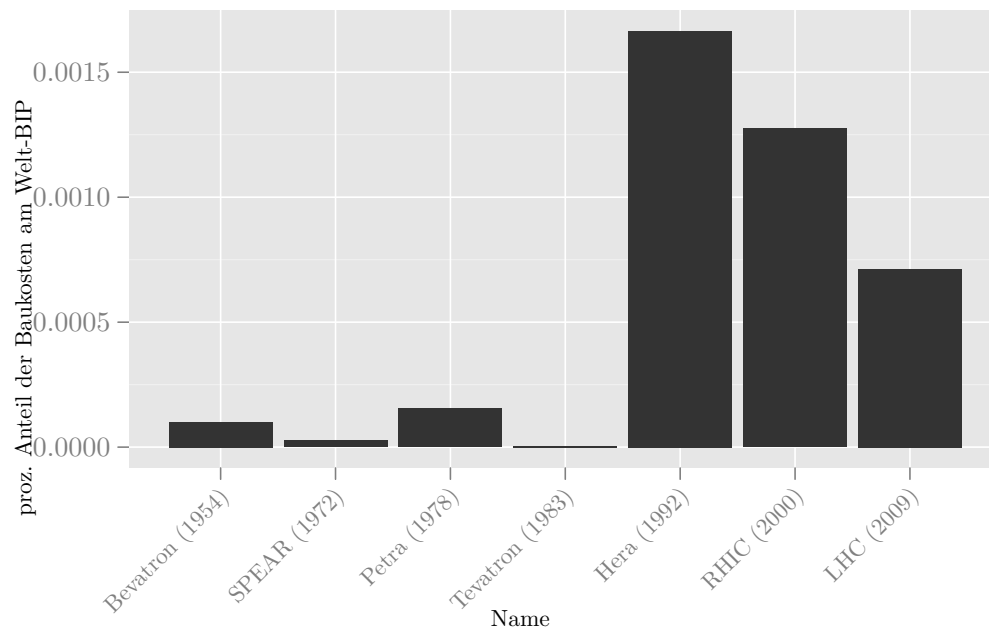
**Hera** Elektronen Energie 27,5 GeV Protonen 27,5 GeV Kosten 1010 Mil. DM (KAINHOFER 1996)

**ISR** Protonen Kollisionsenergie 63 GeV (CLOSE et al. 1989, S.208)

**LEP** Kollisionsenergie 209 GeV (CERN 2008)

**LHC** Kosten 3,9 Mrd € (DER STANDARD 2009)

**Tevatron** : Kosten 120 Mil. \$(265\$) (FERMILAB 2004) Top-Quark (NAKAMURA ET AL. (PARTICLE DATA GROUP) 2011) Energie 1,9 TeV (FERMILAB 2004)



**Abbildung 1:** Baukosten verschiedener Beschleunigeranlagen in Relation gesetzt zu Welt-Brutto-Inlands-Produkt des jeweiligen Jahres

## E Protokolle zum schulbezogenen Forschungspraktikum

### Kurzprotokoll: Dr. Ildikó Loop am 01.02.11

#### Anregungen und Kritik für Umsetzung in Schule:

- Behandlung der Lerninhalte in vorgeschlagenen Zeitrahmen unrealistisch.
- enaktive Darstellung von Streuversuchen: Dalton-Brett
- Schüler kennen Bilder von Teilchen in Brownsche Röhre, Massenspektrograph, Blaskammer, Röntgenröhre. Einführungsphase: Schüler beschreiben Vorgänge in Brownscher Röhre.
- Nebelkammerbilder ermöglichen Einführung von Paarbildung.
- Freihandversuch: Hall-Wachseffekt
- Für Schüler ist Analogie zwischen Photon-Materie und Materie-Materie Wechselwirkung schwer zuerkennen. Sehr zeitintensiv!

- Wenn man Atomkerne aufeinander schießt, zerfallen sie in Neutronen und Protonen.
- Wichtig: Viele Erarbeitungsphase. Lehrkraft nimmt sich zurück.