



Fermi-Aufgaben – Nähern und Abschätzen –

LUKAS, SEIWALD

LUKAS.SEIWALD@SBG.AT

Zusammenfassung

Fermi-Aufgaben sind ein gutes aber viel zu wenig genutztes Aufgabenformat. Benannt nach Enrico Fermi sind es Aufgaben, bei welchen man auf den ersten Blick nicht die leiseste Ahnung hat, wie die Antwort lauten könnte. Zudem ist man sich sicher, dass zu wenige Informationen angegeben sind, um überhaupt eine Lösung finden zu können. Nach längerem überlegen, kommt man jedoch mit einigen Vereinfachungen und Abschätzungen zu einem größenordnungsmäßig gutem Ergebnis. Jedoch sind die Schätzkompetenzen der Schülerinnen und Schüler bei weitem nicht so gut wie wir es uns vorstellen. Eine neue Studie zeigt, dass physikalische Größen durchwegs überschätzt werden. Diese Überschätzung reicht von einer bis zu drei Größenordnungen. Wir können also die Fermi-Aufgaben nicht nur dazu verwenden um unsere Kreativität und Problemlösefähigkeiten zu trainieren, sondern auch um unsere Schätzkompetenzen zu verbessern. Wie Fermi-Aufgaben im Unterricht verwendet werden können und ob dies immer sinnvoll ist, ist ebenfalls Teil dieses Artikels.

1 Einleitung

(Korioth, 2016)

Wie viele Friseursalons gibt es in Ihrer Stadt? Könnten Sie nach kurzer Überlegungszeit eine ungefähre Antwort abgeben? Diese Frage wurde einigen Lehramtsstudentinnen und Studenten des Unterrichtsfachs Physik an der Universität Salzburg gestellt. Die Antworten reichten von „Google!“ bis hin zu Proportionalitätsvergleichen zur eigenen Gemeinde. Nach einiger Diskussion lief es auf vier Kernfragen hinaus (vgl. Müller, 2001):

1. Wie oft geht jemand zum Friseur?
2. Wie viele Einwohner der Stadt gehen überhaupt zum Friseur?
3. Wie viele Kunden kann ein Friseur pro Tag bedienen?
4. Wie viele Friseure arbeiten im Schnitt in einem Salon?

Nach dem Beantworten dieser Fragen konnte eine relativ gute Näherung abgegeben werden. Was haben aber solche Fragen im Physikunterricht zu suchen und tragen sie zu einem Mehrwert des Unterrichts bei?

2 Enrico Fermi

Benannt sind die Fermi-Probleme nach Enrico Fermi. Fermi wurde 1901 in Rom geboren und starb 1954 in Chicago. 1938 erhielt er den Physiknobelpreis

„für die Bestimmung von neuen, durch Neutronenbeschuss erzeugten radioaktiven Elementen und die in Verbindung mit diesen Arbeiten durchgeführte Entdeckung der durch langsame Neutronen ausgelösten Kernreaktionen.“

Weshalb er auch als einer der bedeutendsten Physiker des 20. Jahrhunderts gilt. Enrico Fermi war bekannt für seine schnellen und größenordnungsmäßig richtigen Abschätzungen von physikalischen Größen. Robert Jungk (1956) überliefert uns in seinem Buch „Heller als tausend Sonnen“ eine Anekdote vom ersten Test der Atombombe, bei dem Fermi die Sprengkraft der Bombe dadurch abschätzte, dass er ein paar Grashalme in den, durch die Detonation ausgelösten, Wind streute und beobachtete, wie weit sie abgetrieben wurden. Daraus konnte er direkt vor Ort die ungefähre Sprengkraft der Bombe abschätzen, lange bevor die Sensormessungen ausgewertet waren. (vgl. Jungk, 2001) Eine weitere, keinesfalls amüsante Anekdote betrifft den Verlauf des 2. Weltkrieges. Im April 1943 schlug Fermi privat Robert Oppenheimer vor, mittels der radioaktiven Nebenprodukte aus der Anreicherung zum Beispiel in einer deutschen Großstadt die Lebensmittelvorräte zu verseuchen. Hintergrund war die erfreuliche Entwicklung des Kriegs, sodass dieser beendet sein würde, bevor die erste Atombombe einsatzbereit wäre. Fermi wollte erreichen, wenn schon kein Einsatz der Atombombe über Deutschland mehr möglich wäre, dass wenigstens noch auf andere Weise das radioaktive Material gegen Deutschland zum Einsatz käme. Oppenheimer war sehr angetan von Fermis Vorschlag. Auch weitere Physiker wurden unterrichtet. Edward Teller schlug die Verwendung von Strontium-90 vor. Oppenheimer ant-

wortete Fermi am 25. April 1943, dass aus Gründen der Geheimhaltung der Plan erst dann aktiv in Angriff genommen werden sollte, wenn genug Strontium-90 zur Verfügung stehen würde, um sicher mindestens eine halbe Million deutsche Zivilisten auf einen Schlag damit zu töten. (vgl. Rhodes, 1988) Eines der bekanntesten Fermi-Probleme ist die Frage: „Wie viele Klavierstimmer gibt es in Chicago?“ Diese Frage konnte Fermi ebenfalls größenordnungsmäßig richtig beantworten.

3 Eigenschaften von Fermi-Aufgaben

3.1 Allgemein

Hans Christian von Baeyer beschreibt in seinem Essay „Fermis Lösung“ die charakteristische Gestalt von Fermi-Fragen:

„Eine FERMI-Frage hat eine charakteristische Gestalt. Beim ersten Anhören hat man nicht die leiseste Ahnung, wie die Antwort lauten könnte. Zudem ist man sich sicher, dass zu wenige Informationen angegeben sind, um überhaupt eine Lösung finden zu können. Wenn man jedoch die Frage in Unterprobleme aufspaltet, von denen jedes einzelne gelöst werden kann, ohne dass man Experten oder Fachliteratur zu Rate zieht, so ist eine Abschätzung im Kopf oder auf der Rückseite eines Briefumschlages möglich, die der exakten Lösung erstaunlich nahe kommt.“ (Baeyer, 1996, S. 11)

Typisch bei diesen Fragen ist der Alltagsbezug und die Tatsache, dass es vorerst unmöglich scheint diese Frage ohne Spezialwissen zu lösen. (d.h. ohne Internet, Telefonbuch etc.)

„Die Kunst bei der Bearbeitung eines Fermi-Problems ist, auf die richtige Weise zum Kern des Problems vorzustoßen und das Problem auf systematische Weise zu strukturieren und aufzugliedern.“ (Müller, 2001, S. 3)

Es handelt sich mehr um eine Methode, mit welcher man Beispiele die auf den ersten Blick als zu schwierig erscheinen und zu deren Lösung zu wenig Informationen vorhanden sind, eine näherungsweise Antwort findet. Bei der Bearbeitung ist man auf Abschätzungen angewiesen, die sich meist auf Alltagserfahrungen und den gesunden Menschenverstand stützen. Beim Lösen solcher Probleme ist man weniger auf die exakte Lösung konzentriert sondern man will eine ungefähre Größenordnungsabschätzung erzielen. Durch die vielen Einzelschätzungen einer Aufgabe ist es eher unwahrscheinlich, dass sich diese in eine Richtung aufaddieren. Meist kompensieren sie sich durch überschätzen und unterschätzen. So erhält man am Ende

meist ein recht „gutes“ Ergebnis. (vgl. Müller, 2001)

3.2 Mögliche Definition und Einteilung

Büchter, Herget, Leuders und Müller haben sich mit der Frage beschäftigt „Woran erkennt man Fermi-Aufgaben?“ und fanden dabei mehrere Merkmale, die zusammengefasst eine Definition dieses Aufgabentyps sein könnten (Büchter et al, 2007, S. 6f):

- sind realitätsbezogen
- sind zugänglich
- fordern heraus
- sind offen
- fördern Kompetenzen
- erfordern Vergleichen und Überprüfen
- regen das Weiterfragen an
- öffnen den Blick für Mathematik in der Welt

Martin Sanetra teilt in seiner Bachelorarbeit die Fermi-Aufgaben in fünf Kategorien ein (vgl. Sanetra, 2010):

1. Schätzen und Überschlagen von Anzahlen und Größen.

Beispielfrage: Wie groß wäre wohl die Person, der dieser Schuh passen würde?



Abb. 1: Schuh
(<http://www.istockphoto.com/>)

Charakteristisch: Der Lösungsweg basiert auf mehrdimensionalem Schätzen und Überschlagen.

2. Veranschaulichung von gegebenen Anzahlen und Größen.

Beispielfrage: Das Elefantenbaby im Bild wiegt 140 kg und ist 1,20 m groß. Wie schwer ist wohl die Mutter?

Charakteristisch: Ein Größenverhältnis wird bildlich direkt veranschaulicht. Die Schülerinnen und Schüler müssen dieses Verhältnis be-



Abb. 2: Elefanten (<https://pixabay.com/de/>)

stimmen und auf ihrem Lösungsweg verwenden.

3. Gewinnen fehlender Daten aus Annahmen und Alltagssituationen.

Beispielfrage: Wie viele aufgepustete Luftballons passen in die Turnhalle der Schule?

Charakteristisch: Die Schülerinnen und Schüler müssen Daten aus ihren Alltagserfahrungen umsetzen, um mit ihnen rechnen zu können.

4. Experimentelles Überprüfen.

Beispielfrage: Wie lang ist eigentlich der Streifen Senf, der in einer Tube Senf steckt?

Charakteristisch: Die Aufgabe erlaubt es, die Lösung der Fragestellung experimentell zu bestimmen.

5. Recherchieren von Daten.

Beispielfrage: Wie lange braucht ein Fensterputzer, um das Empire State Building in New York zu putzen?

Charakteristisch: Wichtige Angaben, die für das Lösen der Aufgabe unentbehrlich sind, sind nicht gegeben. Diese sind jedoch von den Schülerinnen und Schülern selbst recherchierbar.

3.3 Modellierungskreislauf

Beim Lösen von Fermi-Aufgaben entsteht bei jedem Schüler und, jeder Schülerin ein individueller Modellierungsprozess (Siehe Abb. 3) abhängig vom Alltagswissen und der Erfahrung. Eine reale Situation wird durch Vereinfachung (erstellen von Unterfragen) und das Erheben von Daten in ein reales Modell umgewandelt. Durch das Mathematisieren entsteht ein mathematisches Modell. Nach dem Verknüpfen und Verarbeiten dieser Daten entsteht ein mathematisches Resultat, welches nach einer Interpretation mit der realen Situation verglichen wird. (Ist das Ergebnis logisch?) Diese Phasen des Modellierungsprozesses werden in der Regel mehrmals durchlaufen weil entsprechende Anpassungen in der Vereinfachung, Mathematisierung oder in der Verarbeitung vorgenommen werden. Am Ende sollte eine plausible Lösung des Problems vorliegen. Innerhalb dieses Modellierungsprozesses werden folgende prozessbezogene Kompetenzen gefordert und gefördert:

1. Problemlösen und kreativ sein

Durch die offene Aufgabenstellung ermöglichen Fermi-Aufgaben das Lösen auf unterschiedlichstem Niveau mit verschiedenen Lösungswegen und Lösungsstrategien.

2. Argumentieren

Wir werden später sehen, dass Fermi-Aufgaben mit wissenschaftlichen Hintergrund am besten in Kleingruppen durchzuführen sind. Dadurch wird die Kompetenz „Argumentieren“ besonders gefördert. Die Schülerinnen und Schüler müssen in der Gruppe ihren Lösungsweg erklären und ihn in Diskussionen vertreten sowie

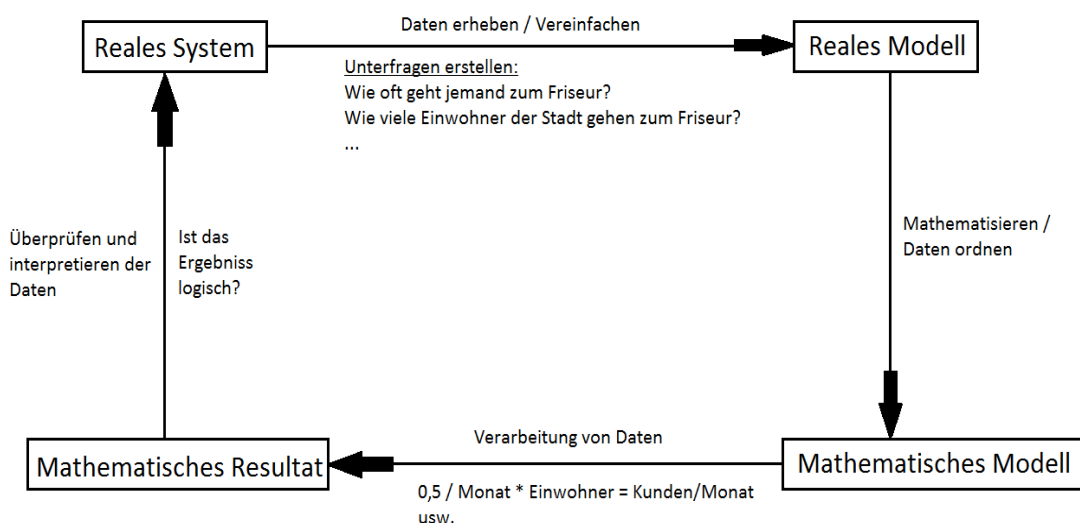


Abb. 3: Modellierungsprozess am Beispiel der "Friseur-Aufgabe", modifiziert nach Vorlage aus (Peter-Koop, 2003, S. 112)

begründen. Auch das gesamte Gruppenergebnis muss im Klassenplenum vorgestellt werden und gegen kritische Fragen der anderen Gruppen bestehen. Dies schult auch das Hinterfragen und die Eigenschaft, Kritik angemessen zu formulieren.

3. Darstellen und Kommunizieren

Durch das gemeinsame Arbeiten wird die Zusammenarbeit und Interaktion der Schülerinnen und Schüler gefördert. Beim Diskutieren in der Gruppe lernen sie Gedanken anderer aufzunehmen und weiter zu führen. Während des Lösungsprozesses müssen die Gedanken und Ergebnisse übersichtlich und verständlich dokumentiert werden, was die Kompetenz „Darstellen“ erheblich stärkt. (vgl. Schemel, 2010)

4 Studie zur Schätzkompetenz

4.1 Ablauf der Studie

„Das Abschätzen von physikalischen Größen gehört nicht nur zu den allgemeinen Fähigkeiten eines Physikers, es ist auch ein täglicher Bestandteil des Lebens von Schülern und Erwachsenen.“ (Stinken, 2015, S. 1)

Studien die im Bereich der Mathematik durchgeführt wurden zeigen, dass Schülerinnen und Schüler und Erwachsene große Defizite beim Abschätzen von Längen, Massen und Temperaturen haben. Jedoch gab es noch keine Untersuchungen die weitere physikalische Größen (Geschwindigkeit, Beschleunigung, Kraft, Energie, Leistung und Stromstärke) analysieren. Dies wurde nun von der westfälischen Wilhelms-Universität Münster durchgeführt und die ersten Ergebnisse während der Frühjahrstagung 2015 vorgestellt. Untersucht wurden 229 Schülerinnen und Schüler der achten bis zehnten Klasse und 95 Studentinnen und Studenten des ersten Semesters. Die Daten wurden mittels Fragebogen ermittelt. Der Fragebogen bestand aus neun Aufgaben, je eine pro physikalische Größe. Es wurden die Größen Länge, Masse, Temperatur, Kraft, Beschleunigung, Geschwindigkeit, Stromstärke, Leistung und Energie untersucht. Beispielsweise mussten die Schülerinnen und Schüler die Masse eines 2€-Stücks schätzen und in einem Antwortraster (siehe Abb. 4) das Ergebnis eintragen.

Durch das Eintragen in den Raster konnte sichergestellt werden, dass nicht beliebige Zahlenwerte auftreten. (vgl. Stinken, 2015)

4.2 Ergebnisse

Für die Analyse wurde zuerst für jede Messgröße die relative Abweichung rA_i von der zsG (zu schätzenden Größe) berechnet. D.h. wenn eine

Testperson 3000kg schätzt und die zsG tatsächlich 1500kg beträgt dann hat der Schüler eine relative Abweichung rA_i von +2. Das bedeutet, er oder sie hat die zsG um das doppelte überschätzt. Würde also die relative Abweichung gleich 1 sein, so wäre der Schätzwert und die zsG ident. Wird die zsG hingegen um eine (zwei) Größenordnung(en) überschätzt, so beträgt die relative Abweichung den Faktor 10 (100). Um ein Maß für die Schätzkompetenz der Schülerinnen und Schüler zu erhalten, wurden im Anschluss die verschiedenen Unterpunkte einer Aufgabe mit Hilfe des arithmetischen Mittels zusammengefasst. Daraus ergibt sich für jede der neun untersuchten Größen eine durchschnittliche relative Abweichung. Mithilfe dieser Daten konnte für jede physikalische Größe der Median, Mittelwert und die Standardabweichung berechnet werden. Wie man schon in der Tabelle 1 sieht, wurden alle untersuchten physikalischen Größen von den Schülerinnen und Schülern überschätzt. Die Mittelwerte schwanken von 1,9 (Temperatur) bis zu 7050 (Energie). Die kleinste Abweichung findet sich bei der Temperatur, gefolgt von Länge, Kraft und Masse. Das bedeutet, dass diese Größen am besten geschätzt wurden. Eine Abweichung von über zwei Größenordnungen treten bei den Schätzungen für Stromstärke, Beschleunigung, Leistung und Energie auf. Ähnliches zeugt der Median. Wird die durchschnittliche Abweichung als Histogramm dargestellt, so erhält man genauere Details zur jeweiligen Schätzgröße. Betrachtet man die Länge (siehe Abb. 5), so sieht man, dass fast 50% der Schülerinnen und Schüler diese Größe abschätzen können.

Ungefähr 30% überschätzen die Länge um bis zu eine Größenordnung und 5% um bis zu zwei Größenordnungen. Auf der anderen Seite wird die Länge nur von 5% um eine Größenordnung unterschätzt.

Ordne die folgenden Gegenstände einer Masse zu.
 Hilfestellung: Masse einer Packung Mehl = 1kg = 1000g

a) 2€ Stück
 b) ...
 usw.

1000kg									
100kg									
10kg									
1kg									
100g									
10g									
1g									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9

Abb. 4: Antwortformat (nach Stinken, 2015, S. 2)

	$\widetilde{r_A}$	$\overline{r_A}$	σ_{r_A}
Masse	1,5	10,7	46,1
Länge	1,9	3,6	50,0
Temperatur	1,4	1,9	2,4
Kraft	1,4	4,2	13,0
Geschwindigkeit	3,2	15,0	91,4
Beschleunigung	47,8	171,2	392,2
Energie	408,5	7049,7	25082,2
Leistung	57,8	283,0	76,4
Stromstärke	67,4	162,6	295,5

Tab. 1: Faktoren, um die der Median, Mittelwert und die Standardabweichung von den zsG Abweichen für die neun untersuchten physikalischen Größen (nach Stinken, 2015, S. 3)

Hier wird ersichtlich, dass die befragte Schülerinnen und Schüler gute Vorstellungen im Bereich der Länge haben. Auch wird die Tendenz zum Überschätzen wieder sichtbar.

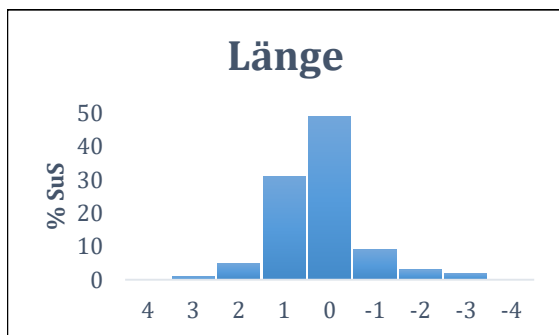


Abb. 5: Darstellung der durchschnittlichen Abweichung der Schätzungen als Histogramme. Eine Schätzung wird als adäquat angesehen (Abweichung um null Größenordnungen), wenn sie maximal $\pm 50\%$ von der zsG abweicht. (nach Stinken, 2015)

Im Gegensatz zur Länge können nur 6% der Schülerinnen und Schüler die Größe Energie (siehe Abb. 6) abschätzen. Die zsG wird von über 20% unterschätzt und von fast 50% überschätzt. Erstaunlich ist hier, dass ein Viertel der Befragten gar keine Schätzung abgeben. Man sieht, dass Schülerinnen und Schüler keine Vorstellungen von der Energie haben. Auch die klare Tendenz zum Überschätzen ist wieder sichtbar.

Im Großen und Ganzen können die Ergebnisse so erklärt werden, dass physikalische Größen mit denen die Schülerinnen und Schüler im Alltag vertraut sind, besser geschätzt werden als andere. Diese Größen wurden bereits früh im Unterricht eingeführt und später immer wieder vertieft. Es ist daher davon auszugehen, dass die Schülerinnen und Schüler durch den täglichen Umgang bessere Größenvorstellungen zu Mas-

se, Länge und Temperatur entwickelt haben. Der Vergleich zwischen Schüler- und Studentengruppe ergab keinen signifikanten Unterschied hinsichtlich der neun physikalischen Größen. Dies deutet darauf hin, dass die Schätzkompetenzen der Schülerinnen und Schüler aus der 8. bis 10. Klasse bis zum Abitur kaum anwächst. (vgl. Stinken, 2015)

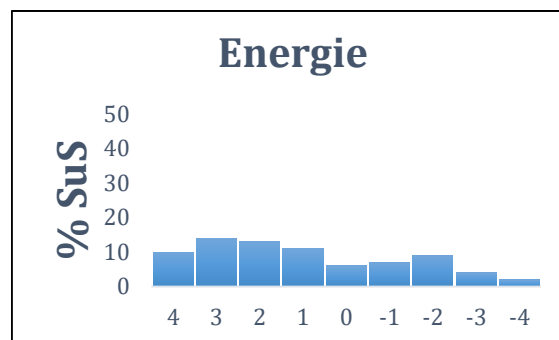


Abb. 6: Darstellung der durchschnittlichen Abweichung der Schätzungen als Histogramme. Eine Schätzung wird als adäquat angesehen (Abweichung um null Größenordnungen), wenn sie maximal $\pm 50\%$ von der zsG abweicht. (nach Stinken, 2015)

5 TIMSS-Studie 1995

Nachdem Deutschland sich 1995 an der TIMSS-Studie (Trends in International Mathematics and Science Study) beteiligte, zog das Thema Aufgabekultur an deutschen Schulen eine allgemeine Beachtung auf sich. Der „Mangel an Aufgabekultur“ wurde als einer der Gründe genannt warum Deutschland im internationalen Vergleich nur mittelmäßig abschnitt. In einer anschließenden BLK-Expertise (Bund-Länder-Kommission für Bildungsplanung und Forschungsförderung) wurde festgestellt, dass

„in der Weiterentwicklung von Aufgabenstellungen und der Form ihrer Bearbeitung [...] ein beträchtliches Potential zur Verbesserung des mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterrichts“ (BLK, 1997)

liegt. Als Problem wurde die derzeit vorherrschende Monokultur der Einsetzaufgaben gesehen. Diese sind zur Routinebildung zwar geeignet, können aber ohne physikalische Einsicht gelöst werden. Folgende Vorschläge zur Verbesserung wurden in der BLK-Expertise genannt:

1. „Aufgabentypen entwickeln, die mehrere Vorgehensweisen und unterschiedliche Lösungen zulassen.“
2. „Abwechslungsreiche Anwendungsaufgaben in variierenden Kontexten anbieten.“

3. „Auch länger zurückliegende Stoffinhalte in den Unterricht integrieren (vertikale Vernetzung)“ (Müller, 2001, S. 1)

Beim Durchlesen der Vorschläge fällt auf, dass die Fermi-Aufgaben eine attraktive und passende Ergänzung zu den herkömmlichen Aufgabentypen sein könnten. Beim Lösen dieser, werden die oben genannten Vorschläge allein schon durch die Art der Herangehensweise auf natürliche Weise umgesetzt. (vgl. Müller, 2011)

6 Fermi-Aufgaben als Verbesserung?

Wie können nun die Fermi-Aufgaben zur Verbesserung der Aufgabenkultur und zur Verbesserung der Schätzkompetenz beitragen? Im Laufe des Textes sollte ersichtlich geworden sein, dass Fermi-Aufgaben auch Fähigkeiten trainieren, die auch außerhalb der Physik als wichtig gelten. Müller (2001, S.3) nennt folgende:

- *Problemstrukturen zu durchschauen*
- *Komplexität zu reduzieren*
- *Abschätzungen vorzunehmen*
- *Größenordnungen zu beurteilen*

Auch die in der BLK-Expertise vorgeschlagenen Aspekte zur Verbesserung der Aufgabenkultur finden sich in den Fermi-Aufgaben wieder.

Zu [1]: Wie am Friseur Beispiel ersichtlich gibt es bei Fermi-Aufgaben mehrere Lösungswege die alle besser oder schlechter zu einer Lösung führen. Dies liegt daran, dass die Aufgabenstellungen nicht vorstrukturiert sind. Das heißt der Lösungsweg muss selbst gefunden werden, was eine Kreativität verlangt und diese auch fördert. Meist gibt es bei einer Aufgabe mehrere Lösungswege, die von unterschiedlicher Schwierigkeit sind.

Zu [2]: Interessante Kontexte kommen meist aus der Alltagswelt und sind häufig zu komplex um sie für herkömmliche Aufgabentypen zu verwenden. Es bietet sich daher an, die Aufgabe als Fermi-Problem zu stellen, wo durch viele Vereinfachungen eine normal schwer zu berechnende Größe plötzlich einfach abgeschätzt werden kann.

Zu [3]: Aufgaben aus dem Alltag halten sich nicht an den Physiklehrplan, so dass man gezwungen wird schon länger zurückliegende Stoffinhalte zu aktivieren und zu verwenden. Deshalb kommt hier die vertikale Vernetzung meist von selbst ins Spiel. (vgl. Müller, 2001)

Es deutet also alles darauf hin, dass Fermi-Aufgaben einen Mehrwert zur momentanen Aufgabenkultur beitragen würden. Wie sieht es aber jetzt in der Praxis aus?

7 Fermi-Aufgaben im Unterricht

Rainer Müller führte im Jahr 2000/01 an mehreren Gymnasien im Raum München eine Felduntersuchung durch um den Einsatz von Fermi-Aufgaben im Unterricht zu überprüfen. Es nahmen etwa 300 Schülerinnen und Schüler der Jahrgangsstufen 5-12 teil (1.Klasse bis 8. Klasse Gymnasium). Gestellt wurden Aufgaben die den zuletzt behandelten Stoff berücksichtigen. Eine anschließende Evaluation wurde mittels Fragebogen durchgeführt um die Meinungen der Schülerinnen und Schüler bezüglich Fermi-Aufgaben zu erhalten.

7.1 Ergebnisse

Das Interesse für die Aufgaben war im Durchschnitt sehr hoch. Viele Schülerinnen und Schüler fanden großen Gefallen daran, selbst aktiv zu werden. Manche jedoch lehnten den Aufgabentyp von vorn herein ab. Einige aus Unsicherheit und einige, weil sie solche ungenauen Fragestellungen als sinnlos betrachteten. Allerdings waren sich die Meisten darüber einig, dass solche Aufgaben etwas öfter bearbeitet werden könnten. Die Fragen aus dem Alltag wurden viel lieber behandelt als physikbezogene, obwohl bei diesen die Parameter oft leichter zu finden waren bzw. bereits angegeben waren. Viele der Schülerinnen und Schüler argumentierten: „Vom Alltag verstehe ich sowieso mehr als von der Physik, das ist viel einfacher“. Die Auswahl der Aufgaben wurde nach empfinden durchgeführt. „Diese Aufgabe sah einfacher aus.“, obwohl mit der angebotenen Hilfe bei einigen Aufgaben das Ergebnis schneller und mit höherer Genauigkeit erzielt hätte werden können. Bei der Frage nach den Fehlerquellen wurde das Schätzen als die größte eingestuft. Auch das Vertrauen in die Gültigkeit der Lösung war gering. Dies zeigt, dass Aufgaben, die keine exakte Lösung liefern für Schülerinnen und Schüler wertlos bzw. fragwürdig sind. Dies lässt sich womöglich auf den vorherrschenden Einsatz von Einsetzaufgaben zurückführen. Bei den Aufgaben, die in der Klassengemeinschaft gelöst wurden, wurde bereits ab der Unterstufe ein hohes Maß an Einfallsreichtum und Kreativität bemerkt. Der Grund liegt womöglich in der unterschiedlichen Arbeitssituation versteckt. In der Gemeinschaft darf diskutiert werden, bei Einzelarbeiten lässt man eher nur gesicherte Tatsachen einfließen. Dieses Potential sollte man im Physikunterricht nutzen und deshalb verstärkt auf eine Diskussionskultur hinarbeiten. (vgl. Müller, 2001)

7.2 Planung und Bearbeitung von Fermi-Aufgaben

Die Überforderung der Schülerinnen und Schüler ist zu vermeiden. Die Gewöhnung an einen neuen Aufgabentyp sollte langsam, aber stetig erfolgen. So erleben die Schülerinnen und Schüler Fermi-Aufgaben nicht mehr als zusätzlichen Lernstoff, sondern als Möglichkeit alternative Wege zu suchen und sich selbst einzubringen. Sind solche Beispiele erstmals in den Physikunterricht integriert, können sie das Bild der Physik positiv verändern und es wird die Notwendigkeit von Denkansätzen, Eigeninitiative, Modellbildung usw. erkannt. Fermi-Aufgaben mit wissenschaftlichem Hintergrund sollte man möglichst in Kleingruppen oder der Klassengemeinschaft einsetzen. Denn dort wird die Scheu vor dem Einbringen eigener Gedanken am besten überwunden und fachliches Argumentieren geübt. Ebenfalls bieten sich Hausaufgaben und Projektarbeiten an. Der zeitliche Aufwand ist sehr unterschiedlich, lässt sich jedoch am besten in der Klassengemeinschaft kontrollieren. Die Fragen müssen verständlich formuliert sein. Es muss klar sein, worum es geht. Wenn etwas trotzdem unterschiedlich aufgefasst wird, muss das nicht immer ein Problem sein. Schülerinnen und Schüler müssen selbst entscheiden was wichtig ist und was vernachlässigt werden kann. Indem man Tipps oder Hilfestellungen gibt, kann die Richtung der zu lösenden Aufgabe mehr oder weniger vorgegeben werden. (vgl. Müller, 2001)

8 Zusammenfassung

Aufgrund der schlechten Schätzkompetenzen von Schülerinnen und Schüler und des „Mangels an Aufgabekultur“ bieten sich Fermi-Aufgaben als gute Alternative zu herkömmlichen Einsetzungsaufgaben im naturwissenschaftlichen Unterricht an. Da das Schätzen bei Fermi-Aufgaben eine sehr wichtige Rolle spielt, kann die Schätzkompetenz der Schülerinnen und Schüler gesteigert werden. Dies muss jedoch in weiteren Untersuchungen erst genauer überprüft und bewiesen werden. Die Fermi-Methode sollte uns als neue und leistungsfähige Maßnahme zur Verfügung stehen und dem Physikunterricht neue Impulse geben. Wie auch andere Methoden hat sie Vor- und Nachteile die sorgfältig gegeneinander abgewogen werden müssen.

9 Literaturverzeichnis

Baeyer, H. (1997). Essay: Fermis Lösung. In P. A. Tipler, *Tipler*. Heidelberg-Berlin-Oxford: Spektrum Akademischer Verlag.
 BLK. (1997). Steigerung der Effizienz des mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterrichts.

Büchter, A., Herget, W., Leuders, T., & Müller, J.-H. (2007). *Die Fermi-Box. Lehrerkommentar*. Berlin: Verlag für pädagogische Medien.
 Jungk, R. (1962). *Heller als tausend Sonnen*. Gütersloh: Bertelsmann.
 Koriath, D. (10. 02 2016). *Geboren.am*. Von <http://geboren.am/nobelpreise/physik#1930er> abgerufen
 Müller, R. (2001). Fermiprobleme als Beitrag zu einer neuen Aufgabekultur. *Praxis der Naturwissenschaften - Physik in der Schule* 8/50.
 Müller, R. (2001). Fermiprobleme im Unterrichtspraktischen Einsatz. *Praxis der Naturwissenschaften - Physik in der Schule* 8/50.
 Peter-Koop, A. (2003). Wie viele Autos stehen in einem 3-km-Stau? Modellbildungsprozesse beim Bearbeiten von Fermi-Problemen in Kleingruppen. In A. Peter-Koop, & S. Ruwisch, *Gute Aufgaben im Mathematikunterricht der Grundschule*. Offenburg: Mildenerger Verlag.
 Rhodes, R. (1988). *Die Atombombe oder die Geschichte des 8. Schöpfungstages*. Nördlingen: Greno.
 Sanetra, M. (2010). *Der Beitrag von Fermi-Aufgaben zur Selbstwirksamkeit*. Von http://martin.sanetra.org/Beitrag_von_Fermi-Aufgaben_zur_Selbstwirksamkeit.pdf abgerufen
 Schemel, V. (2010). *Fermi-Aufgaben: Nicht nur Frage-Rechnung-Antwort!* Von http://pikas.dzlm.de/upload/Material/Haus_7_-_Gute_-_Aufgaben/IM/Informationstexte/H7_IM_Fermi-Aufgaben.pdf abgerufen
 Stinken, L. (2015). *Schätzkompetenz von Schülerinnen und Schülern in der Sekundarstufe I*. Von <https://pixabay.com/de/> abgerufen (10.02.2015)