

Schätzkompetenz von Schülerinnen und Schülern in der Sekundarstufe I

- erste Ergebnisse einer Fragebogenerhebung zur Schätzkompetenz -

Lisa Stinken*

*Westfälische Wilhelms-Universität Münster
Lisa.Stinken@uni-muenster.de

Kurzfassung

Das Abschätzen von physikalischen Größen gehört nicht nur zu den allgemeinen Fähigkeiten eines Physikers (Reif, 1979), es ist auch ein täglicher Bestandteil des Lebens von Schülern und Erwachsenen (Joram, 1998). Studien aus der Mathematikdidaktik haben jedoch gezeigt, dass sowohl Schüler, wie auch Erwachsene große Defizite beim Abschätzen von Längen, Massen und Temperaturen haben (Crawford, 1952; Corle, 1960, 1963; Reys et al., 1982; Hildreth, 1983; Crites, 1992; Joram, 2005). Als Erweiterung zu diesen Ergebnissen wurde erstmalig die Schätzkompetenz von 229 Schülerinnen und Schüler der achten bis zehnten Klasse und 95 Studentinnen und Studenten des ersten Semesters hinsichtlich weiterer physikalischen Größen (Geschwindigkeit, Beschleunigung, Kraft, Energie, Leistung und Stromstärke) analysiert. Die Ergebnisse zeigen, dass Schülerinnen und Schüler physikalische Größen, die sie über ihre Sinne wahrnehmen können, genauer abschätzen können als komplexere Größen wie Energie oder Leistung. Insgesamt konnte eine Tendenz der Schülerinnen und Schülern zum Überschätzen festgestellt werden. Wahrnehmbare Größen wurden lediglich leicht, komplexe Größen jedoch um bis zu einem Faktor von 1000 überschätzt. Ein Vergleich der untersuchten Schüler- und Studentengruppe ergab keinerlei signifikante Unterschiede hinsichtlich ihrer Schätzkompetenz. Es konnte somit kein Zuwachs der Schätzkompetenz zwischen der 8. bis 10. Klasse und dem Abitur nachgewiesen werden. Dies legt nahe, dass diese Kompetenz nicht gezielt gefördert wird.

1. Einleitung

Das Abschätzen von physikalischen Größen hat eine große Bedeutung in der Mathematik und den Naturwissenschaften. Geschätzt wird nicht einzig im Klassenzimmer oder im Labor, auch im Alltagsleben spielen Schätzungen eine wichtige Rolle. Wie lange brauche ich von zu Hause bis zur Schule? Kann ich noch vor dem nächsten Auto die Straße überqueren? Wieviel Geschenkpapier brauche ich, um das Geburtstagsgeschenk für meinen Bruder einzupacken?

Oft sind Schätzungen die einzige Möglichkeit, ein Ergebnis zu erzielen, etwa wenn keine Messung möglich ist oder kein Messinstrument zur Hand ist, nicht alle benötigten Daten bekannt sind oder die Situation zu komplex für explizite Rechnungen ist. Das Abschätzen von Größen ist im Vergleich zur Messung oder zur exakten Berechnung der Größen zeitsparend und kann einen schnellen Überblick über eine unbekannt Situation geben. Auch können Schätzungen als Basis zur Entscheidungsfindung dienen, nicht nur in der Mathematik oder den Naturwissenschaften, sondern auch in Wirtschaft und Politik. Aus diesen Gründen ist ein übergeordnetes Ziel der Naturwissenschaften die Schülerinnen und

Schüler in die Lage zu versetzen adäquate Abschätzungen machen zu können.

Schaut man auf die aktuelle Unterrichtskultur, so wird die Schätzkompetenz meistens implizit im Unterricht behandelt. Aber ist diese Vorgehensweise zielführend? Wie kann die Schätzkompetenz der Schülerinnen und Schüler gestärkt werden? Welche Strategien verwenden Schülerinnen und Schüler beim Abschätzen von physikalischen Größen und welche dieser Strategien liefern die besten Schätzungen?

2. Stand der Forschung

US-Studien aus der Mathematikdidaktik haben gezeigt, dass sowohl Schülerinnen und Schüler, als auch Erwachsene große Defizite beim Abschätzen physikalischer Größen haben (Crawford & Zylstra, 1952; Reys et al. 1982; Hildreth, 1983; Crites, 1992; Joram et al., 2005). Jedoch konzentrierten sich bisherige Studien auf Größen die im Mathematikunterricht eine wichtige Rolle spielen wie etwa Anzahl, Länge oder Fläche. Bisher gibt es nur wenige Studien die auch Größen aus dem Physikunterricht wie Geschwindigkeit, Zeit oder Temperatur beinhaltet

haben (e. g. Corle, 1960; 1963). Ein Ziel unserer Studie ist es, diese Lücke zu füllen und die Schätzkompetenz der Schülerinnen und Schüler hinsichtlich wichtiger Größen, die im Physikunterricht behandelt werden, zu untersuchen. Zudem soll überprüft werden, ob die Ergebnisse der amerikanischen Studien die Schätzkompetenz der deutschen Schülerinnen und Schüler adäquat widerspiegelt.

3. Methoden / Studiendesign

Um die Schätzkompetenz der Schülerinnen und Schüler zu ermitteln, wurde ein Fragebogen mit verschiedenen Schätzaufgaben entwickelt. Der Fragebogen besteht aus neun Aufgaben, je eine pro physikalischer Größe. Untersucht wurden die Größen Länge, Masse, Temperatur, Kraft, Beschleunigung, Geschwindigkeit, Stromstärke, Leistung und Energie. In jeder Aufgabe wurden die Schülerinnen und Schüler gebeten, verschiedene Gegenstände oder Handlungen (zsG: „zu schätzende Größe/n“) hinsichtlich einer physikalischen Größe abzuschätzen. Zur Orientierung ist zu Beginn jeder Aufgabe ein Beispiel als Hilfestellung gegeben. Eine Musteraufgabe findet sich in der Abb. 1. In dieser Aufgabe sollen die Schülerinnen und Schüler die Masse von sechs vorgegebenen Gegenständen abschätzen. Die Aufgaben besitzen alle ein halboffenes Antwortformat. Die Schülerinnen und Schüler werden gebeten, ihre Schätzung in der vorgegebenen Tabelle zu markieren, dabei stellen die Zeilen der Tabelle die Größenordnung dar, die Spalten die Vielfachen der jeweiligen Größenordnungen. Schätzt ein Schüler beispielsweise die Masse eines 2€-Stücks auf 20g, so markiert er die Schätzung indem er ein „a“ in der zweiten Zeile von unten („10g“) auf der Höhe der „2“ macht.

Ordne die folgenden Gegenstände / Handlungen der entsprechenden **Masse** zu:

Hilfestellung: Masse einer Packung Mehl ≈ 1kg ≈ 1000g

a) 2€-Stück
 b) Kleinwagen
 c) Schäferhund
 d) Handy
 e) Ananas
 f) Ziegelstein

1.000kg									
100kg									
10kg									
1kg									
100g									
10g		a)							
1g									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9

Abb.1: Beispielaufgabe des Fragebogens. Die Schülerinnen und Schüler sollen die Masse von sechs vorgegebenen Objekten abzuschätzen.

Dieses Antwortformat hat den Vorteil, dass der Bereich, in dem die Schätzungen der Schülerinnen und Schüler liegen nach oben und unten begrenzt ist.

Auch können nicht beliebige Zahlenwerte oder Einheiten auftreten.

Um sicher zu stellen, dass alle zsG den Schülerinnen und Schüler bekannt sind und dass die Aufgabenstellungen für die Zielgruppe verständlich formuliert sind, wurde eine Pilotierung mit einer kleinen Schülergruppe vorgenommen.

4. Ergebnisse

An der Fragebogenstudie haben 229 Schülerinnen und Schüler der 8. bis 10. Klasse aus Niedersachsen und Nordrhein-Westfalen und 95 Lehramtsstudenten teilgenommen. Für die Analyse der Daten wurde zunächst für jedes Item die relative Abweichung rA_i von der zsG berechnet.

$$rA_i = \frac{\text{Schätzwert}_i}{\text{zsG}_i} \quad \{1\}$$

Mit Hilfe der relativen Abweichung können unterschiedliche Aufgabenitems direkt miteinander verglichen werden, auch wenn die zsG mehrere Größenordnungen auseinander liegen.

Liegt die relative Abweichung des Schätzwertes bei 1, so sind Schätzwert und zsG identisch. Wird die zsG um eine Größenordnung überschätzt, so beträgt die relative Abweichung den Faktor 10. Wird die zsG hingegen um eine Größenordnung unterschätzt, so ergibt sich eine relative Abweichung um den Faktor 0,1. Tabelle 1 gibt noch einmal einen Überblick über den Zusammenhang zwischen relativer Abweichung in Prozent, der Abweichung in Größenordnungen und der Abweichung um einen Faktor.

Relative Abweichung in %	Abweichung von der zsG in Größenordnungen	Abweichung von der zsG um den Faktor
-99,9%	-3 GO	0,001
-99%	-2 GO	0,01
-90%	-1 GO	0,1
0%	GO (zsG)	1
900%	+1 GO	10
9900%	+2 GO	100
99900%	+3 GO	1000

Tab.1: Zusammenhang zwischen relativer Abweichung, der Abweichung in Größenordnungen und der Abweichung um einen Faktor

Um ein Maß für die Schätzkompetenz der Schülerinnen und Schüler hinsichtlich einer physikalischen Größe zu erhalten wurden im Anschluss an die Berechnung der relativen Abweichungen die verschiedenen Items einer Aufgabe mit Hilfe des arithmetischen Mittels zusammengefasst. Es ergibt sich somit für jeden Schüler eine durchschnittliche relative

Abweichung \overline{rA} für die neun untersuchten physikalischen Größen.

$$\overline{rA} = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n rA_i \quad \{2\}$$

Anhand dieser Daten können für jede physikalische Größe die statistischen Kennwerte Median, Mittelwert und Standardabweichung der Schülerschätzungen bestimmt werden (siehe Tabelle 2).

Der Mittelwert der Schätzungen weicht um einen Faktor von 1,9 bis zu 7050 (Energie) von den zsG ab. Die kleinste Abweichung findet sich bei der Größe Temperatur, gefolgt von Länge, Kraft und Masse. Abweichungen von über zwei Größenordnungen treten bei den Schätzungen für Stromstärke, Beschleunigung, Leistung und Energie auf. Ein ähnliches Bild ergibt sich bei der Betrachtung des Medians. Zwar ist der Median stets geringer als der Mittelwert, dennoch ergeben sich Abweichungen um einen Faktor von 1,4 (Kraft und Temperatur) bis zu zwei Größenordnungen zu den zsG (Energie).

	\widetilde{rA}	\overline{rA}	σ_{rA}
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	295,9

Tab.2: Faktoren, um die der Median, der Mittelwertes und die Standardabweichung von den zsG abweichen für die neun untersuchten physikalischen Größen.

Im Mittel wurden alle untersuchten physikalischen Größen von den Schülerinnen und Schülern überschätzt.

Masse, Länge, Temperatur, Kraft und Geschwindigkeit wurden im Durchschnitt um bis zu einer Größenordnung überschätzt, Beschleunigung, Stromstärke, Leistung und Energie sogar um zwei bis zu drei Größenordnungen.

Da der Median für alle Items geringer ist als das arithmetische Mittel, bilden die Schätzungen der Schülerinnen und Schüler rechtsschiefe Datensätze. Eine Ursache für diese schiefe Verteilung ist die Tatsache, dass jede zsG maximal um ihren Betrag unterschätzt werden kann, hingegen ist die Überschätzung dieses Wertes nach oben hin lediglich durch das vorgegebene Antwortformat beschränkt (bis zu Faktor 1.000.000 möglich). Betrachtet man zudem die relativen Standardabweichungen für die einzelnen Items, so verstärkt sich der Eindruck einer

stark rechtsschiefen Verteilung. Bei lediglich fünf Items der Größen Masse, Länge und Temperatur ist die Standardabweichung geringer als der Mittelwert. Im Schnitt beträgt die Standardabweichung bis zu dem 4,4-fachen des arithmetischen Mittels. Einzig die Größe Kraft wurde von den Schülerinnen und Schülern gleichmäßig über- und unterschätzt.

In Abbildung 2 sind die durchschnittlichen Abweichungen der Schätzungen \overline{rA} als Histogramme dargestellt. Schätzungen die zwischen $\pm 50\%$ der zsG liegen werden als adäquat angesehen (Abweichung von null Größenordnungen), Abweichungen bis zu einer Größenordnung über und unter der zsG (Faktor 0,1 und 10) werden mit -1 und 1 bezeichnet, etc.

Betrachtet man beispielsweise die Größe Länge, so wird ersichtlich, dass fast 50% der Schülerinnen und Schüler diese Größe adäquat abschätzen können. Ungefähr 30% überschätzen Längen um bis zu einer Größenordnung, 5% bis zu zwei Größenordnungen. Hingegen wird die Länge nur von ca. 5% der Befragten um eine Größenordnung unterschätzt. Lediglich 2% der Befragten gaben keine Schätzung ab. Hier ist zum einen zu erkennen, dass die befragten Schülerinnen und Schüler gut ausgeprägte Größenvorstellungen im Bereich Länge haben, zum anderen, dass eine Tendenz zum Überschätzen von Größen vorliegt (vergleiche auch Masse und Temperatur).

Im Gegensatz dazu können lediglich 6% der Schülerinnen und Schüler die Größe Energie adäquat abschätzen. Die zsG werden von über 20% der Schülerinnen und Schüler unterschätzt, von fast 50% überschätzt. Knapp ein Viertel der Befragten gibt überhaupt keine Schätzung ab. Nur wenige der befragten Schülerinnen und Schüler haben ein ausgeprägtes Größenverständnis im Bereich Energie. Es ist eine klare Tendenz zum Überschätzen auch hier wieder erkennbar (vergleiche auch Leistung, Stromstärke und Beschleunigung).

Abbildung 3 zeigt die durchschnittlichen relativen Abweichungen \overline{rA} der Schülerschätzungen für jeden einzelnen Befragten als einzelne Messpunkte und zusätzlich die sich aus den Daten ergebenden Boxplots. Zur besseren Veranschaulichung wurden die relativen Abweichungen logarithmisch aufgetragen. Innerhalb der blauen Box liegen 50% der abgegebenen Schätzwerte, die rote Linie innerhalb der Box markiert den Median. Da die Verteilung der Schätzwerte nicht als Gaußverteilung angesehen werden kann sind der Quartilsabstand und die Standardabweichung nicht identisch. Die Whiskers sind in schwarz dargestellt. Es wird deutlich, dass die physikalischen Größen Masse, Länge und Temperatur von den Schülerinnen und Schülern nur gering überschätzt werden. Der Bereich in dem 50% der Schätzwerte liegen erstreckt sich über ungefähr eine halbe Größenordnung. Nur einzelne Schätzungen sind mehr als eine Größenordnung von den zsG entfernt. Dieses relativ gute Ergebnis kann dadurch erklärt werden, dass Masse, Länge und Temperatur

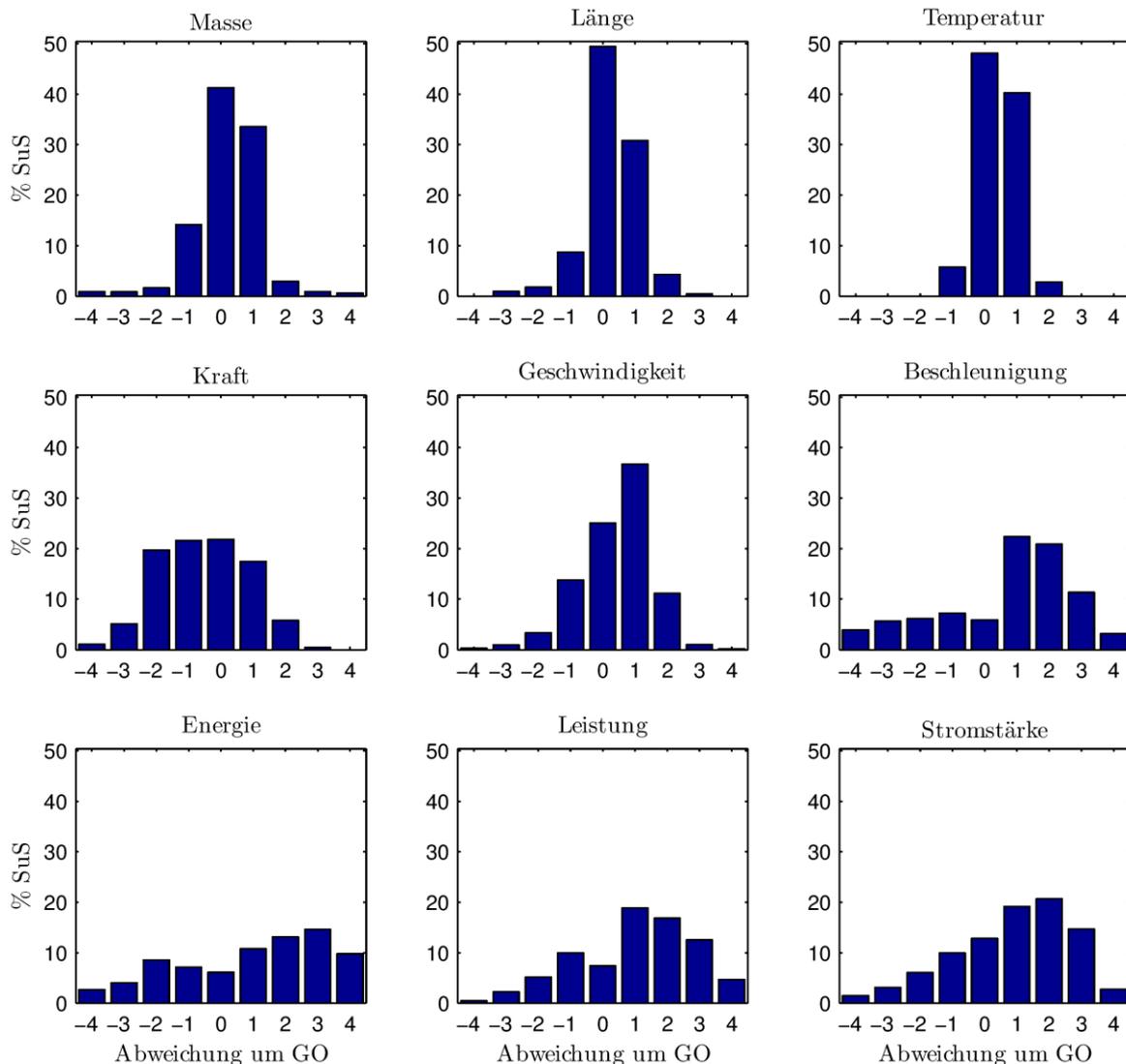


Abb.2: Darstellung der durchschnittlichen Abweichung der Schätzungen als Histogramme. Eine Schätzung wird als adäquat angesehen (Abweichung um null Größenordnungen), wenn sie maximal $\pm 50\%$ von der zsG abweicht.

physikalische Größen sind mit denen die Schülerinnen und Schüler durch ihren Alltag gut vertraut sind. Diese Größen wurden bereits früh im Unterricht der Grundschule eingeführt und im späteren Mathematik- und Physikunterricht zunehmend vertieft. Zudem können die Schülerinnen und Schüler diese Größen nicht nur über ihre eigenen Sinne wahrnehmen und „messen“, sie verwenden sie auch quantitativ in ihrer Alltagssprache. Es ist daher davon auszugehen, dass die Schülerinnen und Schüler durch den täglichen Umgang gute Größenvorstellungen zu Masse, Länge und Temperatur entwickelt haben.

Ein anderes Bild ergibt sich für die komplexeren physikalischen Größen Beschleunigung, Energie, Leistung und Stromstärke. Diese Größen werden von den Schülerinnen und Schülern sehr stark überschätzt, der Median liegt im Schnitt jeweils zwei bis drei Größenordnungen über der zsG. Auch streuen die Schätzwerte sehr stark, der Bereich in dem 50% der Schätzungen liegen erstreckt sich jeweils über ein bis zwei Größenordnungen.

Vergleicht man diese Ergebnisse mit bisherigen Studien so ergeben sich zum Beispiel Übereinstimmungen mit den Studien von Corle (1960; 1963). In seinen Studien zeigte sich, dass Schülerinnen und Schüler Temperaturen am besten abschätzen können, gefolgt von Volumen, Länge, Zeit und Masse. Dies entspricht den Ergebnissen der aktuellen Erhebung, betrachtet man nur die in beiden Erhebungen vorkommenden Größen (Temperatur, Länge und Masse). Bezüglich der Schätzkompetenz für die weiteren untersuchten Größen existieren keine vergleichbaren Studien.

Der Vergleich der Schüler- und Studentengruppe ergab keine signifikanten Unterschiede hinsichtlich der neun physikalischen Größen. Lediglich in sechs Einzelitems in den Bereichen Beschleunigung, Energie und Leistung schnitt die Studentengruppe signifikant besser ab als die Schülerinnen und Schüler. Dies deutet darauf hin, dass die Schätzkompetenz der Schülerinnen und Schüler kaum zwischen der 8. bis 10. Klasse und dem Abitur anwächst,

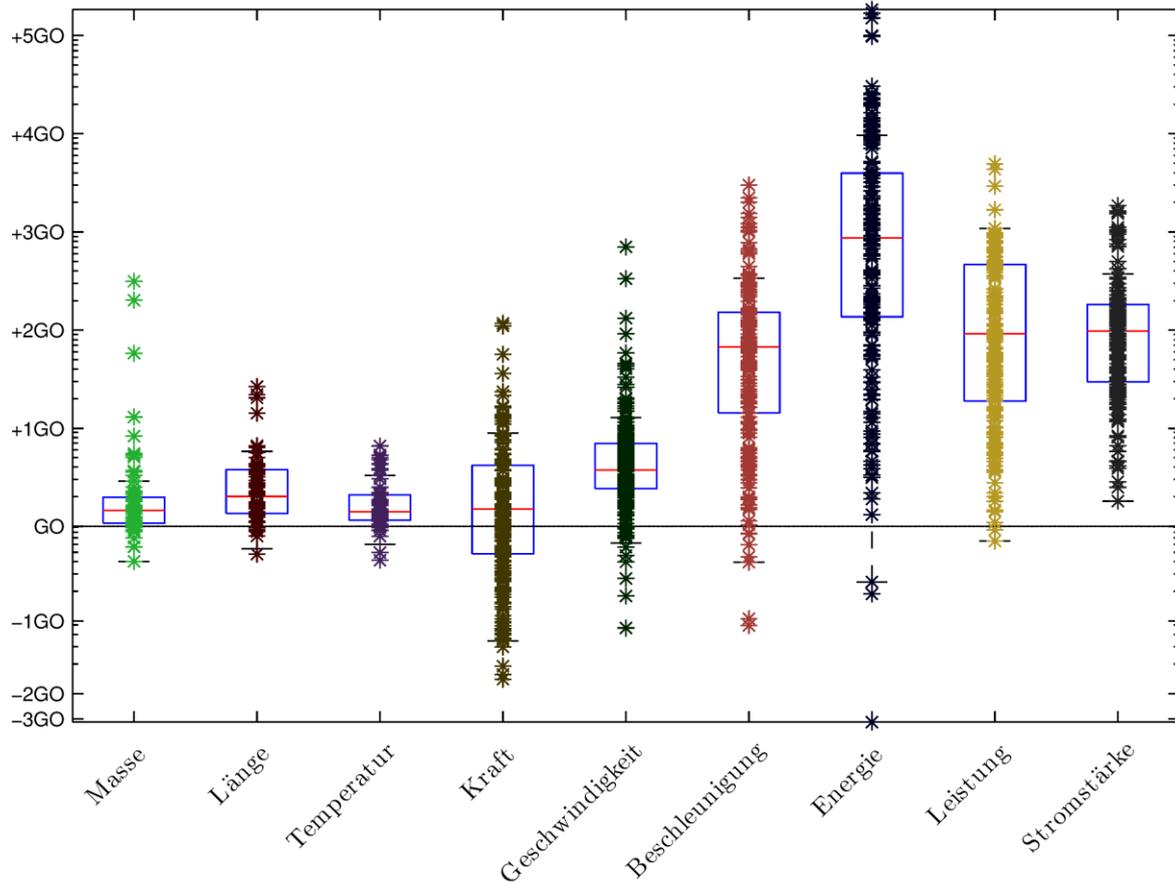


Abb.3: Darstellung der durchschnittlichen relativen Abweichung der Schätzwerte zu den zSG für die neun untersuchten Größen als Boxplots. Die Schätzungen der Schülerinnen und Schüler werden als einzelne Messpunkte dargestellt. Innerhalb der blauen Boxen liegen 50% der Schätzungen, der Median ist jeweils durch die rote Linie innerhalb der Box dargestellt.

wenn sie nur implizit im Physikunterricht behandelt wird.

5. Zusammenfassung und Ausblick

Die bisherigen Ergebnisse haben gezeigt, dass Schülerinnen und Schüler physikalische Größen, die sie über ihre Sinne wahrnehmen können (Masse, Länge, Temperatur, Kraft und Geschwindigkeit) genauer abschätzen können als komplexe physikalische Größen wie Leistung oder Stromstärke.

Insgesamt zeigen die Schülerinnen und Schüler eine Tendenz zum Überschätzen, um bis zu einer Größenordnung bei sinnlich wahrnehmbare Größen, bei komplexeren physikalischen Größen bis zu einem Faktor von 1000. Besonders gravierend sind die Ergebnisse hinsichtlich der Größe Energie: Im Schnitt wird die Energie um drei Größenordnungen, maximal bis zu fünf Größenordnungen, von den befragten Schülerinnen und Schülern überschätzt.

Ein Vergleich zwischen der Schüler- und Studentengruppe hat keinerlei signifikanten Unterschiede hinsichtlich der Schätzkompetenz der beiden Gruppen gezeigt.

Um die bisherigen Ergebnisse zu erweitern und besser mit den Studien aus der Mathematikdidaktik vergleichen zu können wurde ein neuer Fragebogen

entwickelt in dem die Größen Fläche, Volumen und Dichte mit aufgenommen wurden. Da sich bereits gezeigt hat, dass die Schätzkompetenz der Schülerinnen und Schüler besonders schlecht ist für abstrakte physikalische Größen, werden diese in der folgenden Studie nicht mehr untersucht. Die Folgestudie beinhaltet somit Aufgaben zur Schätzkompetenz zu den Größen Masse, Länge, Zeit, Temperatur, Kraft, Beschleunigung, Geschwindigkeit, Fläche, Volumen und Dichte.

Um zudem ein tieferes Verständnis für die Schätzkompetenz der Schülerinnen und Schüler zu gewinnen wird im nächsten Schritt eine ergänzende Interviewstudie stattfinden. Ziel dieser Studie ist es die Strategien, die Schülerinnen und Schüler beim Abschätzen verschiedener Größen verwenden, zu identifizieren und mit aus der Literatur bereits bekannten Strategien zu vergleichen (Forrester et al., 1990; Hildreth, 1983; Joram et al., 1998; Siegel et al., 1982). In den Interviews werden zwei verschiedene Typen von Schätzaufgaben behandelt: Abschätzungen in denen die zSG anwesend und Abschätzungen in denen die zSG abwesend ist. Es soll zum einen die Genauigkeit der Schätzwerte, zum anderen die verwendete Schätzstrategie bestimmt werden. Auf diese Weise lassen sich die gefundenen Schätzstrategien in verschiedene Kategorien abhängig von der physi-

kalischen Größe für die sie verwendet wurden, der An- oder Abwesenheit der zsG und der Genauigkeit der mit ihnen erzielten Schätzwerte einordnen. Zudem sollen die Schülerinnen und Schüler bei jeder Schätzaufgabe die Genauigkeit ihres gemachten Schätzwertes beurteilen.

6. Literatur

- [1] Corle, C. (1960): A Study of the Quantitative Values of Fifth and Sixth Grade Pupils. In: *The Arithmetic Teacher*, 7, 330-340
- [2] Corle, C. (1963): Estimates of quantity by elementary teachers and college juniors. In: *The Arithmetic Teacher*, 10, 347-353
- [3] Crawford, B.; Zylstra, E. (1952): A Study of High School Seniors Ability to Estimate Quantitative Measurements. In: *The Journal of Educational Research*, 46, 241-248
- [4] Crites, T. (1992): Skilled and Less Skilled Estimators' Strategies for Estimating Discrete Quantities. In: *The Elementary School Journal*, 92, 601-619
- [5] Forrester, M.; Latham, J.; Shire, B. (1990): Exploring Estimation in Young Primary School Children. In: *Educational Psychology*, 10, 283-300
- [6] Hildreth, D. (1983): The Use of Strategies in Estimating Measurements. In: *The Arithmetic Teacher*, 30, 50-54
- [7] Joram, E.; Subrahmanyam, K.; Gelman, R. (1998): Measurement Estimation: Learning to Map the Route From Number to Quantity and Back. In: *Review of Educational Research*, 68, 4013-449
- [8] Joram, E.; Gabriele, A.; Bertheau, M.; Gelman, R.; Subrahmanyam, K. (2005): Children's Use of the Reference Point Strategy for Measurement Estimation. In: *Journal for Research in Mathematics Education*, 36, 4-23
- [9] Reys, R.; Rybolt, J.; Bestgen, B.; Wyatt, J. (1982): Processes Used by Good Computational Estimators. In: *Journal for Research in Mathematics Education*, 13, 183-201
- [10] Siegel, A.; Goldsmith, L.; Madson, C. (1982): Skill in Estimation Problems of Extent and Numerosity. In: *Journal for Research in Mathematics Education*, 13, 211-232.