

Vergleich von Schülervorstellungen zur Elektrizitätslehre in Hessen und Weißrussland

Svetlana Müller*, Jan-Philipp Burde*, Thomas Wilhelm*

*Institut für Didaktik der Physik, Goethe-Universität Frankfurt, Max-von-Laue-Str. 1, 60438 Frankfurt
s1802549@stud.uni-frankfurt.de, burde@physik.uni-frankfurt.de, wilhelm@physik.uni-frankfurt.de

Kurzfassung

Schülervorstellungen zur Elektrizitätslehre sind bereits lange Gegenstand physikdidaktischer Forschung. Im Rahmen einer Staatsexamensarbeit wurde untersucht, inwieweit typische Schülervorstellungen nach dem Elektrizitätslehreunterricht der gymnasialen Sek. I in Hessen und Weißrussland auftreten. Genutzt wurde hierzu das Testinstrument zum Verständnis der Elektrizitätslehre nach Urban-Woldron, das zu diesem Zweck auch ins Russische übersetzt wurde. Der Test besteht aus 22 Items und ermöglicht eine gezielte Analyse der spezifischen Schülervorstellungen und Lernschwierigkeiten. An der Untersuchung nahmen in Hessen sechs Lehrkräfte mit 154 Schülerinnen und Schülern sowie in Weißrussland vier Lehrkräfte mit 145 Schülerinnen und Schülern teil. Die Ergebnisse der Untersuchung deuten auf erhebliche Unterschiede im Fachwissen der GymnasiastInnen in Hessen und Weißrussland hin, da die SchülerInnen aus Weißrussland bei allen Testitems eine höhere Lösungshäufigkeit als ihre Mitschüler aus Hessen zeigten. Während hessische Schüler im Mittel $\mu_{\text{Hessen}} = 7,8$ Items korrekt beantworten konnten, lag dieser Wert für weißrussische Schüler bei $\mu_{\text{Weißrussland}} = 12,9$. Die Unterschiede zwischen den beiden Schülergruppen sind hoch signifikant und werfen die Frage auf, wie diese zu erklären sind.

1. Einleitung

Schülervorstellungen und Lernschwierigkeiten in der Elektrizitätslehre sind seit langer Zeit wichtiger Gegenstand physikdidaktischer Forschung. Vor diesem Hintergrund wurde im Rahmen einer Staatsexamensarbeit untersucht, inwiefern typische, in der Literatur dokumentierte Schülervorstellungen nach dem gymnasialen Physikunterricht der Sek. I auftreten und inwiefern sich hier exemplarische Unterschiede zwischen hessischen und weißrussischen Gymnasien finden lassen. Zur Klärung dieser Frage wurde der Verständnistest zur Elektrizitätslehre von Urban-Woldron [1] in Kooperation mit sechs Lehrkräften in Hessen und vier Lehrkräften in Weißrussland durchgeführt. Im Folgenden werden zunächst die Unterschiede zwischen den Schulsystemen und dem Physikunterricht der beiden Länder dargestellt und die Testdurchführung erläutert, bevor anschließend die Ergebnisse des Ländervergleichstests vorgestellt und diskutiert werden.

2. Das hessische und weißrussische Schulsystem im Vergleich

Zwischen dem hessischen und weißrussischen Schulsystem bestehen einige bedeutende Unterschiede. Während in Deutschland aufgrund der föderalen Struktur der Bundesrepublik die Schulpolitik Ländersache ist und in Hessen den Schulen viel Freiraum zur Gestaltung des Unterrichts gelassen wird, ist die Bildungspolitik in Weißrussland gekennzeichnet durch einen hohen Grad an zentralistischer Organisation und Kontrolle durch das weißrussische Bildungsministerium.

Dies hat zur Folge, dass hessische Schulen einen verhältnismäßig hohen Grad an Autonomie bzgl. der für ein Thema aufzuwendenden Stunden und deren Reihenfolge sowie der zu verwendenden Methoden haben. Diese Offenheit spiegelt sich auch bei der Teilnahme an internationalen Vergleichsuntersuchungen zur Schulqualität wider, an denen Hessen seit dem Jahr 2000 z.B. durch die in der Öffentlichkeit bekanntgewordene PISA-Studie regelmäßig teilnimmt [2, 3]. Für den Zugang zum Gymnasium ist in Hessen allein der Elternwunsch entscheidend, so dass das Gymnasium die meist gewählte Schulart ist. Dementsprechend besuchten 1m Schuljahr 2013/14 von allen SchülerInnen der fünften Jahrgangsstufe 45 % das Gymnasium [4]. Für die siebte Jahrgangsstufe, in der die Elektrizitätslehre beginnt, kann für das Schuljahr 2013/14 festgestellt werden, dass 42 % aller hessischen SchülerInnen das Gymnasium besuchten, 20 % die integrierte Gesamtschule, 23 % die Realschule und 9 % die Hauptschule [4].

In Weißrussland hingegen werden die Lernziele, der Inhalt der Unterrichtsstunden als auch die Anzahl der für die einzelnen Themen zur Verfügung stehenden Stunden genau durch das Bildungsministerium vorgegeben und kontrolliert. Seit den Schulreformen in den Jahren 1996 und 2008 beträgt die Schulzeit in Weißrussland 11 Jahre und aus einer Sechs- wurde eine Fünf-Tage-Woche [5]. Gleichzeitig wurden neue Schularten wie Gymnasien und Lyzeen geschaffen. Die Zahl der Gymnasien ist in den letzten Jahren gestiegen, machte aber im Jahr 2011 erst 6 % aller Sekundarschulen aus [6]. Im Vergleich zu den

traditionellen Mittelschulen bieten diese Gymnasien bessere Bildung durch höherqualifizierte Lehrkräfte. Um einen Platz an einem Gymnasium zu bekommen, müssen die SchülerInnen nach der Grundschule Prüfungen in den Fächern Russisch, Weißrussisch und Mathematik ablegen. Im Jahr 2012 wurde diese gymnasiale Eingangsprüfung von 13,3 % aller SchülerInnen des Landes bestanden.

Aufgrund der politischen Isolation seit den Präsidentschaftswahlen im Jahr 1994 nimmt Weißrussland nicht an internationalen Bildungsprogrammen und Studien wie beispielsweise der Pisa-Studie teil. Erst im Mai 2015 hat sich Weißrussland dem Bologna-Prozess angeschlossen [7].

3. Vergleich des Physikunterrichts in Hessen und Weißrussland

In hessischen Gymnasien ist der Physikunterricht ab der 6. Jahrgangsstufe mit zwei Unterrichtsstunden pro Woche vorgesehen [8, S.21]. Die Inhalte orientieren sich dabei an den von der Kultusministerkonferenz im Jahr 2004 verabschiedeten Bildungsstandards, die sich im hessischen Kerncurriculum widerspiegeln und von jeder Schule weiter konkretisiert werden. Nach dem aktuellen hessischen Lehrplan für Gymnasien wird das Thema „Elektrizität“ in der 7. oder 8. Jahrgangsstufe behandelt. Dem Experimentieren wird dabei eine besondere Bedeutung zugeschrieben.

In Weißrussland wird Physik ab der 6. Jahrgangsstufe zunächst einstündig und ab der 7. Jahrgangsstufe zweistündig unterrichtet. Da der Physikunterricht in Weißrussland eine wichtige Rolle in den allgemeinbildenden Schulen spielt, kann auf Wunsch der Erziehungsberechtigten und mit Einverständnis der Schulleitung eine weitere Physikstunde pro Woche in der Schule angeboten werden [9]. Eine Analyse der Unterrichtsentwürfe des Bildungsministeriums zeigt, dass der lehrerzentrierte Unterricht den Physikunterricht in Weißrussland dominiert. Insbesondere spielen Demonstrationsexperimente und Rechenaufgaben im Gegensatz zu qualitativen Fragestellungen eine große Rolle [10, S.23-29]. Für die Elektrizitätslehre sind beispielsweise 35 Unterrichtsstunden in der Jahrgangsstufe 8 vorgesehen, wobei sechs Stunden alleine für Rechenaufgaben und weitere vier Stunden für Testaufgaben und Klassenarbeiten vorgesehen sind. Weitere vier Unterrichtsstunden sind hingegen für das selbstständige Experimentieren in Schülerexperimenten eingeplant [11, S.34-35], wobei der Fokus hier auf dem Beobachten physikalischer Phänomene, dem Überprüfen physikalischer Gesetze und eigener Hypothesen und dem Erlernen des Umgangs mit Messgeräten liegt [12].

4. Bekannte Schülervorstellungen

Schülervorstellungen und Lernschwierigkeiten zur Elektrizitätslehre sind in der Physikdidaktik bereits umfangreich untersucht und dokumentiert. Ein zentrales Ergebnis ist, dass viele SchülerInnen auch nach

dem Physikunterricht kein hinreichendes Verständnis physikalischer Konzepte entwickelt haben und Basisbegriffe nicht richtig verwenden können. Im Folgenden sollen einige typische Schülervorstellungen kurz dargestellt werden, die sich mit Hilfe des Testinstruments von Urban-Woldron erfassen und untersuchen lassen [1]:

- **Stromverbrauchsvorstellung:** SchülerInnen gehen davon aus, dass Strom ähnlich einer Flüssigkeit in einer Batterie gespeichert ist und von dort aus zur Lampe fließt, in der er ähnlich einem Brennstoff teilweise verbraucht wird.
- **Konstantstromvorstellung:** SchülerInnen sehen die Batterie nicht als Quelle konstanter Spannung, sondern als Quelle konstanten Stroms.
- **Inverse Widerstandsvorstellung:** SchülerInnen glauben, dass ein größerer Widerstand in einem Stromkreis zu einer Erhöhung der Stromstärke führt. Wieder andere SchülerInnen gehen davon aus, dass die Größe des Widerstands keinerlei Einfluss auf die Stromstärke habe.
- **Lokales Denken:** SchülerInnen sind der Überzeugung, der Strom teile sich an Verzweigungspunkten entsprechend der Anzahl der möglichen Verzweigungen auf - unabhängig von den im Stromkreis befindlichen Widerständen und Spannungen.
- **Sequentielle Argumentation:** SchülerInnen meinen, dass eine Änderung des Widerstands „hinten“ in einem Stromkreis keine Auswirkungen auf die Stromstärke durch ein Amperemeter „vorne“ im Stromkreis habe, da der Strom schon an diesem vorbeigeflossen sei.
- **Erkennen von Parallelschaltungen:** Häufig wird von SchülerInnen der Fehler gemacht, alleine von der geometrischen Anordnung eines Stromkreises darauf zu schließen, ob es sich um eine Parallelschaltung handelt oder nicht. In Folge werden parallel geschaltete Widerstände nur dann als solche erkannt, wenn sie parallel zueinander im Schaltplan eingezeichnet sind.

5. Testdurchführung

Die Untersuchung wurde mit Hilfe des Verständnistests nach Urban-Woldron [1] durchgeführt, der aus insgesamt 22 Items - darunter sieben zweistufige und ein dreistufiges - besteht und gezielt typische Schülervorstellungen in der Elektrizitätslehre überprüft. Um den Test auch in Weißrussland durchführen zu können, wurde dieser ins Russische übersetzt und zur Kontrolle von einer russischsprachigen und in Deutschland tätigen Physik- und Deutschlehrerin Korrektur gelesen.

An der Untersuchung nahmen in Hessen insgesamt sechs Lehrkräfte aus fünf Gymnasien mit 154 SchülerInnen (43 % Mädchen, 57 % Jungen) teil, während sich in Weißrussland vier Lehrkräfte aus zwei Gymnasien mit 145 SchülerInnen (52 % Mädchen, 48 % Jungen) beteiligten. Das Durchschnittsalter der

SchülerInnen in beiden Ländern betrug 14,6 Jahre. Die Erhebung der Daten fand Ende 2014 statt und hatte eine Rücklaufquote von 86 % in Hessen und 93 % in Weißrussland. Der Test wurde jeweils in dem auf die Behandlung der E-Lehre folgenden Schuljahr durchgeführt, weshalb zwischen der Behandlung des Themas und der Durchführung des Tests mindestens sechs Monate lagen.

In jeweils zwei Klassen in Hessen und Weißrussland wurde die Testdurchführung persönlich von der Verfasserin angeleitet. Dabei konnten alle Teilnehmenden den Test ohne Zeitbegrenzung bearbeiten, aber keine Hilfsmittel wie z.B. Bücher, Handys oder eigene Aufzeichnungen benutzen. Die Bearbeitung des Tests dauerte zwischen drei und 50 Minuten und betrug im Durchschnitt 15,6 Minuten. Die Testergebnisse wurden anonymisiert erhoben und ausgewertet.

6. Testergebnisse

Zunächst soll der Frage nachgegangen werden, wie viele SchülerInnen in Hessen und Weißrussland wie viele Items richtig gelöst haben. Zu diesem Zweck wird in Abbildung 1 die Verteilung der erreichten Punktezahlen für den gesamten Test aufgeschlüsselt nach dem jeweiligen Land dargestellt. Hessische SchülerInnen zeigen im Vergleich zu weißrussischen SchülerInnen eine hoch signifikant geringere Lösungshäufigkeit von $\mu_{\text{Hessen}} = 7,8$ verglichen mit $\mu_{\text{Weißrussland}} = 12,9$. Für Hessen liegt eine unsymmetrische, linkslastige Verteilung vor, während sie im Falle Weißrusslands rechtslastig ist. Innerhalb eines Landes ist die Trennschärfe der Lösungshäufigkeit relativ groß. Nur eine Testperson aus Hessen erreicht die maximale Punktzahl von 22 Punkten, während drei Testpersonen aus Weißrussland 21 Punkte erreichen. Während 53 % der hessischen SchülerInnen weniger als ein Drittel der Items (0 bis 9 Items) richtig beantworten, liegt dieser Anteil in Weißrussland bei nur 23 % der SchülerInnen. Das verhältnismäßig schlechte Abschneiden von 53 % der hessischen Schüler deckt sich mit Untersuchungen von Urban-Woldron, die hier in Österreich einen Wert von 52 % ermittelte [1, Abb. 5 auf S. 215].

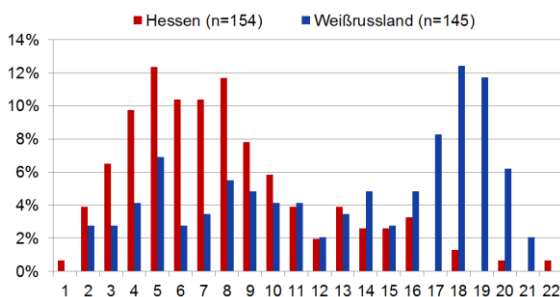


Abb. 1: Wie viele SchülerInnen haben wie viele Items richtig gelöst?

In der Abb. 2 werden die Ergebnisse der einzelnen Gymnasien dargestellt. Die Unterschiede zwischen den einzelnen Schulen in beiden Ländern sind erheb-

lich. Die höchste Durchschnittspunktzahl erreichte ein Gymnasium aus Weißrussland mit $\mu_{W1} = 14,3$, gefolgt von einem hessischen Gymnasium mit $\mu_{H7} = 12,3$. Alle anderen Gymnasien erreichten mit weniger als 10 korrekt gelösten Aufgaben relativ wenige Punkte. Die niedrigste Durchschnittspunktzahl hatte eine hessische Gymnasialklasse mit $\mu = 4,8$ Punkten (eine der drei Klassen der Schule Nr. 3).

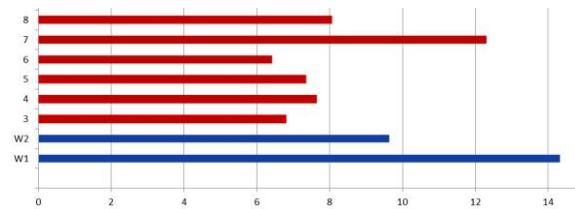


Abb. 2: Mittelwerte der korrekten Antworten in den teilnehmenden Gymnasien (rot: hessische Gymnasien, blau: weißrussische Gymnasien)

Eine Analyse der Lösungshäufigkeiten einzelner Items zeigt ein ähnliches Antwortverhalten hessischer und weißrussischer Schüler. Konkret scheinen bestimmte Items hessische und weißrussische SchülerInnen trotz der allgemein höheren Lösungshäufigkeit weißrussischer SchülerInnen in gleichem Maße vor besondere Probleme zu stellen. Aus Abb. 3 kann man deutlich erkennen, dass die SchülerInnen aus beiden Ländern etwas niedrige Lösungshäufigkeiten (weniger als 20 % in Hessen und weniger als 50 % in Weißrussland) bei den Items 6, 16, 20, 23 und 27 erreichen. Unter diesen Items sind zwei zweistufige Items (6, 23) und ein dreistufiges (27) zu finden.

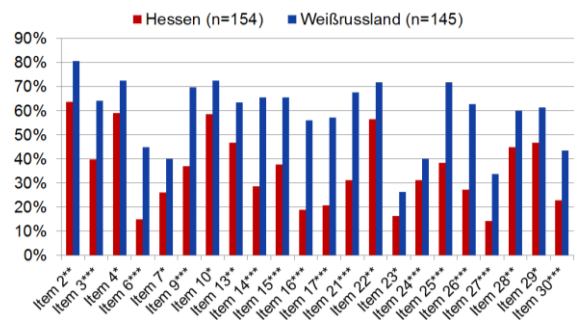


Abb. 3: Wie viele SchülerInnen haben welches Item richtig gelöst?

Zweistufige Items unterscheiden sich von einstufigen Items insofern, als dass bei ihnen neben einer Antwort auch eine Erklärung der Antwort verlangt wird. Der Vorteil einer solchen zweistufigen Konstruktion besteht darin, dass sie nicht nur eine Unterscheidung richtig/falsch erlaubt, sondern auch Einblicke in die hinter der jeweiligen Antwort stehenden Überlegungen ermöglicht und damit möglicherweise Schülervorstellungen aufdeckt. Auch ist es durch eine solche Konstruktion möglich, scheinbar korrekte Antworten zu identifizieren, hinter denen sich aber eine falsche Vorstellung auf Seiten der SchülerInnen verbirgt. Solche Antwortkombinationen, bei denen zu einer richtigen Antwort eine fal-

sche Erklärung gegeben wurde, sind in Abb. 4 dargestellt. Zu entnehmen ist, dass deutlich mehr hessische als weißrussische SchülerInnen korrekte Antworten geben, ohne diese jedoch korrekt begründen zu können.

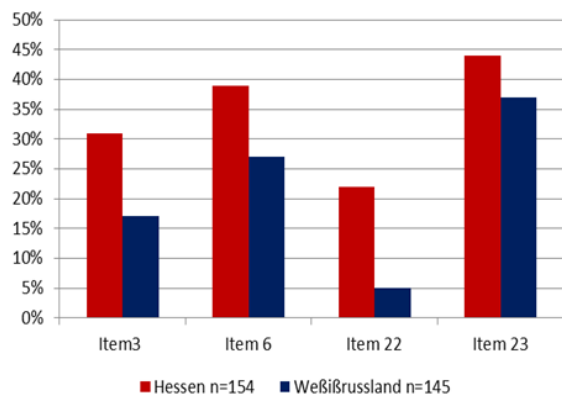


Abb. 4: Wie viele SchülerInnen wählen die Antwortkombination richtig-falsch (richtige Lösung, aber falsche Begründung)?

Von besonderem Interesse ist ferner die Frage, wie häufig typische Schülervorstellungen in der Elektrizitätslehre in den beiden Ländern auftreten. Die Identifikation typischer Schülerfehlvorstellungen ist mit Hilfe bestimmter Antwortkombinationen bei den zweistufigen Items möglich. Um eine zuverlässige Zuordnung der Schülervorstellungen zu gewährleisten, wird in dem Test jede Schülervorstellung mit mindestens drei verschiedenen zweistufigen Items abgeprüft.

In Abbildung 5 ist angegeben, wie viele SchülerInnen typische Schülervorstellungen mindestens einmal zeigen. Den SchülerInnen wird also bereits dann eine Schülervorstellung zugeordnet, wenn die zu der Schülervorstellung passende Antwortkombination bei mindestens einem der drei Items angegeben wurde.

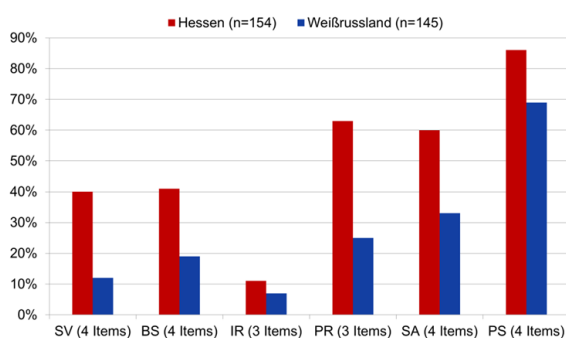


Abb. 5: Wie viele Schülerinnen zeigen welche Schülervorstellung bei mindestens einem Item?

Dabei stehen die Abkürzungen für die folgenden Fehlvorstellungen:

- SV: Stromverbrauchsvorstellung
- BS: Batterie als konstante Stromquelle
- IR: Inverse Widerstandsvorstellung

- PR: Stromverbrauch ist proportional zum Widerstand
- SA: Sequentielle Argumentation
- PS: Probleme mit Parallelschaltungen

Eine in Abb. 5 noch nicht beantwortete Frage ist, wie viele SchülerInnen lokal denken statt den Stromkreis als System zu begreifen. Hierzu können die Antworten auf die Frage, wie groß die Stromstärke in den Verzweigungen nach einem Knoten ist, betrachtet werden. Die richtige Antwort ($I_1 = I_2 = I_3 = 0,4 \text{ A}$) wird von 13 % der SchülerInnen aus Hessen und 56 % der SchülerInnen aus Weißrussland gegeben. 32 % der SchülerInnen aus Hessen und 14 % der SchülerInnen aus Weißrussland antworten hingegen, dass sich die Stromstärke an jeder Verzweigung halbiert ($I_1 = 0,6 \text{ A}$, $I_2 = I_3 = 0,3 \text{ A}$). Im Vergleich zur Erhebung von Rhöneck (1986), bei der 60 % der SchülerInnen lokale Argumentationen zeigten, sind die gefundenen Ergebnisse positiv zu bewerten [13, S.53-54].

7. Diskussion

Die Ergebnisse der exemplarischen Untersuchung an einigen wenigen Gymnasien in Hessen und Weißrussland deuten darauf hin, dass die weißrussischen GymnasiastInnen im Vergleich zu GymnasiastInnen aus Hessen ein deutlich besseres Verständnis grundlegender physikalischer Fachbegriffe der Elektrizitätslehre besitzen. Über die Gründe für diese hoch signifikanten Unterschiede lässt sich allerdings nur spekulieren, da diese Untersuchung dafür nicht genügend Daten liefert.

Ein Erklärungsansatz könnte darin liegen, dass sowohl der Leistungsdruck als auch die Leistungsbereitschaft an weißrussischen Gymnasien höher ist als in Hessen. Einiger Lehrkräfte aus Hessen erklärten den Unterschied dagegen damit, dass fachlichem Wissen an hessischen Gymnasien zunehmend weniger Bedeutung beigemessen wird und stattdessen mehr Wert auf andere Kompetenzen gelegt wird.

Von Einfluss ist sicher, dass in Weißrussland ein geringerer Teil eines Jahrgangs ein Gymnasium besucht (siehe Abschnitt 1). Während in Hessen ca. 40 % eines Jahrgangs ein Gymnasium besuchen, kann das Gymnasium in Weißrussland lediglich von den besten 13 % der SchülerInnen eines Jahrgangs besucht werden. Wenn aber in Weißrussland nur die Allerbesten eines Jahrgangs auf ein Gymnasium gehen, während dies in Hessen von fast der Hälfte der SchülerInnen eines Jahrgangs besucht wird, so ist es nicht verwunderlich, dass die weißrussischen SchülerInnen im Verständnistest nach Urban-Woldron deutlich bessere Ergebnisse erzielen.

Der wesentliche Wert dieser Untersuchung liegt deshalb darin, für diesen Test nun deutsche Vergleichswerte zu haben. So kann der Test genutzt werden, um verschiedene Unterrichtskonzepte zur Elektrizitätslehre innerhalb eines Landes miteinander zu vergleichen.

8. Literatur

- [1] Urban-Woldron, H. (2012). Entwicklung eines Testinstruments zum Verständnis in der Elektrizitätslehre. In: Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaft (2012), S. 203-229
- [2] Kultusministerium (2015). Bildungsstandards, Kerncurricula und Lehrpläne. Verfügbar auf: <https://kultusministerium.hessen.de/schule/bildungsstandards-kerncurricula-und-lehrplaene> [zuletzt aufgerufen: 9.10. 2015]
- [3] MPIB (2015). Grundlagen und Methoden der Studie. Verfügbar auf: www.mpiib-berlin.mpg.de/Pisa/grundlagen.htm#Erweiterung [zuletzt aufgerufen: 9.10.2015]
- [4] Statistisches Bundesamt. Allgemeinbildende Schulen, Fachserie 11 Reihe 1 - Schuljahr 2013/14, www.destatis.de/DE/Publikationen/Thematisch/BildungForschungKultur/Schulen/AllgemeinbildendeSchulen2110100147004.pdf?__blob=publicationFile [zuletzt aufgerufen: 9.10.2015]
- [5] Europa.eu (2015). [http://www.etf.europa.eu/webatt.nsf/0/C12578310056925BC12576CC00613070/\\$file/NOTE82RD44.pdf](http://www.etf.europa.eu/webatt.nsf/0/C12578310056925BC12576CC00613070/$file/NOTE82RD44.pdf) [zuletzt aufgerufen: 27.04.2015]
- [6] StateUniversity (2015). Belarus - Secondary Education. Verfügbar auf: <http://education.stateuniversity.com/pages/143/Belarus-SECONDARY-EDUCATION.html> [zuletzt aufgerufen: 9.10.2015]
- [7] Bildungsklick.de (2015). Europäische Hochschulminister vereinbaren in Jerewan noch engere Kooperation. Verfügbar auf: <http://bildungsklick.de/pm/93716/europaeische-hochschulminister-vereinbaren-in-jerewan-noch-engere-kooperation/> [zuletzt aufgerufen: 9.10.2015]
- [8] Hessen.de (2015). Lehrplan Physik. Verfügbar auf: https://verwaltung.hessen.de/irj/servlet/prt/porta/prtroot/slimp.CMReader/HKM_15/HKM_Internet/med/4a1/4a1704b5-267f-121a-eb6d-f191921321b2.22222222-2222-2222-2222-222222222222 [zuletzt aufgerufen 9.10.2015]
- [9] Mozyrroo.by (2015). Verfügbar auf: mozyrroo.by/files/12/bulavko/fizik2.docx [zuletzt aufgerufen: 05.04.2015]
- [10] Киселёва, А.В., Анцулевич В.И., (2014) Уроки физики в 6-11 классах, Минск: Аверсэв
- [11] Галузо, И.В., (2014) Физика. Астронтия 5-11 классы: примерное календарно-тематическое планирование: 2014-2015 учебный год: пособие для учителей учреждений общего среднего образования, Минск: НИО: Аверсэв, S. 34-35
- [12] Rusnauka.com (2015). Methodik проведения лабораторных работ по физике с использованием современных средств обучения. Verfügbar unter: http://www.rusnauka.com/15_NPN_2013/Pedagogica/5_137889.doc.htm [zuletzt aufgerufen: 9.10.2015]
- [13] Rhöneck, C.v. (1986): Vorstellungen vom elektrischen Stromkreis. In: Naturwissenschaften im Unterricht Physik/Chemie, (13), S.10-14