

## Ein kontextstrukturiertes Unterrichtskonzept mit Potenzial

Jan-Philipp Burde\*, Liza Dopatka<sup>x</sup>, Verena Spatz<sup>x</sup>, Martin Hopf<sup>o</sup>, Thomas Wilhelm<sup>+</sup>, Thomas Schubatzky<sup>=</sup>, Claudia Haagen-Schützenhöfer<sup>=</sup>, Lana Ivanjek<sup>o</sup>

\*Eberhard Karls Universität Tübingen, AG Didaktik der Physik, Auf der Morgenstelle 14, 72076 Tübingen;

<sup>x</sup>Technische Universität Darmstadt, Fachbereich Physik, Physikdidaktik, Hochschulstraße 12, 64289 Darmstadt;

<sup>o</sup>Universität Wien, Didaktik der Physik, Porzellangasse 4, 1090 Wien;

<sup>+</sup>Goethe-Universität Frankfurt, Institut für Didaktik der Physik, Max-von-Laue-Str. 1, 60438 Frankfurt;

<sup>=</sup>Karl-Franzens-Universität Graz, Institut für Physik, Physikdidaktik, Universitätsplatz 5, 8010 Graz;

jan-philipp.burde@uni-tuebingen.de, liza.dopatka@tu-darmstadt.de, verena.spatz@tu-darmstadt.de, martin.hopf@univie.ac.at, wilhelm@physik.uni-frankfurt.de, thomas.schubatzky@uni-graz.at, claudia.haagen@uni-graz.at, lana.ivanjek@univie.ac.at

### Kurzfassung

Ein Ziel des binationalen Projektes „Elektrizitätslehre mit Potenzial – Elektrizitätslehre mit Kontexten“ (EPo-EKo) besteht darin, den Elektrizitätslehreunterricht in der Sek I lernwirksamer und interessanter zu gestalten. Im Vorjahr wurde deshalb zunächst das Frankfurter Unterrichtskonzept auf Basis des Elektronengasmodells weiterentwickelt. Ein Unterricht auf Basis dessen erwies sich als lernförderlicher als der traditionelle Unterricht der Stichprobe. Das Konzept selbst ist jedoch rein fachsystematisch ausgelegt. Spätestens seit den KMK-Beschlüssen wird jedoch eine stärkere Kontextorientierung im Physikunterricht angestrebt. Vor dem Hintergrund, dass bisher kein kontextorientiertes Unterrichtskonzept existiert, welches die Einführung des einfachen Stromkreises umfassend abdeckt und empirisch evaluiert ist, wurde im Rahmen des EPo-EKo-Projektes ein kontextstrukturiertes Unterrichtskonzept auf Basis der Sachstruktur des bereits erfolgreichen Frankfurter Unterrichtskonzepts entwickelt. Indem die jeweiligen fachlichen Inhalte an möglichst interessanten und authentischen Fragestellungen erarbeitet werden, dabei aber auf die bewährte Sachstruktur des Frankfurter Unterrichtskonzepts zurückgegriffen wird, soll das Interesse und das konzeptionelle Verständnis der Lernenden gleichermaßen gefördert werden. Im Artikel werden die Grundideen einer ersten Fassung dieses Unterrichtskonzepts beschrieben.

### 1. Hintergrund

Lernenden gelingt es trotz intensiver Bemühungen ihrer Lehrkräfte in der Sekundarstufe I oftmals nicht, ein angemessenes Verständnis elektrischer Stromkreise zu entwickeln. Stattdessen hat die fachdidaktische Forschung gezeigt, dass Schülerinnen und Schüler auch nach dem Unterricht noch eine Vielzahl an fachlich problematischen Vorstellungen über elektrische Stromkreise vertreten [1]. Insbesondere verfügen viele Lernende über kein eigenständiges Spannungskonzept, sondern betrachten die elektrische Spannung lediglich als Eigenschaft bzw. Bestandteil des elektrischen Stroms [2]. Ohne eine Vorstellung der elektrischen Spannung als Differenzgröße sowie des Zusammenhangs zwischen Strom und Spannung an Widerständen erscheint ein tieferes Verständnis einfacher Stromkreise jedoch nur schwer denkbar.

Vor diesem Hintergrund wurde von Burde und Wilhelm ein neues Unterrichtskonzept auf Basis des Elektronengasmodells entwickelt, das explizit darauf abzielt, Lernenden durch die Vermittlung eines qualitativen Spannungskonzepts zu Beginn der Unterrichtsreihe ein besseres konzeptionelles Verständnis für den Zusammenhang von Spannung, Stromstärke

und Widerstand in einfachen Stromkreisen zu ermöglichen [3]. Noch vor der Einführung des elektrischen Stroms wird die elektrische Spannung hierzu als „elektrischer Druckunterschied“ in Analogie zu Luftdruckunterschieden eingeführt. Anknüpfend an alltägliche Vorerfahrungen der Lernenden z. B. mit Fahrradreifen oder Luftmatratzen wird darauffolgend erklärt, dass der an einem Lämpchen anliegende „elektrische Druckunterschied“ genauso zu einem elektrischen Strom führt, wie Luftdruckunterschiede eine Luftströmung bewirken. Insgesamt besteht das Ziel des ursprünglichen Frankfurter Unterrichtskonzepts in der Vermittlung eines qualitativen Verständnisses für den wechselseitigen Zusammenhang zwischen Spannung, Stromstärke und Widerstand in einfachen elektrischen Stromkreisen. Dabei wird von Beginn an besonderer Wert auf die Entwicklung eines angemessenen Spannungskonzepts gelegt.

Eine empirische Evaluation der Unterrichtsreihe mit 790 Schülerinnen und Schülern ergab, dass der gewählte Ansatz nicht nur zu einem signifikant besseren Verständnis elektrischer Stromkreise beiträgt, sondern dass der Verständnisvorsprung der nach dem Frankfurter Konzept unterrichteten Lernenden einer

großen Effektstärke von  $d = .94$  entspricht [3]. Zudem zeigte sich, dass das ursprüngliche Frankfurter Unterrichtskonzept auch zu einer signifikanten Reduktion typischer Fehlvorstellungen führt und von den Lehrkräften als wesentliche Verbesserung ihres Unterrichts wahrgenommen wurde [3].

## 2. Die EPo-EKo-Studie

Das binationale Design-Based-Research (DBR) Projekt „Elektrizitätslehre mit Potenzial – Elektrizitätslehre mit Kontexten“, kurz EPo-EKo, knüpft an die oben beschriebenen Vorarbeiten von Burde und Wilhelm an [3]. Ziel ist es, den Elektrizitätslehreunterricht in der Sekundarstufe I nicht nur lernwirksamer, sondern durch eine entsprechende Kontextorientierung auch interessanter zu gestalten. Neben der Entwicklung von verschiedenen Unterrichtskonzepten zur Elektrizitätslehre besteht das Ziel des Kooperationsprojektes der Universitäten Wien, Graz, Darmstadt, Frankfurt und Tübingen auch in der empirisch-quantitativen Evaluation der Erfolgsbedingungen der unterschiedlichen Zugänge zur Elektrizitätslehre [4]. Diese werden hierzu im Rahmen der EPo-EKo-Studie mit dem traditionellen Unterricht verglichen [5], wobei neben dem konzeptionellen Verständnis auch das Sach- und Fachinteresse sowie das physikbezogene Selbstkonzept der Schülerinnen und Schüler erhoben wird. Darüber hinaus umfasst die empirische Evaluation auch Facetten des fachdidaktischen Wissens der an der Studie teilnehmenden Lehrerinnen und Lehrer [6]. Der Name des DBR-Projektes EPo-EKo spiegelt das grundsätzliche Design der Studie mit seinen zwei Strängen „EPo“ und „EKo“ wider, wie es in Abb. 1 dargestellt ist.



Abb. 1: Das Studiendesign des EPo-EKo-Projektes.

In einem ersten Schritt wurde entsprechend des Design-Based-Research Paradigmas mit seinen Zyklen aus Entwicklung, Evaluation und Re-Design im EPo-Strang das bisherige in Frankfurt konzipierte und evaluierte Unterrichtskonzept auf Basis des Elektronengasmodells forschungs- und erfahrungsbasiert weiterentwickelt, wobei jedoch auf eine gezielte Kontextorientierung verzichtet wurde (vgl. Abb. 1 „Frankfurter Unterrichtskonzept ohne Kontextorientierung“). Neben theoretischen Gesichtspunkten wie der Berücksichtigung der Erkenntnisse der Dual-Process-Theory [7] wurde das Re-Design maßgeblich von unterrichtspraktischen Erfahrungen geleitet. Für eine genauere Beschreibung des überarbeiteten

Frankfurter Unterrichtskonzepts „EPo“, das inzwischen auf der Internetseite [www.einfache-elehre.de](http://www.einfache-elehre.de) unter dem Titel „Eine Einführung in die Elektrizitätslehre mit Potenzial“ veröffentlicht wurde, sei an dieser Stelle auf [8] verwiesen.

In einem zweiten Schritt wurde im EPo-Strang nun auf Grundlage bereits in der Praxis pilotierter Kontexte [9] und den grundlegenden didaktischen Überlegungen des rein fachsystematisch ausgerichteten Frankfurter Zugangs zur Elektrizitätslehre ein neues Unterrichtskonzept entwickelt: Das „Frankfurter Unterrichtskonzept mit Kontextorientierung“ (vgl. Abb. 1). Vor dem Hintergrund einer Vielzahl von fachdidaktischen Befunden der Interessensforschung wird mit der vorgenommenen Kontextorientierung angestrebt, das Interesse der Lernenden an der Physik zu erhöhen [10-11]. Indem die fachlichen Inhalte an interessanten Kontexten erarbeitet werden, sollen die Schülerinnen und Schüler die Auseinandersetzung mit elektrischen Stromkreisen als sinnvoll wahrnehmen und deren Relevanz für ihr eigenes Leben erkennen. Zwar konnte in diversen Studien bereits gezeigt werden, dass sich ein an interessanten Kontexten orientierter Physikunterricht grundsätzlich positiv auf das Sachinteresse und das Selbstkonzept auswirkt, offen ist jedoch bisher noch die Frage, ob sich eine stärkere Kontextorientierung auch in einem besseren konzeptionellen Verständnis niederschlägt [12]. Vor dem Hintergrund, dass spätestens seit den KMK-Beschlüssen eine stärkere Kontextorientierung im Physikunterricht angestrebt wird, bisher jedoch kein umfassendes kontextorientiertes Unterrichtskonzept zu einfachen Stromkreisen existiert, das auch empirisch evaluiert wurde, stellt die Entwicklung und Evaluation eines solchen Konzepts eine wichtige fachdidaktische Aufgabe dar. In Anlehnung an die Bezeichnung „EPo“ für das rein fachsystematisch ausgerichtete Unterrichtskonzept wird das im folgenden beschriebene kontextorientierte Unterrichtskonzept, das auf diesem aufbaut, kurz als EPo-EKo Konzept bezeichnet.

## 3. Grundüberlegungen zum EPo-EKo Konzept

Die fachdidaktische Entwicklungsarbeit zum EPo-EKo Konzept erfolgte theoriegeleitet auf Grundlage der bisherigen Erkenntnisse der Interessensforschung. Entsprechend den Ergebnissen der IPN- und ROSE-Studie [10-11], die die Interessen der Lernenden an bestimmten Themenfeldern untersuchten, liegt der Fokus der gewählten Kontexte weniger auf technischen Fragestellungen, da diese von lediglich 20 % der Lernenden (größtenteils Jungen) für interessant befunden werden. Stattdessen werden die fachlichen Inhalte im EPo-EKo Konzept u.a. auch den Ergebnissen der IDa-Studie [13] folgend gezielt an gesellschaftsrelevanten, biologischen, medizinischen und alltäglichen Kontexten erarbeitet, wobei z.B. auch geophysikalische Fragestellungen aufgegriffen werden. Da es sich um den Anfangsunterricht in der Elektrizitätslehre und um die Jahrgangsstufen 7 oder 8 handelt,

musste dabei mit stark vereinfachten Kontexten gearbeitet werden.

Grundsätzlich wird in dem erarbeiteten Konzept das Ziel verfolgt, nicht bloß einen fachsystematischen Zugang mit entsprechenden Bezügen zu den genannten Kontexten zu verfolgen, sondern vielmehr in Anlehnung an die pilotierten EKO-Materialien die fachlichen Inhalte an anwendungsbezogenen Fragestellungen zu erarbeiten [14]. Damit bilden die jeweiligen Kontexte den „roten Faden“ des Unterrichtsganges, da die fachlichen Inhalte an den Kontexten mitgelernt werden. Nach der Kategorisierung von Nawrath [15] liegt dem EPo-EKO Konzept damit eine Kontextstrukturierung zugrunde. Um eine möglichst unkomplizierte Umsetzung der Materialien im Unterricht zu gewährleisten, wurde sich darüber hinaus dafür entschieden, mit Mikro- statt Makrokontexten zu arbeiten, da letztere sich oftmals über mehrere Stunden erstrecken und besondere Organisationsformen erforderlich machen würden [16]. Die Auswahl der konkreten Kontexte fand dabei u.a. auf Basis der im Rahmen der EPo-EKO-Studie durchgeführten Vorarbeiten zum Interesse der Lernenden an bestimmten Themen in der Elektrizitätslehre statt [13].

#### 4. Das EPo-EKO Konzept

Im Folgenden sollen Auszüge aus dem Unterrichtskonzept EPo-EKO und einige darin thematisierte Kontexte exemplarisch vorgestellt werden.

##### 4.1. Energieübertragung mit Stromkreisen

Der Einstieg in die Unterrichtsreihe erfolgt über den Alltagskontext des Autoscooters, der den meisten Lernenden von diversen Jahrmärkten bekannt sein dürfte. Nach einer Auseinandersetzung mit der Frage, welche Bauteile nötig sind, damit ein Autoscooter überhaupt fahren kann, wird das Konzept des geschlossenen Stromkreises und die Darstellung desselben mit Hilfe von Schaltplänen eingeführt.

Darauf aufbauend wird die Frage motiviert, warum ein Stromkreis überhaupt geschlossen sein muss, um Energie zu übertragen. In Anlehnung an die Ideen von Muckenfuß [17] und Härtel [18] wird der Stromkreis hierzu als Energieübertragungssystem eingeführt, bei dem eine zirkulierende Elektronenströmung in Form eines „starreren Elektronenrings“ der linearen Übertragung von Energie vom Antrieb (z.B. Batterie) zum Widerstand (z.B. Elektromotor) dient (vgl. Abb. 2).

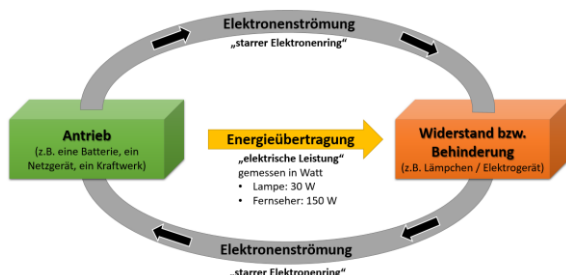


Abb. 2: Der elektrische Stromkreis als Energieübertragungssystem.

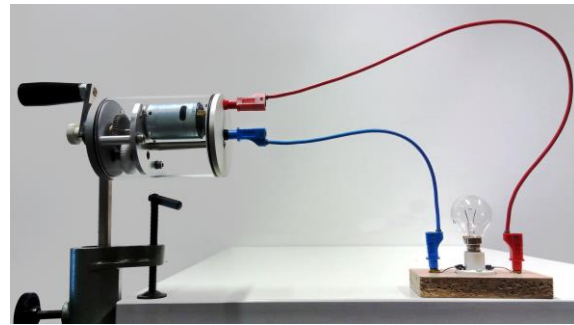


Abb. 3: Der handgetriebene Generator nach Muckenfuß.

Um die Energieübertragung für die Lernenden auch physiologisch erfahrbar zu machen, kommt der von Muckenfuß entwickelte handgetriebene Generator zum Einsatz (vgl. Abb. 3). Im Gegensatz zur bloßen alltäglichen Betätigung eines Schalters können die Schülerinnen und Schüler bei Anschluss z.B. einer 30 W Lampe (5 A bei 6 V) die Primärerfahrung machen, welche Anstrengung bzw. welche Energieübertragung nötig ist, um diese zum Leuchten zu bringen.

##### 4.2. Druckunterschiede bedingen Luftströmungen

Ausgehend von den Fragestellungen, wie zu erklären ist, dass mehrere Autoscooter gleichzeitig fahren können, warum manche Autoscooter schneller als andere fahren und warum es nicht gefährlich ist, auf dem Stahlboden zu laufen, wird im nächsten Kapitel die Notwendigkeit einer neuen Modellvorstellung motiviert. Hierzu wird anhand von Alltagsgegenständen wie Fahrradreifen und Luftmatratzen erarbeitet, dass Luftströmungen die Folge von Luftdruckunterschieden sind. Indem der Einfluss eines Stück Stoffs auf die Luftströmung besprochen wird, wenn dieses vor die Öffnung eines Fußballs platziert wird, bekommen die Lernenden eine erste Widerstandsvorstellung. Abschließend wird der qualitative Zusammenhang zwischen Unterschied im Luftdruck ( $U$ ), Widerstand ( $R$ ) und Intensität der Luftströmung ( $I$ ) wie in Abb. 4 dargestellt festgehalten.

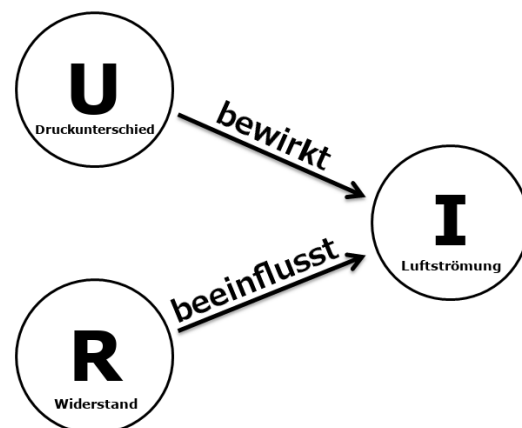


Abb. 4: Der qualitative Wirkungszusammenhang zwischen Luftströmung, Luftdruckunterschied und Stoffwiderstand.

### 4.3. Der elektrische Druck

Der Einstieg in das dritte Kapitel erfolgt über die Fragestellung, wie es physikalisch zu erklären ist, dass man manchmal beim Berühren einer Türklinke einen elektrischen Schlag bekommt. Zur Erklärung wird das intuitive Luftdruckverständnis der Lernenden auf offene elektrische Stromkreise übertragen, indem erarbeitet wird, dass Batterien für einen konstanten elektrischen Über- bzw. Unterdruck in den direkt mit ihren Polen verbundenen Leiterstücken sorgen.

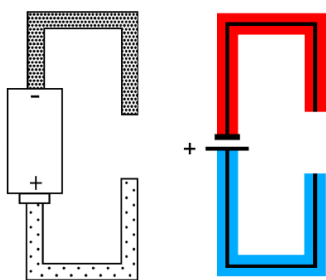


Abb. 5: Darstellung des elektrischen Drucks.

In Analogie zu den zuvor besprochenen Luftdruckbeispielen werden hierzu zunächst unterschiedliche Elektronendichten in den mit der Batterie verbundenen Leiterstücken dargestellt, bevor u.a. aus Praktikabilitätsgründen zu einer Farbkodierung des elektrischen Drucks übergegangen wird. Wie Abb. 5 zu entnehmen ist, wird ein „elektrischer Überdruck“ dabei rot und ein „elektrischer Unterdruck“ blau dargestellt. Die zu Beginn des Kapitels aufgeworfene Frage wird entsprechend der Modellvorstellung und Farbkodierung nun damit erklärt, dass das Reiben der Schuhsohle auf dem Teppich zu einem elektrischen Überdruck in der Hand führt, während in der Türklinke ein „elektrischer Normaldruck“ herrscht (dargestellt in Gelb in Abb. 6) und es aufgrund dieses „Druckunterschieds“ zu einem kleinen Blitzschlag zwischen Finger und Türklinke kommt.

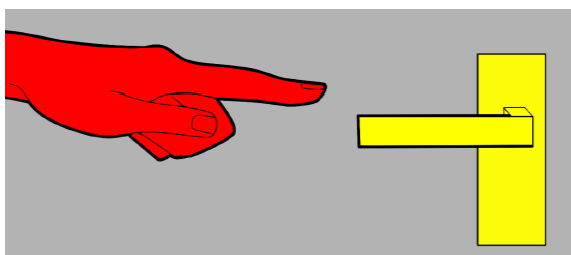


Abb. 6: In der Hand herrscht ein „elektrischer Überdruck“ (rot) und in der Türklinke ein „elektrischer Normaldruck“ (gelb) (Bild: Sarah Zloklkovits)

### 4.4. Der elektrische Druckunterschied

Die elektrische Spannung als „elektrischer Druckunterschied“ wird über die Frage motiviert, wie es Zitteraalen mit ihren elektrischen Organen gelingt, ihre Beute zu betäuben. Anhand dieses biologischen Kontexts und der Bezugnahme auf die zuvor besprochene Funktionsweise einer Batterie lernen die Schülerinnen und Schüler die Spannung verschiedener Spannungsquellen, wie z. B. einer Batterie und einer

Steckdose, aber auch eines Zitteraals kennen, der mit seinen elektrischen Organen eine Spannung von 600 V generieren kann.

Im Gegensatz zu vielen anderen Unterrichtskonzepten wird hier also die elektrische Spannung noch vor dem elektrischen Strom eingeführt. Analog zum Frankfurter Unterrichtskonzept werden die Voltmeter zur besseren Abgrenzung vom restlichen Stromkreis dreidimensional mit „Sensorkabeln“ dargestellt, die bewusst nicht eingefärbt werden, um die Übersichtlichkeit des Stromkreises zu wahren (vgl. Abb. 7).

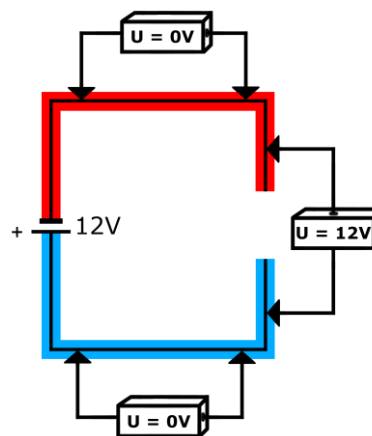


Abb. 7: Darstellung von Voltmetern.

### 4.5. Der elektrische Widerstand

Anhand eines fiktiven Zeitungsinterviews mit einer Archäologin zu einem kürzlichen Fund von Dinosaurierknochen, die mittels Geoelektrik lokalisiert werden konnten, wird die Einführung der physikalischen Größe des elektrischen Widerstands motiviert. Konkret lernen die Schülerinnen und Schüler, dass die Intensität der Elektronenströmung zwischen zwei in den Boden gesteckten Elektroden bei gleicher Spannung unterschiedlich hoch ausfällt, je nachdem, wie stark das Erdreich bzw. die Knochen die Elektronenströmung bremsen bzw. behindern (vgl. Abb. 8) [19].

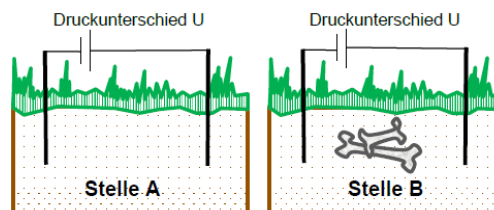
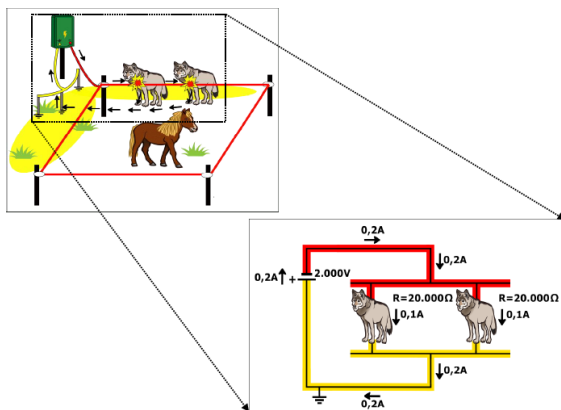


Abb. 8: Das Auffinden von Dinosaurierknochen im Kontext „Geoelektrik“.

### 4.6. Die Parallelschaltung

Der Einstieg in das Thema Parallelschaltungen erfolgt über das gesellschaftsrelevante Problem, dass hierzulande nach nahezu 150 Jahren wieder Wolfsrudel leben und durch das Reißen von Ziegen, Schafen und Pferden manche Landwirte vor bisher unbekannte Herausforderungen in Hinblick auf den Schutz ihrer Tiere stellen. Vor dem Hintergrund, dass die Tierschutzorganisation WWF als Herdenschutzmaß-

nahmen die Installation von elektrischen Weidezäunen zur Abwehr von Wölfen empfiehlt, findet in diesem Kapitel eine nähere Auseinandersetzung mit der Funktionsweise solcher Zäune statt. Hierzu lernen die Schülerinnen und Schüler, dass ein Weidezaungerät einen elektrischen Überdruck im Zaundraht erzeugt, während im Erdboden definitionsgemäß elektrischer Normaldruck herrscht. Solange kein Tier den Zaun und den Boden berührt, kommt es zu keiner Elektronenströmung, da der Draht an Holzpfählen isoliert befestigt ist. Berührt ein Tier nun den Zaun und gleichzeitig den Boden, so kommt es zu einer Elektronenströmung durch den Körper des Tieres, der von diesem als elektrischer Schlag wahrgenommen wird und es zurückschrecken lässt.



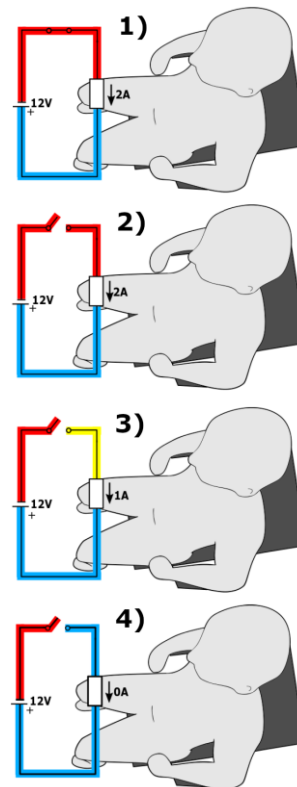
**Abb. 9:** Zwei Wölfe berühren gleichzeitig den elektrischen Weidezäun.

Nach dieser grundsätzlichen Klärung der Funktionsweise von Weidezäunen zum Schutz von Nutztieren wird der Frage nachgegangen, was passiert, wenn zwei oder mehr Wölfe gleichzeitig versuchen, ein Pferd auf einer Koppel zu reißen. Grundlegend ist in dieser Elementarisierung die Erkenntnis, dass bei Parallelschaltungen (hier der Wölfe als Widerstände) die Spannungsquelle den elektrischen Druckunterschied unabhängig von der Anzahl der Wölfe konstant hält. Dies bedeutet, dass die Intensität der Elektronenströmung durch jeden Wolf allein von der Spannung abhängt und das Weidezaungerät in Abhängigkeit der Anzahl der Wölfe eine unterschiedlich hohe Intensität der Elektronenströmung bereitstellen muss (vgl. Abb. 9). Da der elektrische Schlag, den jeder Wolf bei Berühren des Weidezäuns bekommt, damit unabhängig von der Anzahl der gleichzeitig angreifenden Wölfe ist, stellt die Verwendung eines Weidezäuns eine ausreichende Maßnahme für die Landwirte dar, ihre Nutztiere zu schützen.

#### 4.7. Die Reihenschaltung

Der Einstieg in das Thema Reihenschaltungen findet über den medizinischen Kontext der „Reizstrombehandlung“ statt, bei der Heilungsprozesse mit Hilfe des elektrischen Stroms unterstützt werden. Ausgehend von der Fragestellung, warum mit einem Reizstromgerät immer nur ein Knie nach dem anderen und nicht beide gleichzeitig behandelt werden, wird das

Konzept des Gesamtwiderstands bei Reihenschaltungen eingeführt. Dabei lernen die Schülerinnen und Schüler, dass eine Behandlung zweier Knie gleichzeitig bei einem Reizstromgerät, das für nur ein Knie gebaut wurde, aufgrund des höheren Gesamtwiderstands und der damit einhergehenden zu geringen Stromstärke für eine effektive Behandlung ungeeignet ist (geeignete Elementarisierung).



**Abb. 10:** Anwendung der dynamischen Modellvorstellung zur Erklärung der Spannung an einem offenen Schalter: 1) Schalter noch geschlossen. 2) Schalter geöffnet (Anfangszustand). 3) Schalter geöffnet (Übergangszustand). 4) Schalter geöffnet (Endzustand). (Bild: Sarah Zloklikovits)

Anschließend wird der Frage nachgegangen, wo die elektrische Spannung des Reizstromgerätes anliegt, wenn einer der Anschlüsse sich von der Haut löst. Zur Klärung der Frage wird die Situation mit einem geöffneten Schalter in einem regulären Stromkreis verglichen und mit Hilfe der Modellvorstellung des „elektrischen Drucks“ schrittweise analysiert (vgl. Abb. 10).

#### 4.8. Das Ohm'sche Gesetz

Am Beispiel der Glühwendel eines Reiseföhns wird in diesem Kapitel zu Beginn darauf eingegangen, dass der Widerstandswert  $R$  bei den meisten Materialien nicht konstant ist, sondern sich mit der Temperatur bzw. der Stromstärke ändert. Davon ausgehend wird dann die Frage aufgeworfen, ob es denn nicht auch Materialien gibt, die über einen konstanten Widerstandswert  $R$  verfügen. Die Schülerinnen und Schüler lernen dann, dass solche Materialien als Ohm'sche Widerstände bezeichnet werden und bei

ihnen die aufgrund einer anliegenden Spannung  $U$  resultierende Stromstärke  $I$  entsprechend des in Abb. 11 dargestellten Zusammenhangs berechnet werden kann.

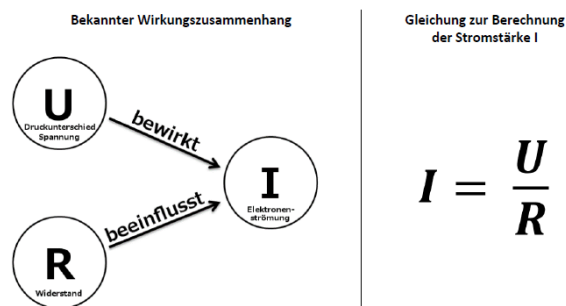


Abb. 11: Übergang vom qualitativen zum quantitativen Zusammenhang zwischen  $U$ ,  $R$  und  $I$ .

## 5. Ausblick

Es ist geplant, zu dem hier vorgestellten Unterrichtskonzept von erfahrenen Lehrkräften Feedback einzuholen und dieses darauf aufbauend ggf. weiterzuentwickeln. Um eine möglichst einfache Implementierung des Konzepts im Regelunterricht zu ermöglichen, ist zudem geplant, die finale Version des Unterrichtskonzepts unter dem Titel „Eine Einführung in die Elektrizitätslehre mit Potenzial und Kontexten“ auf [www.einfache-elehre.de](http://www.einfache-elehre.de) zu veröffentlichen.

## 6. Literatur

- [1] Schecker, H.; Wilhelm, T.; Hopf, M.; Duit, R. (Hrsg.) Schülervorstellungen und Physikunterricht. Springer-Spektrum
- [2] Rhöneck, C. v. (1986): Vorstellungen vom elektrischen Stromkreis und zu den Begriffen Strom, Spannung und Widerstand. In: Naturwissenschaften im Unterricht - Physik 34 (13), S. 10–14
- [3] Burde, J.-P. (2018): Konzeption und Evaluation eines Unterrichtskonzepts zu einfachen Stromkreisen auf Basis des Elektronengasmodells. Berlin: Logos-Verlag (259)
- [4] Haagen, C.; Burde, J.-P.; Hopf, M.; Spatz, V.; Wilhelm, T. (2019): Using the electron-gas-model in lower secondary schools – a binational design-based research project. In: McLoughlin, E.; V. Kampen, P. (Hrsg.): Concepts, Strategies and Models to Enhance Physics Teaching and Learning, Springer Nature Switzerland
- [5] Schubatzky, T.; Haagen-Schützenhöfer, C.; Burde, J.-P.; Wilhelm, T.; Ivanjek, L.; Hopf, M.; Dopatka, L.; Spatz, V. (2020): Das Amalgam Anfangs-Elektrizitätslehreunterricht In: Habig, S. (Hrsg.): Naturwissenschaftliche Kompetenzen in der Gesellschaft von morgen, Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Wien 2019, Band 40, 2020, S. 503 – 506
- [6] Haagen-Schützenhöfer, C.; Schubatzky, T.; Burde, J.-P.; Wilhelm, T. (2020): Fidelity of Implementation im Zuge fachdidaktischer Entwicklungsarbeit. In: Habig, S. (Hrsg.): Naturwissenschaftliche Kompetenzen in der Gesellschaft von morgen, Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Wien 2019, Band 40, 2020, S. 1055 – 1058.
- [7] Evans, J.S.B.T. (2006): The heuristic-analytic theory of reasoning: Extension and evaluation. In: Psychon Bull Rev, 13, Nr.3, S.378–395
- [8] Burde, J.-P.; Wilhelm, T.; Schubatzky, T.; Haagen-Schützenhöfer, C.; Ivanjek, L.; Hopf, M.; Dopatka, L.; Spatz, V. (2019): Re-Design des Frankfurter Unterrichtskonzepts im Rahmen von EPo-EKo. In: PhyDid-B - Didaktik der Physik – Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung, 2019, S. 253 – 260
- [9] Dopatka, L.; Spatz, V.; Burde, J.-P.; Wilhelm, T.; Ivanjek, L.; Hopf, M.; Schubatzky, T.; Haagen-Schützenhöfer, C. (2020): Interviewstudie zum kontextstrukturierten Unterrichtsmaterial von EKo In: Habig, S. (Hrsg.): Naturwissenschaftliche Kompetenzen in der Gesellschaft von morgen, Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Wien 2019, Band 40, 2020, S. 511 – 514
- [10] Hoffmann, L., Häußler, P. & Lehrke, M. (1998). Die IPN-Interessenstudie Physik. Kiel: IPN
- [11] Schreiner, C. & Sjøberg, S. (2004): Sowing the seeds of ROSE. Background, rationale, questionnaire development and data collection for ROSE (The Relevance of Science Education). Oslo: University of Oslo
- [12] Taasoobshirazi, G. & Carr, M. (2008): A review and critique of context-based physics instruction and assessment. In: Educational Research Review (3), S. 155-167
- [13] Dopatka, L.; Spatz, V.; Burde, J.-P.; Wilhelm, T.; Ivanjek, L.; Hopf, M.; Haagen-Schützenhöfer, C.; Schubatzky, T. (2019): Kontexte in der Elektrizitätslehre im Rahmen des Projekts EPo-EKo. In: Maurer, Chr. (Hrsg.): GDGP-Jahrestagung in Kiel 2018, Band 39, 2019, S. 217 – 220
- [14] Dopatka, L.; Spatz, V.; Burde, J.-P.; Wilhelm, T.; Ivanjek, L.; Hopf, M.; Haagen-Schützenhöfer, C.; Schubatzky, T. (2019): Erste Lehrkräfterrückmeldungen zum Unterrichtsmaterial von EKo: Elektrizitätslehre in Kontexten In: PhyDid-B - Didaktik der Physik – Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung, 2019, S. 161 – 166
- [15] Nawrath, D. (2010): Kontextorientierung. Rekonstruktion einer fachdidaktischen Konzeption für den Physikunterricht. Oldenburg.
- [16] Kuhn, J. (2010): Authentische Aufgaben im theoretischen Rahmen von Instruktions- und Lehr-Lern-Forschung. Optimierung von Ankermedien für eine neue Aufgabenkultur im Physikunterricht. Wiesbaden: Vieweg+Teubner

- [17] Muckenfuß, H.; Walz, A. (1997): Neue Wege im Elektrikunterricht. Köln: Aulis Deubner
- [18] Härtel, H. (2012): Der alles andere als einfache elektrische Stromkreis. In: PdN–PidS, 61, Nr.5, S.17–24
- [19] Kunert, P.; Wilhelm, T.; Junge, A. (2017): Ein Modellversuch zur Geoelektrik. In: Plus Lucis 3/2017, S. 41 – 43

#### **Danksagung**

Die hier beschriebene fachdidaktische Entwicklungsarbeit wurde durch eine Förderung der Deutsche Telekom Stiftung und der Vector Stiftung ermöglicht.