

## Design-Based Research: Elektrizitätslehre mit Potenzial und Kontexten EPo-EKo

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

\*Institut für Physik, Physikdidaktik, Technische Universität Darmstadt, Hochschulstraße 12, 64289 Darmstadt,

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

<sup>o</sup>Österreichisches Kompetenzzentrum für Didaktik der Physik, Universität Wien, Porzellangasse 4, 1090 Wien

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

Liza.Dopatka@physik.tu-darmstadt.de, Verena.Spatz@physik.tu-darmstadt.de, burde@physik.uni-frankfurt.de, wilhelm@physik.uni-frankfurt.de, lana.ivanjek@univie.ac.at, martin.hopf@univie.ac.at, thomas.schubatzky@uni-graz.at, claudia.haagen@uni-graz.at

### Kurzfassung

Die Elektrizitätslehre ist ein wichtiges Thema im Physikunterricht. Dennoch gelingt es trotz zahlreicher Erkenntnisse aus fachdidaktischer Forschung über Schülervorstellungen sowie intensiver unterrichtlicher Bemühungen häufig nicht, ein grundlegendes Verständnis der Lernenden zu den physikalischen Konzepten Spannung, Stromstärke und Widerstand aufzubauen. Der Spannungsbe-  
griff stellt dabei eine besondere Herausforderung dar. Als Ursachen für das geringe Konzeptver-  
ständnis können zum einen die Abstraktheit des Themas genannt werden, das ein hohes Maß an  
Modellbildung erfordert und zum anderen, dass traditioneller Unterricht häufig an den Bedürfnissen  
der Lernenden vorbeigeht. Die Ziele der Design-Based Research Studie sind daher, das Konzept-  
verständnis durch eine Weiterentwicklung des bereits empirisch erprobten und lernwirksamen  
Frankfurter E-Lehre-Konzepts sowie das Interesse an Physik durch kontextorientierten Unterricht  
positiv zu beeinflussen. Hierbei finden auch genderspezifische Aspekte Berücksichtigung. Es ergibt  
sich ein 2×2-Design, in dem dieselben Lehrkräfte über die Dauer von drei Jahren in verschiedenen  
Treatments unterrichten.

### 1. Einleitung

Elektrizität gehört so selbstverständlich in das tägliche Leben unserer Gesellschaft, dass ein Alltag ohne elektrischen Strom kaum mehr vorstellbar ist. Für die Nutzung vieler Geräte unserer Lebenswelt ist Elektrizität grundlegende Voraussetzung. Im Physikunterricht ist die Elektrizitätslehre daher ein wichtiges Thema. Die persönliche Bedeutung des Themas ergibt sich aus dem täglichen Kontakt mit elektrischen Geräten und dem minimal notwendigen Wissen zum Umgang mit diesen. Hierzu gehören beispielsweise Entscheidungen, ob Batterien tatsächlich leer sind oder für ein anderes Gerät noch nutzbar sind, welche Spannung die zu kaufenden Batterien haben sollten, unter welchen Umständen der Umgang mit dem Föhn gefährlich wird oder welches Ladegerät zum Aufladen des Handys genutzt werden kann.

Viele Prozesse im menschlichen Körper basieren ebenfalls auf elektrischen Signalen, was sich die Medizin zunutze macht, um Menschenleben zu retten. Für die Gesellschaft ist jedoch auch bedeutend, wie die Energiebereitstellung über erneuerbare Energien ermöglicht wird. Ein Bildungsziel im Sinne von *scientific literacy* ist die Befähigung zur aktiven Teilnahme an gesellschaftlichen Diskussionen auf wissenschaftlicher Grundlage (Bybee & McCrae, 2011;

Prenzel, Schütte & Walter, 2007). Das Thema *Elektrizitätslehre* hat somit nach Klafki (1962) nicht nur eine Gegenwarts-, sondern auch eine Zukunftsbedeutung für jeden Einzelnen als auch die Gesellschaft.

Zum Grundverständnis elektrischer Prozesse gehören die physikalischen Konzepte Spannung, Stromstärke und Widerstand sowie ihr wechselseitiger Zusammenhang. Viele Aspekte dieser Inhalte bereiten Schülerinnen und Schülern in der Physik erhebliche Lernprobleme, obwohl Schülervorstellung bereits seit den siebziger Jahren gut untersucht sind (Koller, Waltner & Wiesner, 2008). Studien in der Elektrizitätslehre zeigen, dass trotz intensiver unterrichtlicher Bemühungen Lernende oft kein grundlegendes Verständnis von einfachen Stromkreisen besitzen und weiterhin beispielsweise die Stromverbrauchsvorstellung in Argumentationen heranziehen (Müller, Wilhelm & Burde, 2015). Besonders schwierig ist der Begriff der elektrischen Spannung. Diese wird oft als Eigenschaft des Stroms angesehen und nicht als eigenständige physikalische Größe, die Ursache des Stromflusses ist (Burde & Wilhelm, 2016).

Trotz des Wissens aus vielen Studien zum Lernen von Schülerinnen und Schülern sowie Konzepten zur Einführung der Elektrizitätslehre, sind diese Erkenntnisse bisher wenig im Unterricht implementiert, weswegen Schülervorstellungen bestehen bleiben.

Hinzu kommt, dass Physikunterricht häufig an den Bedürfnissen der Lernenden vorbeigeht. Lernen ist aber nicht nur ein rationaler Vorgang, sondern wird von affektiven Faktoren wie Bedürfnissen, Interessen und Einstellungen der Lernenden beeinflusst (Rabe, 2012). Das in der IPN-Interessensstudie gezeigte vergleichsweise geringe Interesse der Schülerinnen und Schüler an Physik erschwert somit das Lernen (Hoffmann, Häußler & Lehrke, 1998).

## 2. Motivation

Die Motivation des vorliegenden Design-Based Research (DBR) Projekts „Elektrizitätslehre mit Potenzial und Kontexten (EPO-EKo)“ ist durch zwei Desiderata bestimmt: Zum einen, ein besseres konzeptionelles Verständnis der Schülerinnen und Schüler in der Elektrizitätslehre zu erreichen, und zum anderen, ihr Interesse an Physik positiv zu beeinflussen.

Viele Studien der physikdidaktischen Forschung kommen zu dem Ergebnis, dass die Einführung der Spannung über eine Potenzialdifferenz zusammen mit einer visuellen Modelldarstellung zu vergleichsweise großen Lernerfolgen bei Lernenden führt (z.B. Schumacher & Wiesner, 1996; Burde, Wilhelm & Wiesner, 2015). In konventionellem Physikunterricht ist dieser Ansatz noch selten integriert. Beispiele solcher Zugänge sind das Stäbchenmodell von Gleixner (1998) oder der geschlossene Wasserkreislauf mit Doppelwassersäule, welchen Schwedes, Dudeck & Seibel (1995) verwenden. Einen eben solchen visuellen Potenzialansatz stellt das Elektronengasmodell von Burde und Wilhelm (2016) dar. Bei diesem Modell wird das elektrische Potenzial mit dem Luftdruck verglichen. Eine empirische Studie zur Lernförderlichkeit des Elektronengasmodells mit 790 Schülerinnen und Schülern konnte ein signifikant besseres Verständnis von Spannung, Stromstärke und Widerstand bei den Lernenden nachweisen im Vergleich zur Kontrollgruppe (Burde & Wilhelm, 2017), weswegen dieses Modell Ausgangspunkt des Projektes ist.

„Die mäßigen Ergebnisse deutscher Schülerinnen und Schüler in den internationalen Vergleichsstudien TIMSS und PISA haben einen beispiellosen ‘Boom’ an Initiativen zur Verbesserung der Situation [...] ausgelöst“ (Duit, 2006, S. 83). Die Forderung nach kontextorientiertem Unterricht wurde danach weiter verstärkt, um „träges Wissen“ (Müller, n.d.) zu vermeiden und Interesse an naturwissenschaftlichem Unterricht zu wecken. Die Einbettung neuer Inhalte in Anwendungskontexte zählt nach Hilbert Meyer (2004) zu den Kennzeichen „guten“ Physikunterrichts. Kontexte sind mittlerweile fest in den Kerncurricula verankert und Bestandteil konkreter Kompetenzen: „Orientiert an fachlichen Inhalten können in gesellschaftlichen und alltagsrelevanten Kontexten die notwendigen Kompetenzen erworben werden“ (Hessisches Kultusministerium, 2011, S. 14), wie zum Beispiel das „Beurteilen von Alltagskontexten mit naturwissenschaftlichen Kenntnissen“ (Hessisches Kultusmi-

nisterium, 2011, S. 20). Die Einbindung von Kontexten ist daher Bestandteil zeitgemäßen Physikunterrichts.

Eine Literaturrecherche macht deutlich, dass (evaluiertes) kontextorientiertes Unterrichtsmaterial, vor allem im Themengebiet der Elektrizitätslehre für die Sekundarstufe I, kaum zu finden ist. Häufig beschränkt sich die Kontextorientierung auf die Benennung alltagsrelevanter, technischer oder gesellschaftlicher Anwendungen. Beispiele kontextorientierter Ideen oder Materialien sind der Rahmenkontext „Elektrische Anlagen und Energieübertragung“ von Muckenfuß (2006, S. 325), verschiedene PiKo-Projekte oder die Anregungen in „Physik im Kontext“ von Hinkeldey (2016). Kuhn (2010) kritisiert, dass die Implementation und detaillierte empirische Untersuchung der Effektivität kontextorientierter Lernumgebungen im Rahmen differenzierter Interventionsstudien fehle. An diese Forderungen knüpft EPO-EKo an. Des Weiteren zeigen die Ergebnisse bezüglich des Einflusses von Kontexten auf kognitive Schülerfaktoren kein eindeutiges Bild. „In sum, the work on context-based physics to date has not provided the answer to the question: Is context-based physics instruction better than what we are doing now? This is an important question that requires an answer before recommendations should be made to teachers to adopt context-based physics instruction. At this point, there is insufficient research evidence to support the recommendation that teachers should use context-based instruction or problems in physics classrooms.“ (Taasobshirazi & Carr, 2008, S. 164)

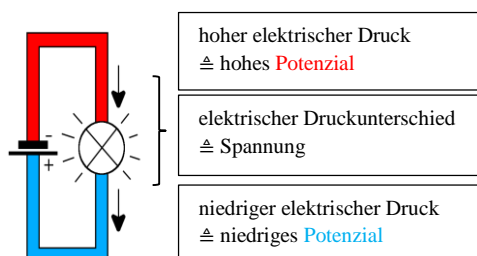
## 3. Theoretischer Hintergrund

### 3.1. Das Elektronengasmodell

Das Verständnis einfacher Stromkreise von Schülerinnen und Schüler basiert weitgehend auf den physikalischen Größen Stromstärke und Widerstand (Rhöneck, 1986). Ein adäquates Konzeptverständnis zur Spannung fehlt, ohne welches die Analyse einfacher Stromkreise nur erschwert möglich ist.

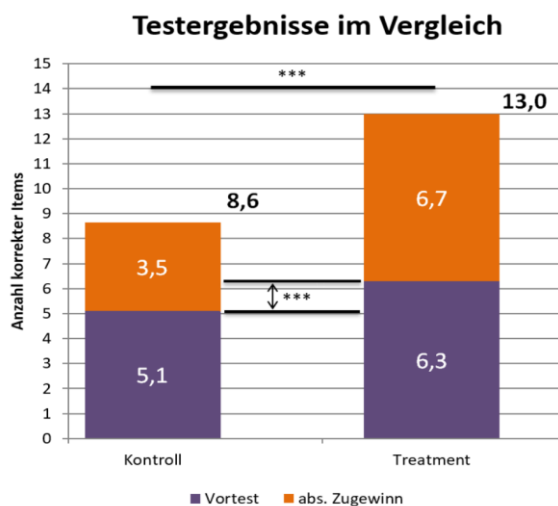
Der vielversprechende Ansatz, die Spannung über eine Potenzialdifferenz einzuführen, wurde von Burde und Wilhelm mit dem Elektronengasmodell aufgegriffen und weitergeführt. „Die Grundidee des Elektronengasmodells ist dabei, dass sich in Metallen Elektronen in Teilchenform befinden und sich dort frei bewegen können.“ (Burde & Wilhelm, 2015) Im Leiter kommt es aufgrund der gegenseitigen Coulomb-Abstoßung zu einem elektrischen Druck, der von der Elektronendichte abhängt. Das Modell nutzt die Analogie zur intuitiv vorhandenen Luftdruckvorstellung der Lernenden in dem Sinne, dass „komprimierte Luft unter Druck steht, gegen Wände drückt und das Bestreben hat, sich auszudehnen“ (Burde & Wilhelm, 2015). Alltagserfahrungen der Lernenden über Luftdruck bei Fahrradreifen oder Luftmatratzen und Luftpumpen werden aufgegriffen. Luftströmungen sind immer eine Folge von Luft-

druckunterschieden, genauso wie ein Stromfluss immer Folge einer Potenzialdifferenz ist. Im Elektronengasmodell „wird einer bildhaft-anschauungsorientierten Vorstellung des Potentials als elektrischem Druck und der Spannung als elektrischem Druckunterschied eine besondere Bedeutung zugeschrieben“ (Burde & Wilhelm, 2015) (siehe Abb. 1). Das Unterrichtskonzept legt großen Wert auf die Entwicklung eines fundierten qualitativen Verständnisses der Grundgrößen Spannung, Stromstärke und Widerstand.



**Abb. 1:** Das Elektronengasmodell nach Burde & Wilhelm (2015)

Das Unterrichtskonzept wurde in einer ersten Studie im Pre-Post-Design mit Kontroll- und Treatmentgruppe im Raum Frankfurt getestet. Lehrerinnen und Lehrern wurde das Material in einem Nachmittags-Workshop vorgestellt und ausgehändigt. Die Auswertung der Studie mit  $N = 790$  Schülerinnen und Schülern der Jahrgangsstufen 7 und 8 am Gymnasium zeigt ein signifikant besseres Ergebnis der Treatmentgruppe (siehe Abb. 2). Insbesondere besitzen die Schülerinnen und Schüler ein besseres Konzeptverständnis von der Spannung.



**Abb. 2:** Testergebnisse von Kontroll- und Treatmentgruppe im Vergleich nach Burde & Wilhelm (2017)

Bei genauerer Analyse der Treatmentgruppe wird jedoch deutlich, dass Mädchen, trotz ähnlichem Vorwissen, im Vergleich zu den Jungen, einen geringen Lernzuwachs haben (Burde, 2018).

### 3.2. Interesse

Der vorliegenden Studie liegt das Interessenkonstrukt der Person-Gegenstands-Theorie von Krapp (2010) zugrunde. Interesse bezeichnet dabei eine herausgehobene, subjektiv bedeutsam erlebte Beziehung zwischen einer Person und einem Gegenstand ihrer erfahrbaren Umwelt (Krapp, 2003; Schiefele, Krapp, Wild & Winteler, 1993). Objekte des Interesses können z.B. konkrete Dinge, Themengebiete oder abstrakte Ideen sein (Krapp, 2002; Schiefele, 1992). Die Veranlagung einer Person bestimmt ihr individuelles Interesse. Individuelles Interesse als Disposition wird in der Interessenforschung von aktualisiertem und situationalem Interesse unterschieden, das durch die Interessantheit einer konkreten (Lern-)Situation angesprochen werden kann. War in der Situation bereits ein Interesse für den Gegenstand vorhanden, spricht man von aktualisiertem Interesse, wird das Interesse in der Situation ganz neu ausgelöst, von situationalem Interesse (Krapp, 2010).

Krapp (2010) ordnet der Beziehung zwischen Person und Gegenstand eine emotionale und wertbezogene Valenz zu. Die gefühlsbezogene Komponente beinhaltet den emotionalen Zustand bei der Auseinandersetzung mit dem Lerngegenstand wie beispielsweise Freude. Die wertbezogene Komponente bezeichnet die subjektive Wertschätzung des Interessengegenstandes.

Da sich Interesse positiv auf das Lernen auswirken kann (Eagly & Chaiken, 1993; Krapp, 2002; Todt, 1978) und ein Zusammenhang zwischen Interesse und schulischer Leistung besteht (Schiefele, Krapp & Schreyer, 1993), ist diese affektive Komponente neben dem Verständnis der Schülerinnen und Schüler die zweite abhängige Variable.

Bezogen auf den Schulunterricht ist nach (Hoffmann et al., 1998) eine Unterscheidung zwischen Fach- und Sachinteresse sinnvoll. Bezogen auf Physik ist unter Fachinteresse das Interesse am Schulfach bzw. dem Unterricht gemeint. Das Sachinteresse bezieht sich hingegen auf das Interesse der Lernenden an konkreten physikalischen Themen.

Eine Kombination des Interessenkonstrukts von Krapp und der Unterscheidung von Hoffmann et al., (1998) liegt dem Projekt zugrunde. Hiernach kann sowohl dem Fach- als auch dem Sachinteresse eine emotionale und wertbezogene Valenz zugeordnet werden. Verbinden die Lernenden positive Emotionen mit dem Schulfach Physik und messen ihm eine hohe persönliche Relevanz zu, so ist die emotionale und wertbezogene Komponente des Fachinteresses hoch. In Hinblick auf einzelne konkrete physikalische Inhalte ist die gleiche Perspektive auf die emotionale und die wertbezogene Komponente des Sachinteresses möglich.

Die IPN-Interessenstudie Physik zeigt, dass das Sachinteresse der Schülerinnen und Schüler kontinuierlich im Verlauf der Sekundarstufe I abnimmt, ohne dabei unter ein mittleres Niveau zu sinken. Das

Fachinteresse stabilisiert sich über den Verlauf der Sekundarstufe I, ist jedoch bei den Jungen deutlich höher als bei den Mädchen. Auch das Sachinteresse der Mädchen liegt unterhalb dem der Jungen, jedoch ist der Unterschied geringer (Hoffmann et al., 1998). Dieser Interessensverlauf stimmt mit neueren Forschungsergebnissen überein (Daniels, 2008).

Zu der Frage, welche Inhalte im naturwissenschaftlichen Unterricht Einfluss auf das Interesse der Schülerinnen und Schüler haben, gibt die IPN-Interessenstudie von Hoffmann, Häußler und Lehrke (1998) wichtige Erkenntnisse. Als Interessensbereiche, die von 80 % der Schülerinnen und Schüler als bedeutsam angesehen werden, sind die Themenbereiche *Mensch und Natur* sowie *Gesellschaft* zu nennen. Empirisch begründet und gut abgesichert sind somit Unterrichtsinhalte aus den Bereichen *Physik und Medizin*, *Physik und der menschliche Körper*, *Physik und Sport* sowie *Physik und Gesellschaft*. Diese Themen sind an die Interessentypen angelehnt. Der Interessentyp A, zu dem 20 % der Schülerinnen und Schüler zählen (davon 80 % Jungen und 20 % Mädchen), zeigt an allein drei Themenbereichen Interesse, vor allem aber an Physik als Wissenschaft, an Technik und an technischen Berufen. Typ B (55 %, davon 50 % Jungen und 50 % Mädchen) zeigt Interesse an einer Physik, die Erscheinungen in der Natur erklärt und die dem Menschen dient. Typ C interessiert sich für die Bedeutung der Physik für die Gesellschaft (25 %, davon 29 % Jungen und 71 % Mädchen).

Die Studie zeigte auch, dass die Themen, die für Mädchen interessant sind, auch von Jungen interessant empfunden werden, umgekehrt jedoch nicht. Mit zunehmendem Alter (12-16) nimmt die Anzahl der Schülerinnen und Schüler in Interessensbereich C zu und in A ab (Hoffmann et al., 1998). Die ROSE-Studie von Schreiner & Sjøberg (2004) bestätigt den Trend hinsichtlich humanbiologischer und medizinischer Themen (Elster, 2007).

### 3.3. Kontexte

Der Begriff des Kontextes ist in der Literatur nicht einheitlich definiert und kann viele Bedeutungen auf unterschiedlichen Ebenen haben. Finkelstein (2005) unterscheidet drei Kontextebenen. Auf der innersten Ebene werden Kontexte als Aufgaben verstanden. Der Kontext bildet die „storyline“ eines Problems. Eingeschlossen wird diese Ebene von der Ebene des Kontextes als Lernumgebung (beteiligte Personen, Arbeitsformen, Ziele, räumliche und materielle Voraussetzungen) sowie von der äußersten Ebene, dem Kontext als außerschulische Rahmenbedingung (gesellschaftliche und materielle Bedingungen schulischen Lernens).

Die Beschäftigung mit Kontexten im naturwissenschaftlichen Unterricht basiert hauptsächlich auf der innersten Ebene, um die es im Folgenden gehen wird. Der Aufgabenkontext ist somit Teil einer Lernaufgabe, die sich auf einen fachlichen Inhalt bezieht.

Fachinhalt und Kontext bedingen sich wechselseitig und beeinflussen wiederum den Lernprozess.

Kontextualisierte Aufgaben bestehen nach Mestre (2002) aus einer Oberflächen- und Modellebene. Während die Oberflächenebene eine konkrete Problemgeschichte aus realen Objekten/Ereignissen bildet, enthält die Modellebene Fakten bzw. Zusammenhänge (Kauertz, 2008).

Ziel der Aufgabenkontexte ist es, ein stabiles Interesse der Schülerinnen und Schüler an naturwissenschaftlichem Unterricht auszubilden sowie diese zur aktiven Teilnahme an Diskussionen der Gesellschaft zu befähigen (Scientific Literacy) (van Vorst et al., 2015). Um diese Ziele zu erreichen, sollen Kontexte in der Literatur viele Merkmale erfüllen. Besonders häufig werden Adaptivität, Authentizität, Komplexität, Alltagsbezug, außergewöhnliche Phänomene, aktuelle Ereignisse und Relevanz genannt (van Vorst, 2012). Das *Rahmenmodell zur Charakterisierung und Systematisierung von Kontexten* von van Vorst et al. (2015) fasst diese Merkmale und ihre Auswirkungen auf die Lernenden zusammen.

Die zwei Hauptmerkmale eines Kontextes sind dabei seine Authentizität und Bekanntheit, welche sich aus der Alltäglichkeit oder Besonderheit ergibt. Eine persönliche oder gesellschaftliche Relevanz ist als Folge der Auseinandersetzung mit dem Kontext anzusehen. Für die Leistung der Schülerinnen und Schüler im Problemlöseprozess sehen Löffler und Kauertz (2016) die drei Kontextmerkmale *Kontextualisiertheit* auf der Oberflächenebene (Anzahl irrelevanter Elemente), *Transparenz* als Verbindung zwischen Oberflächen- und Modellebene sowie *Komplexität* auf der Modellebene (Schwierigkeitserzeugender Aspekt) an.

Je nach Umfang und Anspruch an die Unterrichtsgestaltung wird bei Ansätzen, die dem situierten Lernen zugeordnet werden können, zwischen Mikro- und Makrokontexten unterschieden (Kuhn, Müller, Müller & Vogt, 2010). Aufgabenkontexte im Sinne eines Makrokontextes sind dabei auf eine Bearbeitung in mehreren Monaten angelegt und erfordern methodisch eine projektspezifische Organisation, während Mikrokontexte in einzelnen Stunden eingesetzt werden und keine besonderen Bedingungen in der Organisation bedürfen. Sie sind für den Einsatz im alltäglichen Unterricht angelegt.

Unterricht, der Kontexte einbezieht, wird ganz allgemein als kontextorientiert bezeichnet. Die Analyse fachdidaktischer Literatur durch Nawrath (2010) zeigt, dass Kontextorientierung jedoch nicht gleich Kontextorientierung ist. „Kontexte können einerseits als methodische Anreicherung fachsystematischen Physikunterrichts dienen oder Elemente fachdidaktischer Strukturierung kontextorientierten Physikunterrichts sein.“ (Nawrath, 2010, S. 19)

Während bei der Kontexteinbindung die fachlichen Inhalte im Vordergrund stehen und Beispiele aus dem Alltag zur Unterstützung des Gelernten eingesetzt

werden, steht bei der Kontextstrukturierung das Lernen mit und über den Kontext im Vordergrund. Fachliche Inhalte werden „mitgelernt“. Hierdurch ändert sich die Reihenfolge des Unterrichts, da eine konkrete anwendungsbezogene Fragestellung den Beginn der Stunde bildet. Kuhn (2010) formuliert, dass die Einbettung von Alltagsbezügen in fachsystematisch orientiertes Lernen nicht ausreicht. „Stattdessen wird ein Lernen anhand authentischer Kontexte propagiert, das von authentischen Problemstellungen ausgeht und die Problemlösung in den Mittelpunkt des Unterrichts rückt“ (Kuhn, 2010, S. 17).

Im EPo-EKo-Projekt werden Kontexte zusammenfassend wie folgt eingesetzt:

- Kontexte als Aufgabenkontexte nach Finkelstein (2004)
- Mikrokontexte nach Kuhn et al. (2010)
- Kontextstrukturierter Unterricht nach Nawrath (2010)
- Kontexte vorwiegend aus den Interessenbereichen *Mensch und Natur* sowie *Physik und Gesellschaft* (IPN-Studie, 1998; ROSE-Studie, 2004)

Die Evaluationen kontextbasierter Unterrichtsansätze zeigen keinen eindeutigen Ergebnisstand, vor allem hinsichtlich des Einflusses von Kontexten auf kognitive Schülerfaktoren. In den meisten Studien ergeben sich keine Nachteile gegenüber traditionellem Unterricht, positive Effekte traten jedoch nur vereinzelt auf und konnten bisher nicht konsistent nachgewiesen werden (Bennett, 2003). Bei der Wirkung auf affektive Faktoren ist die Forschungslage konsistenter, hier lässt sich auf einen positiven Einfluss von Kontexten schließen (Bennett, Hogarth & Lubben, 2003). Taasobshirazi und Carr (2008) stellen zudem die Aussagekraft vieler bisheriger Untersuchungen in Frage, da sie häufig aufgrund methodischer Defizite in der Durchführung und Auswertung keine Generalisierung der Ergebnisse zulassen (keine Vergleiche zu traditionellem Unterricht, fehlender Einbezug von Vortests etc.). Sie fordern systematischere Forschungsarbeit, welche mit dem Design-Based-Research-Projekt angestrebt wird.

Neuere Studien untersuchen gezielt den Einfluss einzelner Kontextmerkmale auf kognitive und affektive Schülerfaktoren. Löffler und Kauertz (2016) kommen zu dem Ergebnis, dass das Merkmal der Transparenz einen kleinen Effekt auf die Leistung beim Problemlösen hat ( $\beta=.13$ ,  $p=.019$ ,  $\eta^2=.03$ ). Überraschender Weise zeigt sich kein signifikanter Effekt der Merkmale Komplexität und Kontextualisiertheit. Letzteres kann jedoch den Interessenabfall während der Bearbeitung einer Aufgabe verhindern (Pozas, 2015).

Van Vorst (2012) konnte für Kontexte im Fach Chemie zeigen, dass Schülerinnen und Schüler Kontexten mit dem Merkmal *Besonderheit* eine höhere emotionale Valenz beim Lernen zusprechen als alltäglichen Kontexten und das Merkmal der *Aktualität* keinen signifikanten Einfluss hierauf hat. Dies widerspricht

der in der Literatur häufig geäußerten Vermutung, dass das Interesse durch alltägliche Kontexte steige (z.B. Bennett et al., 2005). Die persönliche Relevanz von Kontexten mit den Merkmalen Alltagsbezug/Aktualität wird jedoch höher eingeschätzt (van Vorst, 2012). Habig, van Vorst und Sumfleth (2016) konnten zeigen, dass alle Schülerinnen und Schüler mit Kontexten dazu lernen, wobei Mädchen deutlich mehr dazu lernen als Jungen.

#### 4. Ziele und Forschungsfragen

Das Design-Based-Research-Projekt (DBR) *EPo-EKo* „Elektrizitätslehre mit Potenzial und Kontexten“ der TU Darmstadt, der Goethe-Universität Frankfurt und der Universitäten Wien und Graz verfolgt drei Ziele.

In Hinblick auf das Elektronengasmodell von Burde und Wilhelm (2017), das im Vergleich zu traditionellem Unterricht zu einem besseren Konzeptverständnis der Schülerinnen und Schüler in der Elektrizitätslehre führte, wird die Sachstruktur des Unterrichtskonzepts auf Grundlage der Rückmeldungen aus erster Studie überarbeitet und verfeinert. Ziel ist es, dieses evaluierte Unterrichtsmaterial in die Schulpraxis zu implementieren, indem es Lehrerinnen und Lehrern zur Verfügung gestellt wird. Die Gestaltung neuer Lernumgebungen auf Grundlage eines Problems in der Praxis sowie einer dahinterstehenden Theorie des Lernens zusammen mit der zyklischen Einbindung der Ergebnisse aus früheren Studien ist dabei ganz im Sinne des DBR (Wilhelm & Hopf, 2014).

Ein weiteres Ziel ist es, den Einfluss kontextstrukturierter Unterrichts, der sich an den von Schülerinnen und Schülern interessanten Themen orientiert (z.B. IPN-Studie, ROSE-Studie), auf ihr Interesse, ihr Selbstkonzept und ihr Konzeptverständnis zu untersuchen.

Neben der Betrachtung des Lernprozesses der Schülerinnen und Schüler wird auch das Pedagogical Content Knowledge (PCK) der teilnehmenden Lehrkräfte erforscht.

Die Forschungsfragen des Projekts sind demnach:

- Können die signifikant besseren Ergebnisse des Unterrichtskonzepts auf Basis des Elektronengasmodells mit einer größeren Stichprobe von Lehrkräften und Lernenden reproduziert werden?
- Welchen Einfluss haben verschiedene Unterrichtskonzepte auf das Verständnis, das Interesse und das Selbstkonzept der Lernenden – vor allem der Mädchen?
- Welchen Einfluss hat das PCK der teilnehmenden Lehrkräfte auf das Konzeptverständnis der Lernenden und wie entwickelt/verändert es sich im Verlauf der Studie bei Nutzung des neuen Unterrichtsmaterials?

#### 5. Forschungsdesign

Die Datenerhebung des Design-Based-Research-Projekts ist insgesamt auf drei Jahre angelegt, basierend

auf einem Pre-Post-Follow-up-Design in jedem Zyklus. Die jeweils unterrichtenden Gymnasiallehrkräfte sind in den drei aufeinanderfolgenden Jahren dieselben und unterrichten Schülerinnen und Schüler der 7. Jahrgangsstufe im Gebiet der Elektrizitätslehre. Es ergibt sich ein 2x2 Design.

		Kontextorientierung	
		ohne	mit
Elektronengasmodell	ohne	Kontrollgruppe	Treatment T <sub>1</sub>
	mit	Treatment T <sub>2</sub>	Treatment T <sub>3</sub>

Abb. 3: 2x2 Design der EPo-EKo-Studie

Im ersten Projektjahr 2018 unterrichten die teilnehmenden Lehrkräfte in ihrer gewohnten Art und Weise, was die Kontrollgruppe ist. Pre-, Post- und Follow-up-Tests werden in dieser Kontrollgruppe als Vergleichsgrundlage für die Ergebnisse zu den entsprechenden Treatments in den folgenden Jahren durchgeführt. Als Kovariate werden die kognitiven Fähigkeiten mit zwei Subskalen zum sprachgebundenen und zum figural-bildhaften Denken des „Berliner Intelligenzstrukturtest für Jugendliche: Begabungs- und Hochbegabungsdiagnostik“ von Jäger, Holling, Preckel, Schulze, Vock, Süß und Beauducel (2006) gemessen sowie das konzeptuelle Vorwissen im Bereich der Elektrizitätslehre mit einem hierfür selbst entwickelten Test. Das (Vor-)Interesse sowie das physikalische (Vor-)Selbstkonzept werden anhand eines Fragebogens erhoben. Die dabei verwendeten Items stammen aus der IPN-Interessenstudie von Hoffmann et al. (1998) sowie aus PISA 2006 von Frey et al. (2009). Zusätzlich wurden eigene Items konstruiert.

abhängige Variablen	Kontrollvariablen
Interesse	Vorinteresse
Physikalisches Selbstkonzept	Physikalisches Vorsebstkonzept
Verständnis E-Lehre	Vorverständnis E-Lehre
	Sprachliche und räumliche Intelligenz

Unabhängige Variablen
Unterrichtskonzepte
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Traditioneller Unterricht</li> <li>• Unterricht mit Elektronengasmodell</li> <li>• Unterricht mit Kontextorientierung</li> <li>• Unterricht mit Elektronengasmodell in Kontexten</li> </ul>

Tab.1: Die Variablen des Projekts EPo-EKo

Die Lehrerinnen und Lehrer führen zudem ein tabellarisches Unterrichtstagebuch. Dieses liefert einen Überblick über die Unterrichtsinhalte, ihre zeitliche Abfolge und ihren zeitlichen Umfang sowie über verwendete Modelle und Kontexte im Unterricht. Auf diese Weise können traditioneller Unterricht sowie der Unterricht mit den Treatments in ihren Rahmenbedingungen miteinander verglichen werden. Die Unterrichtstagebücher werden auch bei der Analyse

des PCK der Lehrkräfte genutzt. Ein Test sowie Interviews zum PCK der Lehrenden sind nach der Unterrichtseinheit geplant. Nach dem ersten Studienjahr erfolgt ein kurzer Workshop, in dem die Unterrichtsmaterialien mit Elektronengasmodell bzw. Kontexten für das zweite Studienjahr den Lehrkräften vorgestellt und ausgehändigt werden.

Im zweiten Studienjahr werden die Lehrkräfte in zwei verschiedene Interventionsgruppen T<sub>1</sub> und T<sub>2</sub> aufgeteilt. Die eine Hälfte der Lehrkräfte (T<sub>1</sub>) unterrichtet kontextorientiert und behält die ursprüngliche Sachstruktur des traditionellen Elektrizitätslehreunterrichts bei. Die andere Hälfte der Lehrkräfte (T<sub>2</sub>) setzt das überarbeitete Unterrichtskonzept auf Basis des Elektronengasmodells ein. Auf Ebene der Lernenden finden dieselben Pre-, Post- und Follow-up-Tests wie in Studienjahr 1 statt bzw. auf Lehrkräfteebene Tests sowie Interviews zum PCK. Zum Abschluss des zweiten Studienjahrs erfolgt wieder ein kurzer Workshop, in dem die Lehrkräfte auf Studienjahr drei vorbereitet werden.

Im Zyklus des dritten Studienjahres werden die Lehrkräfte wieder zu einer Gruppe vereint, die im Unterricht alle Treatment T<sub>3</sub> umsetzen. Das Unterrichtsmaterial integriert nun das Elektronengasmodell in kontextorientierten Unterricht. Die Erhebung der Ergebnisse erfolgt wie in Jahr eins und zwei.

Das Design der Studie ist in Abbildung 4 als Übersicht dargestellt mit den wechselnden Treatments in Tabelle 2.

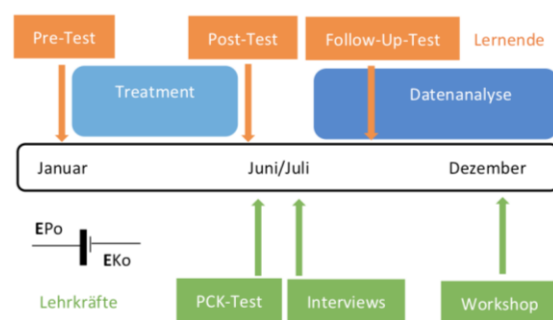


Abb. 4: Design EPo-EKo

Zyklus	Treatment
Kontrollgruppe	Konventioneller Unterricht
1. Studienjahr	Kontexte (T <sub>1</sub> ) <b>oder</b> Elektronengas (T <sub>2</sub> )
2. Studienjahr	Elektronengas <b>und</b> Kontexte (T <sub>3</sub> )

Tab. 2: Treatments im Projekt EPo-EKo

Die erhaltenen Daten auf Ebene der Schülerinnen und Schüler sowie der Lehrkräfte werden qualitativ und quantitativ ausgewertet sowie trianguliert. Die Ergebnisse sind wiederum die Basis zur finalen Überarbeitung des Unterrichtsmaterials.

### 6. Aktueller Stand des Projekts und Ausblick

In Vorbereitung auf die Studie wurde der kognitive Fähigkeitstest ausgewählt und die entsprechende

Vervielfältigungsgenehmigung eingeholt. Der Fragebogen zum Interesse und Selbstkonzept, der beispielsweise Skalen aus PISA enthält, wurde in der beabsichtigten Version der Skalen-Zusammenstellung pilotiert.

Ein wichtiger Bestandteil des Projekts ist der Elektrizitätslehretest zur Erfassung des Lernerfolgs und des Konzeptverständnisses der Lernenden. Bereits existierende Testinstrumente (Rhöneck, 1986; Urban-Woldron & Hopf, 2012) wurden adaptiert und für das Projekt weiterentwickelt, vor allem um Items zur Spannung (siehe Beitrag von Morris et al. (2018) „Weiterentwicklung eines Testinstruments zum einfachen Stromkreis“).

Zurzeit findet das Projekt mit der Kontrollgruppe aus N = 71 Klassen mit 1795 Schülerinnen und Schülern statt. Die Stichprobe setzt sich aus 850 Lernenden aus Deutschland (Hessen/Bayern) und 945 Schülerinnen und Schülern aus Österreich (Wien/Niederösterreich/Steiermark) zusammen.

Parallel zur Durchführung des ersten Zyklus wird der PCK-Test entwickelt, um ihn im ersten Jahr im Anschluss an den Unterricht der Kontrollgruppe einzusetzen. Für das zweite und dritte Studienjahr werden in einem iterativen Prozess die Unterrichtsmaterialien des Elektronengasmodells verfeinert und kontextorientiertes Unterrichtsmaterial erstellt. Hierzu werden zunächst „interessante“ Kontexte identifiziert, anschließend das (Prototyp)Material getestet und analysiert, das auf Grundlage der Vorerprobung anschließend verändert und aufbereitet wird. Abschließend werden die Materialien für das Treatment in Studienjahr drei vorbereitet: Elektronengasmodell in Kontexten.

## 7. Literatur

- Bennett, J. (2003). *Teaching and learning science: A guide to recent research and its applications*. London: Continuum.
- Bennett, J., Gräsel, C., Parchmann, I. & Waddington, D. (2005). Context-based and conventional approaches to teaching chemistry: comparing teachers' views. *International Journal of Science Education*, 27 (13), 1521–1547.
- Bennett, J., Hogarth, S. & Lubben, F. (2003). A systematic review of the effects of context-based and Science-Technology-Society (STS) approaches in the teaching of secondary science: University of York.
- Burde, J.-P. (2018). *Konzeption und Evaluation eines Unterrichtskonzepts zu einfachen Stromkreisen auf Basis des Elektronengasmodells* (Dissertation Johann Wolfgang-Goethe-Universität).
- Burde, J.-P.; Wilhelm, T. (2016). Das Elektronengasmodell im Anfangsunterricht. *Praxis der Naturwissenschaften – Physik in der Schule* 65 (8), 18–24.
- Burde, J.-P. & Wilhelm, T. (2016). Erste Evaluation eines Unterrichtskonzepts auf Basis des Elektronengasmodells. In C. Maurer (Hrsg.), *Implementation fachdidaktischer Innovation im Spiegel von Forschung und Praxis* (Bd. 37, Bd. 37, S. 115–118).
- Burde, J.-P. & Wilhelm, T. (2017). Ergebnisse einer empirischen Studie zum Elektronengasmodell. In *PhyDid B - Didaktik der Physik - Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung* (S. 167–172).
- Burde, J.-P., Wilhelm, T. & Wiesner, H. (2015). Das Elektronengasmodell und Möglichkeiten seiner Visualisierung. In S. Bernholt (Hrsg.), *Heterogenität und Diversität - Vielfalt der Voraussetzungen im naturwissenschaftlichen Unterricht* (Bd. 35, S. 438–440).
- Bybee, R. & McCrae, B. (2011). Scientific Literacy and Student Attitudes: Perspectives from PISA 2006 science. *International Journal of Science Education*, 33 (1), 7–26.
- Daniels, Z. (2008). *Entwicklung schulischer Interessen im Jugendalter*. Münster: Waxmann.
- Eagly, A. H. & Chaiken, S. (1993). *The Psychology of Attitudes*. Fort Worth: Harcourt Brace Jovanovich.
- Elster, D. (2007). In welchen Kontexten sind naturwissenschaftliche Inhalte für Jugendliche interessant? Ergebnisse der ROSE-Erhebung in Österreich und Deutschland. *Didaktik* (3), 2–8.
- Finkelstein, N. (2005). Learning physics in context: A study of student learning about electricity and magnetism. *Journal of Applied Developmental Psychology*, 27 (10), 1187–1209.
- Gleixner, C. (1998). *Einleuchtende Elektrizitätslehre mit Potential*. Dissertation LMU München.
- Habig, S., van Vorst, H. & Sumfleth, E. (2016). Optimierung des Kontexteinsatzes im Chemieunterricht. In C. Maurer (Hrsg.), *Authentizität und Lernen - das Fach in der Fachdidaktik* (S. 470–472).
- Hessisches Kultusministerium. (2011). *Bildungsstandards und Inhaltsfelder. Das neue Kerncurriculum für Hessen. Sekundarstufe I - Gymnasium. Physik*. Zugriff am 16.03.2018. Verfügbar unter [https://kultusministerium.hessen.de/sites/default/files/media/kerncurriculum\\_physik\\_gymnasium.pdf](https://kultusministerium.hessen.de/sites/default/files/media/kerncurriculum_physik_gymnasium.pdf)
- Hinkeldey, D. (2016). *Physik im Kontext. Magnetismus, Elektrizität und Elektromagnetismus: komplette Unterrichtseinheiten mit zahlreichen Versuchen* (Sekundarstufe I, 1. Auflage). Augsburg: Auer.
- Hoffmann, L., Häußler, P. & Lehrke, M. (1998). *Die IPN-Interessenstudie Physik*. Kiel: IPN.
- Hopf, M. (2012). Kontextorientierte Aufgabe (25). *Bratwurstverkäufer. Praxis der Naturwissenschaften - Physik in der Schule*, 61 (4), 38–39.
- Kauertz, A. (2008). *Schwierigkeitserzeugende Merkmale physikalischer Leistungsaufgaben*. Berlin: Logos.
- Klafki, W. (1962). *Didaktische Analyse. Auswahl - Grundlegende Aufsätze*. *Die deutsche Schule*, 32 (5).



- Koller, D., Waltner, C. & Wiesner, H. (2008). Zur Einführung von Stromstärke und Spannung. *Praxis der Naturwissenschaften - Physik in der Schule*, 57 (6), 6–18.
- Krapp, A. (2002). Structural and dynamic aspects of interest development: theoretical considerations from an ontogenetic perspective. *Learning and Instruction*, 12, 383–409.
- Krapp, A. (2010). Interesse. In D. Rost (Hrsg.), *Handwörterbuch Pädagogische Psychologie* (S. 311–323). Weinheim: Beltz.
- Kuhn, J., Müller, A., Müller, W. & Vogt, P. (2010). Kontextorientierung im Physikunterricht - Konzeptionen, Theorien und Forschung zu Motivation und Lernen. *Praxis der Naturwissenschaften - Physik in der Schule*, 59 (5), 13–25.
- Kuhn, J. (2010). Authentische Aufgaben im theoretischen Rahmen von Instruktionen- und Lehr-Lern-Forschung. Optimierung von Ankermedien für eine neue Aufgabenkultur im Physikunterricht. Wiesbaden: Vieweg+Teubner.
- Löffler, P. & Kauertz, A. (2016). Modellanwendung in Problemlöseaufgaben: Wie wirkt Kontext? In C. Maurer (Hrsg.), *Authentizität und Lernen - das Fach in der Fachdidaktik* (S. 41–43).
- Mestre, J. P. (2002). Probing adults' conceptual understanding and transfer of learning via problem posing. *Journal of Applied Developmental Psychology* (23), 9–50.
- Meyer, H. (2004). *Was ist guter Unterricht?* Berlin: Cornelsen/Volk und Wissen.
- Morris, L., Ivanjek, L., Burde, J.-P., Dopatka, L., Haagen-Schützenhöfer, C., Schubatzky, T., Spatz, V., Wilhelm, T., Hopf, M. (2018). Weiterentwicklung eines Testinstruments zum einfachen Stromkreis – In: *PhyDid-B - Didaktik der Physik – Frühjahrstagung 2018*, www.phydid.de
- Muckenfuß, H. (2006). Lernen im sinnstiftenden Kontext. Entwurf einer zeitgemäßen Didaktik des Physikunterrichts (1. Aufl., 2. Dr). Zugl.: Weingarten, Pädag. Hochsch., Diss. Berlin: Cornelsen.
- Müller, R. (n.d.). *Physik in interessanten Kontexten*, IPN.
- Müller, S., Wilhelm, T. & Burde, J.-P. (2015). Vergleich von Schülervorstellungen zur Elektrizitätslehre in Hessen und Weißrussland. In *PhyDid B - Didaktik der Physik - Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung*. Wuppertal.
- Nawrath, D. (2010). Kontextorientierung. Rekonstruktion einer fachdidaktischen Konzeption für den Physikunterricht. Oldenburg.
- Pozas, M. (2015). *Motivationale und metakognitive Effekte von Kontexten*. Berlin.
- Prenzel, M., Schütte, K. & Walter, O. (2007). Interesse an den Naturwissenschaften. In M. Prenzel, C. Artelt, J. Baumert, W. Blum, M. Hammann, E. Klieme et al. (Hrsg.), *PISA 2006. Die Ergebnisse der dritten internationalen Vergleichsstudie* (S. 107–124). Münster, New York, München, Berlin: Waxmann.
- Rabe, T. (2012). piko-Brief2: Affektive Aspekte und Lernen von Physik. In Duit, R., Mikelskis-Seifert, S. (Hrsg.), *Physik im Kontext. Konzepte, Ideen, Materialien für effizienten Physikunterricht* (S. 19). Seelze: Friedrich.
- Rhöneck, C. (1986). Vorstellungen vom elektrischen Stromkreis und zu den Begriffen Strom, Spannung und Widerstand. *Naturwissenschaften im Unterricht. Physik*, 34 (13), 10–14.
- Schiefele, U., Krapp, A. & Schreyer, I. (1993). Metaanalyse des Zusammenhangs von Interesse und schulischer Leistung. *Zeitschrift für Entwicklungspsychologie und Pädagogische Psychologie*, 25, 120–148.
- Schreiner, C. & Sjøberg, S. (2004). Sowing the seeds of ROSE. Background, rationale, questionnaire development and data collection for ROSE (The Relevance of Science Education): a comparative study of students' views of science and science education (*Acta didactica*, 4/2004). Oslo: University of Oslo, Faculty of Education, Department of Teacher Education and School Development; Unipub.
- Schumacher, M. & Wiesner, H. (1996). Erprobung des Potentialansatzes in der Elektrizitätslehre in Form einer Akzeptanzbefragung. *Vorträge Physiker tagung, DPG Tagung* (S. 573–578).
- Schwedes, H., Dudeck, W. G. & Seibel, C. (1995). *Elektrizitätslehre mit Wassermodellen*. *Praxis der Naturwissenschaften - Physik*, 44 (2), 28–36.
- Taasobshirazi, G. & Carr, M. (2008). A review and critique of context-based physics instruction and assessment. *Educational Research Review* (3), 155–167.
- Todt, E. (1978). *Das Interesse. Empirische Untersuchungen zu einem Motivationskonzept*. Bern: Hans Huber.
- Van Vorst, H. (2012). *Kontextmerkmale und ihr Einfluss auf das Schülerinteresse im Fach Chemie*. Berlin: Logos.
- Van Vorst, H., Dorsch, A., Fechner, S., Kauertz, A., Krabbe, H. & Sumfleth, E. (2015). Charakterisierung und Strukturierung von Kontexten im naturwissenschaftlichen Unterricht – Vorschlag einer theoretischen Modellierung. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 21 (1), 29–39.
- Wilhelm, T. & Hopf, M. (2014). *Design-Forschung*. In D. Krüger, I. Parchmann & H. Schecker (Hrsg.), *Methoden in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung* (S. 31–41). Berlin: Springer Spektrum.