

**Marlen ARNOLD<sup>1</sup>, Thomas POPPINGA, Christian SCHÖNE,  
Tanja BEHRENDT, Herena TORIO, Kathrin WETZEL (Oldenburg)  
& Telsche NIELSEN-LANGE (Bremerhaven)**

## **PBL in wissenschaftlichen Weiterbildungs- angeboten in den MINT-Fächern**

### **Zusammenfassung**

Wie lassen sich PBL-Konzepte erfolgreich in Programmen der wissenschaftlichen Weiterbildung im MINT-Bereich realisieren? Im Rahmen der Bildungsallianz *mint.online* werden berufsbegleitende Studienprogramme und Zertifikatskurse für die MINT-Fachdisziplinen entwickelt. Sie zielen auf eine schnelle Integration aktueller Forschungsergebnisse, eine zielgruppenadäquate Entwicklung von Curricula und sollen den besonderen Ansprüchen heterogener Studierender Rechnung tragen. Neben der organisationalen Verankerung zeigen drei Programme der Bildungsallianz die Vielfalt und die Herausforderungen der PBL-Methoden auf.

### **Schlüsselwörter**

Weiterbildung, MINT, Curriculum, PBL-Settings, Lerntyp

---

<sup>1</sup> E-Mail: [marlen.arnold@uni-oldenburg.de](mailto:marlen.arnold@uni-oldenburg.de)



## **Problem-based learning in blended learning programmes in STEM**

### **Abstract**

How can problem-based learning (PBL) concepts be successfully implemented in scientific education programs in the STEM disciplines? As part of the Education Alliance *mint.online* part-time degree, programs and certificate courses for the STEM disciplines are being developed. They are geared towards the rapid integration of current research results and a development of curricula for specific target groups, and they should take the special needs of heterogeneous students into account. In addition to the organizational challenges, this paper highlights the variety of PBL methods from three different programs.

### **Keywords**

Further education, STEM, curriculum, problem-based-learning settings, learning type

## **1 Einleitung**

Im Rahmen der Bildungsallianz *mint.online* werden berufsbegleitende Studiengänge und Zertifikatsprogramme in den MINT-Fachdisziplinen mit einem speziellen Fokus auf Energie, Nachhaltigkeit und Umwelt entwickelt. Die Angebote sind zugleich grundlagen-, anwendungs- und projektorientiert und zielen auf eine schnelle Integration aktueller Forschungsergebnisse in die Praxis des sich dynamisch entwickelnden Feldes ab. Um dem internationalen Wettbewerb sowie verschiedenen Lerntypen gerecht zu werden, sind Lehr-Lern-Designs durch Vielfalt sowie Einsatz moderner Lehrmethoden und geeigneter methodischer Settings gekennzeichnet (MATIJEVIC, 2012; TENNYSON & SISK, 2011). Diese umfangreichen Anforderungen umfassen auch die Verbindung von Beruf und Aus- oder Weiterbildung, zeit- und raumunabhängige Vermittlung von Inhalten sowie Erwerb von Kompetenzen, Berücksichtigung verschiedener Lerngeschwindigkeiten etc. Daran

und an reale Herausforderungen knüpft Problembasiertes Lernen (PBL) an. „The PBL based on the epistemology of constructivism is an educational approach constructed by a curriculum and teaching in the center of the problematic situation in actual life.“ (JOO & PARK, 2015, S. 324) PBL geht stets einher mit der „Gestaltung komplexer Lehr-, Lernsituationen, die individuell oder kooperativ, vor allem eigenständig durchgeführte Projekte, beinhalten“ (MÜLLER, 2010, S. 8). Wichtig bei diesem Prozess ist, dass die Studierenden dabei stets Unterstützung durch die Lehrenden erfahren (ALLEN et al., 2011). Die zentrale Fragestellung lautet daher: Wie lassen sich Konzepte problembasierten Lernens erfolgreich in Programmen der wissenschaftlichen Weiterbildung im MINT-Bereich implementieren und realisieren?

## 2 Organisationale Einbettung

Die Integration von PBL in die Programme der *mint.online*-Bildungsallianz wirkt sich sowohl auf die curriculare Ausgestaltung als auch auf die des Instruktionsdesigns, Qualitätsmanagements und der Anrechnung von Kompetenzen aus, da PBL spezifischer Settings im Blended-Learning-Bereich bedarf. Das Qualitätsmanagement berufsbegleitender Studiengänge berücksichtigt über die herkömmliche Studiengangakkreditierung hinaus zielgruppenspezifische Qualitätsstandards sowie heterogene Lern- und Berufsbiografien und kulturelle Vielfalt im Lernen (ARNOLD, WETZEL & DOBMANN, 2014). Für alle Studienangebote werden die gemeinsam entwickelten zehn Qualitätsstandards der Kurs-, Programm- und Organisationsebene zugrunde gelegt: Lehr-Lern-Interaktion, Lehrmaterialien, Lernergebnisse, Bildungstechnologien, Prüfung und Beurteilung, Lehrpersonal, Beratung und Infrastruktur, Verantwortung und Leitungsstrukturen, Evaluation und Informationsmanagement sowie Gestaltung von Zu- und Übergängen. Diese gelten als Regelwerk für die Bildungsallianz *mint.online* intern und werden durch Evaluationen auch nach außen transparent gemacht.

Durch eine umfassende und qualitätsgesicherte Anrechnung beruflicher Kompetenzen können die Angebote unmittelbar an den individuellen Kenntnisstand der

Lernenden anknüpfen, auf deren Kompetenzniveau aufbauen, und Lerndopplungen können vermieden werden. Auf Basis des entwickelten Module Level Indicators geht PBL tendenziell mit höheren Niveaueinstufungen einher. Die Diversität in den Vorbildungen der unterschiedlichen Zielgruppen kann durch PBL aufgefangen werden. Dafür braucht es wiederum adäquate Qualitätsstandards, also die obigen zehn Qualitätsstandards, sowie eine geeignete Lernplattform.

Nach Schulmeister kann E-Learning in zwei grundlegende Typen aufgeteilt werden: „Während der Studierende im E-Learning-Typ A sich vorwiegend mit vorgefertigten Lernobjekten auseinandersetzt, erarbeitet der [...] Typ B Wissen gemeinsam mit anderen.“ [...] „Während im Typ A die Qualität des Lernens überwiegend von der Interaktivität der Lernobjekte abhängt, beruht die Qualität der Lernprozesse im Typ B sehr auf der Qualität der Moderation“ (SCHULMEISTER, 2005, S. 487). Typ B setzt, wie PBL, auf das Konstruktionsparadigma. Am Center für lebenslanges Lernen, C3L, der Universität Oldenburg wurde eine Lernumgebung entwickelt, die beide Lerntypen anspricht. Die Lernplattform C3LLO dient sowohl der Kommunikation zwischen Dozierenden, Mentorinnen/Mentoren und Teilnehmenden sowie der Teilnehmenden untereinander als auch die Möglichkeit kooperativer Projektarbeit, d. h., sie bildet die Projektteams ab und stellt eine Reihe entsprechender Tools zur Verfügung, wie Diskussionsforen, gemeinsame Dateiablagen, Etherpads etc. Ein typischer Modulschwerpunkt ist hier die Anfertigung von Projektarbeiten in Kleingruppen mit thematischem Bezug zum jeweiligen beruflichen Hintergrund der Teilnehmenden. C3LLO ist zwar nicht spezifisch für PBL-Settings entwickelt, ist aber durch die Ausrichtung auf konstruktivistisches Lernen und Gruppenarbeiten gut geeignet, um PBL in raum- und zeitunabhängigen Kontexten zu unterstützen.

### 3 Vielfalt der PBL-Methodik – Ansätze in drei verschiedenen Programmen

Neben diesen Kontextfaktoren brauchen PBL-Settings auch konkrete inhaltliche Ausgestaltungen: Naturwissenschaftliche Programme brauchen für PBL-Lernformate in der Onlinelehre besondere Settings. Das erforderliche theoretische Wissen ist praxisnah und anwendungsorientiert zu vermitteln. Einstiegsaufgaben sollten daher aktivierend sein und Kommunikation einfordern. Das Integrieren von PBL in einen Studiengang fordert zum einen den Rollenwechsel vom Lehren zum Beraten und beim Lernenden ein deutlich aktiveres Steuern und Gestalten des eigenen Lernprozesses. Der Stanford Newsletter Speaking on Teaching hat die lernpsychologischen Ausführungen von ALLEN, DUTCH & GROH (1996) und GALLAGHER (1997) in Bezug auf die Qualität der Problemstellungen für PBL folgendermaßen angepasst und frei übersetzt auf den Punkt gebracht:<sup>2</sup> Die Lernenden müssen mit komplexen und authentischen Problemen aus dem Arbeitsalltag konfrontiert werden, die i. d. R. zum Verstehen des Problems mehr Wissen verlangen als vorhanden ist, mehrere Lösungswege sowie das Generieren neuen Wissens ermöglichen und ein offenes Ende haben. Darüber hinaus müssen sie komplex genug sein, um Zusammenarbeit notwendig zu machen. Das heißt dann, dass z. B. das selbstständige Aneignen von Wissen, das strategische Argumentieren und damit das Kommunizieren, Analysieren und Selbstreflektieren eingefordert werden und quasi automatisch diese Kompetenzen trainiert und gefördert werden. Lehrende stehen mit Expertise zur Verfügung und geben als Beratende Feedback zum Lernprozess. PBL heißt im Grunde, Wege beim Gehen entstehen zu lassen.

---

<sup>2</sup> [http://web.stanford.edu/dept/CTL/cgi-bin/docs/newsletter/problem\\_based\\_learning.pdf](http://web.stanford.edu/dept/CTL/cgi-bin/docs/newsletter/problem_based_learning.pdf), S. 3.

### 3.1 PBL im Zertifikatsprogramm Dezentrale elektrische Energiespeicher

RULE & JOHN (2015) zeigen Lehrsettings für Fallstudien auf, in deren Zusammenhang zwei Beispiele aus dem Zertifikatsprogramm beschrieben werden können:

#### **Beispiel A:** Einstieg mit Aktivierung

Für das Thema *Dezentrale elektrische Energiespeicher* ist die Vorbetrachtung nationaler Strom- und Energiesysteme wichtig. Als aktivierende Themeneröffnung verfassen die Lernenden zu einem Beispiel Vertiefungen mit fachlichem Bezug zu ihrem Vorwissen und ihrer Lebenswelt. Es eignen sich dazu Artikel, die eher allgemein ein Beispiel diskutieren, damit den individuellen Motivationen und Kenntnissen der Teilnehmenden eine besondere Bedeutung für die Gruppe zukommt.

Offene Aufgabenstellungen ermöglichen Kommentare aus verschiedenen Perspektiven und zu unterschiedlichen Teilaspekten, die in ihrer Summe einen Überblick zum Thema ergeben. Die zusammengetragenen Fallbeispiele fördern fachliche Kommunikation und verdeutlichen komplexe wie generelle Problemstellungen (RULE & JOHN, 2015). Die Sammlung wird im Forum in einer Diskussionsrunde bewertet. Die Dozierenden moderieren und legen einen Fokus für die Fortführung (JOO & PARK, 2015).

#### **Beispiel B:** Fallbeispiele aus einer Gesamtsituation

Lerngegenstand sind die komplexen Zusammenhänge im Stromnetz unter dem Einfluss fluktuierender Erzeugung durch Erneuerbare, die mit zeitlich und regional variierendem Strombedarf abgestimmt werden muss. Speichertechnologien ermöglichen flexible Lösungen für diese Aufgabe.

Zur Problembetrachtung erhalten die Teilnehmenden einen Link auf eine online verfügbare Simulation von Stromflüssen in Deutschland in einem Szenario von 100 Prozent Erzeugung durch Erneuerbare. In Teams recherchieren sie aktuelle Forschungsprojekte und -fragen zu technischen Lösungen. Die Gruppen untersuchen die Gesamtsituation und legen ihren Fokus auf eine bestimmte Region. Sie differenzieren dort Probleme in Versorgung oder Stabilität und entwickeln Strate-

gien für den Einsatz von Speichertechnologien. Die Ergebnisse werden im Forum vorgestellt, von den Kommilitoninnen/Kommilitonen kommentiert und unter der Moderation der Dozierenden werden die Schlussfolgerungen gesammelt.

Die Tätigkeit der Lernenden bezieht sich auf die Gesamtproblematik, aus der sie einen Fall herausuchen. (RULE & JOHN, 2015). Die Lernenden erstellen ein Portfolio technischer Lösungsmöglichkeiten (JOO & PARK, 2015). Die Summe der Fallbeispiele ermöglicht weiterführende Schlussfolgerungen, wie z. B. durch dezentrale Energiespeicher zusätzliche Flexibilität zu gewinnen. Zielsetzungen in moderner Onlinelehre wie Aktivierung, Selbststeuerung und Teamarbeit können mit PBL-Methoden effizient erreicht werden.

### **3.2 PBL im Masterprogramm Renewable Energy**

In einem Seminar zu Solarthermie des Masterprogramms Renewable Energy sollen naturwissenschaftliche/technische Fragestellungen in einem PBL-Setting durch die Studierenden erarbeitet werden. Ziel des Seminars ist es, grundlegende Funktionsprinzipien und wesentliche Zusammenhänge von solarthermischen Anlagen sowie Auslegungsregeln und -ansätzen zu beherrschen. Diese Inhalte könnten in einem traditionellen Lernsetting anhand einer der vielfältigen Nutzungen von solarthermischen Systemen aufgezeigt werden. Somit wäre jedoch von der Lehrperson eine wesentliche inhaltliche Reduktion vorweggenommen, wodurch verschiedene Interessen und motivationale Aspekte zur Auseinandersetzung mit anderen Systemen und Nutzungen nicht bedient/aktiviert werden können.

Der PBL-Ansatz basiert stattdessen auf der eigenständigen Übertragung und Erarbeitung der theoretischen Grundlagen von unterschiedlichen Anlagen durch verschiedene Studierendengruppen. Hierzu wird ein Blended-Learning-Format angewendet gemäß JOO & PARK (2015). Das notwendige theoretische Basiswissen wird auf Basis des Curriculums durch die Lehrenden in kurzen Lehrvorträgen in Präsenzphasen vorgestellt und anschließend auf das ausgewählte Anwendungsbeispiel in Teams übertragen, die online arbeiten können. Die Ergebnisse der Gruppenarbeit sind dabei ständig für alle Gruppen sichtbar. Damit werden zum einen

der inhaltliche Austausch und die Transparenz zwischen den Gruppen gefördert und zum anderen wird die Möglichkeit geschaffen, Einblick in die anderen Anwendungen zu erhalten. In den Präsenz-Sitzungen wird die Abstimmung untereinander gefördert sowie neue Impulse und Beratung für die Gruppenarbeit gegeben.

### **3.3 PBL im berufsbegleitenden Bachelor of Science im Bereich Windenergie**

Exemplarisch werden die Herausforderungen bei der Entwicklung des Einführungsmoduls, in dem bereits am Anfang des Studiums eine komplexe Problemfragestellung aus dem Bereich Tragstrukturen behandelt werden soll, aufgezeigt. Um PBL in einen berufsbegleitenden Studiengang auch nur ansatzweise zu implementieren, muss schon bei der Entwicklung des gesamten Curriculums generell umgedacht werden, weil in den Ingenieurwissenschaften die mathematischen und naturwissenschaftlichen Grundlagen immer eine große Rolle als Basis für komplexe Fragestellungen spielen. Wenn jedoch von Anfang an vom komplexen Problem ausgegangen wird, muss an bestimmten Stellen die Reihenfolge des Curriculums aufgebrochen werden, damit die Grundlagen auch problembedingt abrufbar zur Verfügung stehen, wenn sie nicht wie sonst am Anfang stehen. Allein das Fach Mathematik muss dann in möglichst kleine und den Fragestellungen angepasste Lerneinheiten unterteilt werden, die dann bei Bedarf online zeitlich und räumlich flexibel abgerufen werden können. Dazu gehören bei dem Einführungsmodul z. B. die zwei von den geplanten 19 Mathematik Lerneinheiten „Vektoren 1 – der dreidimensionale Raum“, „Lineare Gleichungssysteme“.

Die Verzahnung der Grundlagen mit den Spezialisierungsmodulen wird im Rahmen von Lehrenden in Workshops erarbeitet und anhand der konkreten Problemfragestellungen in der Abfolge im Curriculum festgelegt (GALLAGHER, 1997). Für eine erfolgreiche Umsetzung spielen die neuen Möglichkeiten der medientechnischen Aufbereitung des Wissens, die Recherchemöglichkeiten und die Vernetzung der Lernenden zur Wissensgenerierung und Problemlösung untereinander und mit den Lehrenden in der Beratungsrolle für die Flexibilisierung des Lernprozesses

eine entscheidende Rolle. Die Verzahnung des Curriculums orientiert sich so auch an den medientechnischen Anforderungen.

## 4 Diskussion & Good Practice

Die obigen Beispiele zeigen, dass PBL den gesamten Entwicklungsprozess weiterbildender Programme durchzieht und steter Anpassungsprozesse bedarf (ALLEN et al., 2011). Abbildung 1 hebt Prozesse hervor, die im Rahmen einer PBL-Ausgestaltung besonders zu berücksichtigen sind.

In der Lehre naturwissenschaftlicher Themen steht oft die Vermittlung theoretischer Grundlagen oder umfangreichen Faktenwissens am Anfang und bietet erst im Nachgang Beispiele oder Aufgaben zur Veranschaulichung. Für Fernlehrsituationen ist es dagegen von elementarer Bedeutung, isolierten Lernenden zeiteffiziente wie auch aktive Selbstlernwege anzubieten und die Kommunikation und die Teamarbeit zu fördern (POPPINGA, WETZEL & ARNOLD, 2015). In der Onlinelehre naturwissenschaftlicher Themen sollte das Prinzip im Sinne von PBL also umgedreht werden. Zuerst wird eine spezielle Problemsituation erschlossen, daraus werden Fragestellungen entwickelt und dann wird eine spezielle Lösung im allgemeinen Kontext erarbeitet. Gesucht sind also PBL-adäquate Lehrmethoden, die im Setting insbesondere aktivierend, zeitlich effizient und inhaltlich klar zielführend sind.

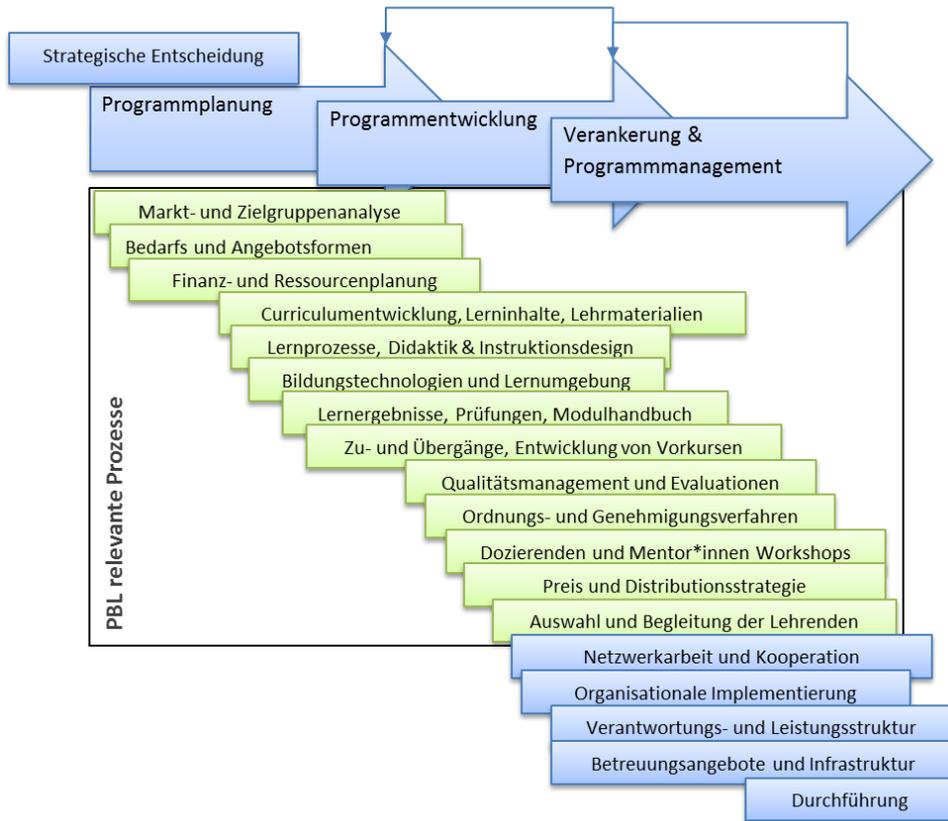


Abb. 1: PBL-Ausgestaltung in Programmen (in Anlehnung an HANFT, 2014, S. 56)

Die Wissensbausteine als Apps, MOOCs oder Leseproben erhalten die Studierende sowohl in den Präsenzphasen als auch als kleine Einheiten, die online zur Verfügung stehen, und bieten den Lernstoff, den sie zur eigenständigen Themenbearbeitung brauchen. Klassische Übungsaufgaben mit Rückmeldung, die Einbindung von Apps als Quiz sowie virtuelle Labore sorgen für organisierte Selbstkontrollen, sprechen unterschiedliche Lernendentypen an (SCHULMEISTER, 2005) und bereiten den Einsatz spezifischer PBL-Methoden vor. PBL im virtuellen Raum findet

als zeitgerahmte, moderierte Gruppendiskussionen statt. Mentorinnen/Mentoren und Dozierende begleiten den PBL-Prozess und kommentieren Forenbeiträge oder regen zu neuen Sichtweisen an, so dass die Studierenden befähigt werden, eigenständig zu einer Lösung zu finden (GALLAGHER, 1997). Das bedarf oftmals zusätzlicher Schulungen. PBL-Prozesse lassen sich durch Mentorinnen/Mentoren als persönliche Unterstützung der Studierenden fördern und steuern, so dass die curriculare Verankerung mit dem Zeitmanagement des Programmes Hand in Hand geht. Zugleich müssen mentorielle Begleitung sowie Schulungen von Dozierenden und Mentorinnen/Mentoren als zusätzliche Kosten berücksichtigt werden. Zur Sicherstellung der Qualität in PBL-Settings wird auf mehrere Teilaspekte der *mint.online*-Qualitätsstandards zurückgegriffen. Die curriculare Einbettung von Wissensbausteinen und PBL-Settings orientiert sich an den Dimensionen der Qualitätsstandards Lehr-Lern-Interaktion, Lehrmaterialien, Lernergebnisse, Bildungstechnologien, Prüfung und Beurteilung sowie Lehrpersonal. Die kontinuierliche Evaluation mittels der Qualitätsdimension Evaluation und Informationsmanagement macht deutlich, dass die Phasenübergänge der PBL-Settings in Blended-Learning-Kontexten besonderer Begleitung brauchen.

## 5 Fazit

Im MINT-Bereich kann das erforderliche theoretische Wissen den Studierenden mittels PBL praxisnah und anwendungsorientiert vermittelt werden. PBL lässt sich vielfältig einsetzen und spricht unterschiedliche Lernendentypen an. PBL sollte frühzeitig in die Entwicklung von weiterbildenden Programmen integriert werden. Im MINT-Bereich können innovative mediendidaktische Elemente in klassische PBL-Szenarien integriert werden, um komplexe oder abstrakte Themen erfahrbar zu machen und die Lernmotivation zu erhalten. PBL ist für die Zielgruppe der beruflich qualifizierten Studierenden von großer Bedeutung, da diese nachweislich sehr gezielt und intensiv Medien für den Lernprozess nutzt. Die Diversität in den Vorbildungen der unterschiedlichen Zielgruppen kann durch Angebote problembasierter Lernens aufgefangen werden. PBL bietet hervorragende Möglichkeiten zur

aktiven Wissensaneignung sowie zur Aktivierung und Vernetzung neuer Inhalte mit bereits vorhandenen Vorkenntnissen (ALLEN et al., 2011).

## 6 Literaturverzeichnis

**Allen, D. E. et al.** (2011). Problem-Based Learning. *New Directions For Teaching And Learning*, 128, 21-29.

**Allen, D. E., Duch, B. J. & Groh, S. E.** (1996). The power of problem-based learning in teaching introductory science courses. In L. Wilkerson & W. H. Gijsselaers (Hrsg.), *Bringing problem-based learning to higher education: Theory and practice* (S. 43-52). San Francisco: Jossey-Bass.

**Arnold, M., Dobmann, B. & Wetzel, K.** (2014). Erwartungen an Qualität berufsbegleitender Studiengänge aus Hochschul- und Unternehmensperspektive – eine vergleichende Untersuchung. In Bayerisches Staatsinstitut für Hochschulforschung und Hochschulplanung (IHF) (Hrsg.), *Beiträge zur Hochschulforschung* (S. 64-91).

**Gallagher, S. A.** (1997). Problem-based learning: Where did it come from, what does it do, and where is it going? *Journal for the Education of the Gifted*, 20(4), 332-362.

**Joo, K. H. & Park, N. H.** (2015). e-PBL Model Development for Computer Learning Systems. *International Journal of Multimedia and Ubiquitous Engineering*, 10(3), 323-332.

**Hanft, A.** (2014). *Management von Studium, Lehre und Weiterbildung an Hochschulen*. Studienreihe Bildungs- und Wissenschaftsmanagement 13. Münster: Waxmann.

**Matijević, M.** (2012). The new learning environment and learner needs this century. *Procedia – Social and Behavioral Sciences*, 46, 3290-3295.

**Müller, K.** (2010). Forschungsbasierte Lehre. In U. Klingovsky & J. Ludwig (Hrsg.), *Brandenburger Beiträge zur Hochschuldidaktik 2*. Potsdam: Universitätsverlag Potsdam.

- Poppinga, T., Wetzel, K. & Arnold, M.** (2015). Elemente innovativer Brückenkurskonzepte in der wissenschaftlichen Weiterbildung für den Abbau von Abbruchquoten in mathematisch-naturwissenschaftlichen Studiengängen. *Hochschule & Weiterbildung*, 01/2015, 62-69.
- Schulmeister, R.** (2005). Kriterien didaktischer Qualität im E-Learning zur Sicherung der Akzeptanz und Nachhaltigkeit. In D. Euler & S. Seufert (Hrsg.), *E-Learning in Hochschulen und Bildungszentren* (S. 473-492). München: Oldenbourg.
- Tennyson, R. D. & Sisk, M. F.** (2011). A Problem-Solving Approach to Management of Instructional Systems Design. *Behaviour & Information Technology*, 30(1), 3-12.
- Rule, P. & John, V. M.** (2015). A Necessary Dialogue: Theory in Case Study Research. *International Journal of Qualitative Methods*, 1–11.

## Autorinnen/Autoren



Dr. Marlen ARNOLD || Universität Oldenburg, we.b ||  
D-26111 Oldenburg

[marlen.arnold@uni-oldenburg.de](mailto:marlen.arnold@uni-oldenburg.de)



Thomas POPPINGA || NEXT ENERGY – EWE-  
Forschungszentrum für Energietechnologie e. V. ||  
D-26129 Oldenburg

[thomas.poppinga@next-energy.de](mailto:thomas.poppinga@next-energy.de)



Christian SCHÖNE || Universität Oldenburg , C3L ||  
D-26111 Oldenburg

[ch.schoene@uni-oldenburg.de](mailto:ch.schoene@uni-oldenburg.de)



Dr. Tanja BEHRENDT || Universität Oldenburg, Postgraduate  
Programme Renewable Energy || D-26111 Oldenburg

[t.behrendt@uni-oldenburg.de](mailto:t.behrendt@uni-oldenburg.de)



Dr. Herena TORIO || Universität Oldenburg, Postgraduate Pro-  
gramme Renewable Energy || D-26111 Oldenburg

[herena.torio@uni-oldenburg.de](mailto:herena.torio@uni-oldenburg.de)



Kathrin WETZEL †



Telsche NIELSEN-LANGE || Fraunhofer Institut für Windenergie  
und Energiesystemtechnik (IWES), Wissenschaftliche Weiterbil-  
dung || D-27572 Bremerhaven

[telsche.nielsen@iwes.fraunhofer.de](mailto:telsche.nielsen@iwes.fraunhofer.de)