

# 1 Persönliche Einleitung und Hinführung

## 1.1 Das Tandem-Fellowship ist eine Chance für uns

### 1.1.1 Prof. Dr. Ziegler

Die stetige Verbesserung der Lehre ist mir ein großes Anliegen, welches ich seit meiner Berufung an die RWU bearbeite. So habe ich nicht nur Vorlesungen und Laborpraktika in mehreren modernen Bereichen der Energietechnik aufgebaut, sondern diese Lehre auch konsequent zunächst begleitend und seit Beginn der Pandemie auch gänzlich virtuell angeboten. Die Hochschule Ravensburg-Weingarten (RWU) bietet für gute Lehre ein exzellentes Umfeld, in dem durch das Hochschuldidaktik-Team kontinuierlich exzellente Aufbau- und Unterstützungsarbeit für die Lehrenden geleistet wird. Ein Tandem-Fellowship gemeinsam mit einem Experten der Hochschuldidaktik für immersives Lernen in Virtual-Reality (VR) bietet in diesem Umfeld die einmalige Chance auf eine Sprunginnovation im Bereich der virtuellen Lehre im Anwendungsfeld Energie- und Umwelttechnik. Diese Sprunginnovation ist ohne Projektunterstützung nicht möglich und kann nur im Team mit der Hochschuldidaktik und nicht als Einzelaktivität erfolgreich umgesetzt werden, da sowohl tiefes Verständnis für VR-Anwendungen als auch Spezialwissen über die abzubildenden Prozesse (Elektrolyseverfahren) notwendig sind.

Ein wichtiger Aspekt unserer Bemühungen ist, dass die Bewerber- und Absolventenzahlen in den technischen Fächern niedriger sind als dies gesellschaftlich langfristig nötig ist. Die Energiewende kann ohne exzellent ausgebildeten Ingenieur Nachwuchs in ausreichender Zahl nicht so schnell gelingen, wie es durch die Klimakrise und die Versorgungssicherheiten erforderlich ist. Mein persönlicher Beitrag zur Problemlösung ist, die Lehre an der RWU mit modernsten Methoden und Inhalten attraktiv zu gestalten. Dies steigert die Qualität der Lehre und erhöht zugleich die Attraktivität von technischen Studienangeboten der RWU im Themenfeld Energie und Umwelt. Die Elektrochemische Energietechnik ist seit 20 Jahren mein Schwerpunktthema und liegt mir daher besonders am Herzen. Die Elektrolyse von Wasser ist ein besonders aktuelles Thema, da die grüne Wasserstoffherzeugung eine wichtige Lösung des drängenden Energiespeicherproblems für Solar- und Windkraft ist. Die Unabhängigkeit von fossilen Energieressourcen ist voraussichtlich nur durch die Nutzung von Wasserstoff zu erreichen (Pehnt et al. 2009). Elektrolyseverfahren zur Wasserstoffproduktion werden daher als VR-Anwendungsbeispiel ausgewählt.

### 1.1.2 Alexander Lanz

Als Immersive Learning Entwickler sind es vor allen Dingen die realitätsgetreuen Simulationen und sinnvolle praxisnahe Einsatzgebiete, die mir am Herzen liegen. Das Thema Virtual/Augmented/Mixed Reality und die damit verbundene allgemeine technologische Kompetenz wird in Zukunft über alle Fachbereiche hinaus eine Querschnittskompetenz und als wichtiger Future Skill für eine zeitgemäße Employability elementar sein. Hier Lehrenden und Studierenden mit meinen Fähigkeiten als Informatiker dabei zu helfen, ist für mich ein großes Anliegen.

Das gilt ganz speziell für das von Prof. Dr. Ziegler vorgeschlagene Projekt zur Schaffung einer virtuellen Elektrolyseanlage. Hier kann perfekt passend ein klassisches Einsatzgebiet von Virtual Reality in der Hochschullehre aufgezeigt werden, nämlich den ressourcenschonenden und nachhaltigen Aufbau einer solchen Anlage, bei welcher sich Studierende auch „ausprobieren“ können ohne einen Schaden zu produzieren.

## 1.2 Was veranlasst Sie zu dem geplanten Entwicklungsvorhaben?

VR-Anwendungen werden zwar zum Beispiel in der Ausbildung von Chemikanten in Großkonzernen regelmäßig eingesetzt (BASF 2020), sind jedoch an den staatlichen Hochschulen für Angewandte Wissenschaften für die Ausbildung von Studierenden im Themenfeld Energie- und Umwelt noch nicht etabliert. Daher besteht die dringende Notwendigkeit, einige gut geeignete Lehrinhalte „von der analogen Tafel“ und recht einfachen digitalen Formaten in die anschauliche Welt der Virtual Reality zu überführen.

Frühere und laufende Entwicklungsarbeiten in der digitalen Hochschullehre der RWU, z.B. durch das Projekt SPEND, (gefördert durch die Stiftung Innovation in der Hochschullehre) haben die technischen und didaktischen Grundlagen geschaffen, damit das VR-Projekt zur Elektrolyse an der RWU erfolgreich umgesetzt werden kann. Analoge Lehrinhalte zu Elektrolyseverfahren sind durch Prof. Ziegler an der RWU ebenfalls seit längerem erfolgreich etabliert. Wird diese hervorragende Basis nun durch ein konkretes Tandem-Projekt hinterlegt, kann etwas erreicht werden, das Beispielcharakter für den Energie- und Umwelttechnik sowie anderen Studiengängen hat, die Fertigungsanlagen thematisieren.

# 2 Ausgangslage und Problem

## 2.1 Die Herausforderungen

Die Studierenden- und insbesondere Bewerberzahlen in Technikstudiengängen gehen z.T. stark zurück. Daher sind die finanziellen und personellen Ressourcen hier vielfach begrenzt. Jedoch bringt die neue Generation von Studierenden bereits eine höhere digitale Kompetenz als frühere Generationen mit an die Hochschulen. Diese Kompetenz der Studierenden kann noch wesentlich besser in der Lehre genutzt und ausgebaut werden, um die Studierenden zukünftig viel besser „abzuholen“ und für Naturwissenschaft und Technik zu motivieren. Das klassische Lehrformat mit Tafel und Kreide und „statische“ digitale Formate wie Moodle, oder CFD-Simulationen sind weniger interaktiv und zielführend als ein gezielter VR-Einsatz. Hier setzt unser Projekt mit seiner Lehrinnovation an.

Große Versuche an verfahrenstechnischen Anlagen, die besonders anschaulich, praxisnah und lehrreich sind, werden an zahlreichen Hochschulen nicht angeboten. Entweder fehlen die notwendigen finanziellen Ressourcen oder die Risiken, z.B. beim Umgang mit größeren Mengen Wasserstoff, sind im Lehrbetrieb zu hoch.

Die Elektrolyse von Wasser ist einer der Schlüsselprozesse der Energiewende, um Energie aus Solar- und Windkraft in Form von Wasserstoff zu speichern, denn ohne saisonale Energiespeicher ist ein Energiesystem mit sehr hohem Anteil an regenerativen Energien nicht umsetzbar. Wasserstoff ist in der Elektromobilität ebenso wie im Gebäudesektor flexibel einsetzbar (Anderson et al. 2010). Fachexperten für Elektrolyseverfahren sind aber derzeit rar und daher sehr gefragt. Der Arbeitsmarkt kann in diesem Bereich deutlich mehr Absolventinnen und Absolventen aufnehmen als bisher zur Verfügung stehen.

## 2.2 Die Lösung

In der Lehre ist dabei zu berücksichtigen, dass sich die modernen Wasserstofftechnologien sehr schnell weiterentwickeln. Aktuell gibt es mindestens drei kommerziell aussichtsreiche Kandidaten für Elektrolyseprozesse (R. Neugebauer 2022). Diese könnten sich alle in den nächsten Jahren in der Praxis durchsetzen, und es ist an den Hochschulen nicht möglich, diese Prozessvielfalt in großen Versuchen im Technikum auf dem jeweiligen Stand der Technik abzubilden.

Eine realitätsgetreue, praxisnahe Lehre durch VR-Einsatz bietet einen attraktiven Ausweg, da innerhalb der VR-Umgebung das Elektrolyseverfahren und sein Varianten flexibel abgebildet und erlebbar gemacht werden können. Anpassungen an neue Verfahrenskonzepte sind in der VR im Vergleich zum Umbau eines Technikums mit sehr wenig personellem

und finanziellem Aufwand machbar. Durch diese praxistaugliche Aktualisierbarkeit wird unser VR-Konzept auch dauerhaft aktuell bleiben und weit über das Projekt hinaus in der Anwendung bleiben. Damit wird die RWU einen noch besseren Beitrag zur Reduktion des Ingenieurmangels und zur Energiewende leisten.

## 3 Implementation

### 3.1 Arbeitspakete

- Arbeitspaket 1 (AP1): Recherche und Evaluation von möglichen VR-Software-Umgebungen für den Einsatz in der Energie- und Verfahrenstechnik unter spezieller Berücksichtigung der Eignung für Elektrolyseprozesse (Januar 2023)
- AP2: Aufsetzen eines Prototyps zur VR-Simulation eines Elektrolyseprozesses (Februar/März 2023)
- AP3: Test des Prototyps mit ausgewählten Studierenden aus den Vorlesungen Verfahrenstechnik, Regenerative Energien und Energiespeicher (März 2023)
- AP4: Optimierung des Prototyps/Aufbau der Anwendungsanlage mit Feedback-Loop durch Studierende (März/April 2023)
- AP 5: Prototyp wird mit Berücksichtigung des Feedbacks der Pilotanwender zur fertigen Lehrumgebung weiterentwickelt (April/ Mai 2023)
- AP6: Konzipierung von Arbeits- und Lernaufträgen in der VR-Anlage (April- Juni 2023)
  - Anlagenteile begehen und beschreiben im Ruhezustand
  - Anlage anfahren nach zuvor (in der Vorlesung) erlerntem Vorgehen
  - Prüfen von Anlagengrenzen bezüglich Volumenströmen, Druck und Temperatur
  - Auffinden von Fehlern und Leckagen an der Anlage und Abstellen derselben
  - Abfahren der Anlage
  - Sichere Zustände für Entleerung, Wartung, Reparatur herstellen
  - Durchführen von kleineren Revisionsarbeiten
- AP7: Entwicklung von Prüfungsleistungen passend zum VR-Lernprozess (Juni- August 2023)
  - Begehen der Anlage nachdem zuvor durch Lehrende Fehler eingebaut wurden (falsche Ventil/Hahnstellungen, fehlende oder zu hohe Füllstände, fehlende kleine Anlagenteile z.B. nach inkorrekt durchgeführten Wartungsarbeiten)
- AP8: Implementierung in die Vorlesungen begleitet durch die Hochschuldidaktik (ab September 2023)
  - Bereitstellung des Immersive Learning Labs sowohl als Veranstaltungsraum als auch als offener Trainings- und Forschungsraum für Studierende
  - Einbringung in den Master Wasserstoff der HfSW, dadurch Transfer an andere Hochschulen in BW

### 3.2 Ziele und Innovationsaspekt

Konkretes Ziel ist es, eine virtuelle Anlage zur verschiedene Elektrolyseverfahren, für die in Zukunft sehr wichtige Wasserstoffproduktion, in Virtual Reality nachzustellen und in die Lehre zu integrieren. Der Ablauf und die Steuerung von verfahrens- und energietechnischen Prozessen werden in Zukunft durch Ausbildungsteile an einem VR-Arbeitsplatz mit entsprechender Software gelehrt, da entsprechende Technika mit Großversuchen an den meisten HAWen fehlen.

Neuartig ist somit die VR- Simulation und somit auch das regelmäßige trainieren und experimentieren mit diesen Versuchsanlagen in die Lehre zu inkludieren. Hier können beispielsweise realistische Routinen einstudiert werden um Kompetenzzuwächse bei den Studierenden zu verzeichnen. Auch können Optimierungsprozesse erforscht werden ohne teure und knappe Ressourcen zu verbrauchen.

Dafür wird auf das Modell von Dalgarno u. Lee (2010) zurückgegriffen. Sie formulieren hierfür „Affordances to three-dimensional (3-D) virtual learning environments“ in welchem sie fünf Ebenen identifizieren auf denen dreidimensionale, virtuelle Lernumgebungen, Lernprozesse unterstützen können.

1. Räumliche Darstellung  
Virtuelle Experiences können verwendet werden, um Lernaufgaben zu erleichtern, die zur Entwicklung einer erweiterten räumlichen Wissensrepräsentation des erforschten Gebiets führen.
2. Erfahrungsbasiertes Lernen  
Virtual Reality Settings können verwendet werden, um experimentelle Lernaufgaben zu erleichtern, die in der realen Welt unpraktisch oder unmöglich wären, also Erfahrungen von Ereignissen ermöglichen die nur sehr selten auftreten oder äußerst materialintensiv in der realen Konstruktion wären.
3. Engagement  
Virtuelle Lernsetting können verwendet werden, um Lernaufgaben zu erleichtern, die zu einer erhöhten intrinsischen Motivation und Engagement führen.
4. Situiertes Lernen  
Virtuelle Lernumgebungen können verwendet werden, um Lernaufgaben zu erleichtern, die zu einem verbesserten Transfer führen von Wissen und Fähigkeiten auf reale Situationen durch Kontextualisierung des Lernens.
5. Kollaboratives Lernen  
Virtual Reality kann verwendet werden, um Aufgaben zu fördern, die zu effektiverem kooperativem Lernen führen, als dies mit 2-D-Alternativen möglich ist.

Ein weiteres, studiengangübergreifendes Ziel ist es mit diesem Entwicklungsvorhaben Future Skills im Allgemeinen zu fördern (Stifterverband & McKinsey 2021). Im speziellen sind es vor allen Dingen die sog. digitalen Schlüsselkompetenzen die im Folgenden kurz auf den Einsatz von immersiven Medien bezogen werden sollen.

Digitale Schlüsselkompetenzen beschreiben Kompetenzen, durch die Menschen in der Lage sind, sich in einer digitalisierten Umwelt zurechtzufinden und aktiv an ihr teilzunehmen.

Wichtige Skills wären hier zum einen Digital Literacy, welche das Beherrschen von grundlegenden digitalen Fähigkeiten meint, worunter auch immer mehr der Umgang mit Immersiven Medien zu subsumieren wäre (Frydenberg 2021). Für uns ist es auch von großer Bedeutung, dass die Studierenden VR als Werkzeug im Umgang mit technischen Fertigungsanlagen begreifen und erleben. Unsere Absolventinnen und Absolventen werden später evtl. in der Entwicklung, Planung, im Vertrieb oder Schulung solcher Anlagen arbeiten. Gebiete in den schon heute VR-Techniken eingesetzt werden.

Weitere Skills sind die digitale Kollaboration, die auch sehr gut in virtuellen Welten funktioniert, insbesondere mit dem sozialpsychologischen Phänomen „Präsenz“ in diesen Welten. Präsenz wird als die subjektive Erfahrung, an einem Ort oder in einer Umgebung zu sein, auch wenn man sich physisch an einem anderen befindet betrachtet (Witmer & Singer, 1998). Auch das Digital Learning ist ein weiterer wichtiger Future Skill. Hierunter versteht man u.a. die Deutung von

Informationen unterschiedlicher digitaler Quellen sowie die Nutzung von Lern Software, was einen direkten Bezug zu Immersiven Medien zulässt (vgl. Pellas et al. 2021).

## 4 Einbindung in die Hochschule

### 4.1 Das Tandem – eine fruchtbare Kooperation

Mit dem Tandem führen wir zwei Bereiche eng zusammen: Fachdidaktischer Expertise aus dem Bereich regenerative Energiesysteme und Umwelttechnik mit programmiertechnischer Expertise für virtuelle Lernwelten. Zudem ist Alexander Lanz als Immersive Learning Entwickler Teammitglied im Immersive Learning Team. Somit ist eine enge Zusammenarbeit auch mit den hochschuldidaktischen Mitarbeitern für die didaktische Konzeption der VR-Anwendungen fest eingeplant.

Natürlich besteht bereits in anderen Kontexten eine Kooperation zwischen der beteiligten Fakultät einerseits sowie der Hochschuldidaktik und dem Immersive Learning Team andererseits. Für das geplante Entwicklungsvorhaben bestünde im Alltag jedoch nicht die notwendige Zeit, um dieses Entwicklungsvorhaben umzusetzen. Dies ist würden das Fellowship-Tandem nicht nur beschleunigen, sondern vermutlich erst ermöglichen

### 4.2 Die Studiengänge

Die Lehre an der VR- soll in folgende Studiengänge implementiert werden:

- Bachelor „Energie- und Umwelttechnik“ (Fakultät Maschinenbau)
  - Vorlesung „Verfahrenstechnik“ (Pflichtfach, Hauptstudium)
- Master „Umwelt und Verfahrenstechnik“ (Fakultät Maschinenbau)
  - Modul „Technologiepraktikum“ (Pflichtfach)
- Bachelor „Elektromobilität“ (Fakultät Elektrotechnik)
  - Vorlesung „Batterien und Brennstoffzellen“ (Pflichtfach, Hauptstudium)
- Master Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnik der Hochschul föderation Südwest (HfSW)

### 4.3 Hochschulische Vernetzung

Das Vorhaben ist in der Fakultät für Maschinenbau und in der Hochschuldidaktik angesiedelt. Mit der Fakultät für Elektrotechnik besteht eine enge Zusammenarbeit, die sich in der Forschung im gemeinsamen Institut für Elektromobilität, und in der Lehre durch den Austausch von zahlreichen Vorlesungen niederschlägt. Ebenso besteht ein enger Austausch mit der Fakultät für Technologie und Management, insbesondere mit dem Studiengang „Physical Engineering“. Auch mit dem Institut Photonische Systeme wurden dementsprechende Vorgespräche geführt, zur Entwicklung einer virtuellen Anlage für Hochleistungslaser. Es ist dadurch unmittelbar sichergestellt, dass Studierende aus mehreren Studiengängen und drei Fakultäten von dem Vorhaben profitieren werden. Die bestehende intensive Kooperation der Hochschuldidaktik mit den Fakultäten bietet die Voraussetzung für eine erfolgreiche und dauerhafte Implementierung der VR-Elektrolyseanlage.

Alexander Lanz ist als Immersive Learning Entwickler in das Team der Hochschuldidaktik eingebunden und zentraler Bestandteil des von dieser betriebenen Immersive Learning Labs. Hier wird am didaktischen sinnvollen Einsatz von immersiven Medien (Virtual, Augmented, Mixed Reality) geforscht. Das Immersive Learning Lab versteht sich als fachliche unabhängige, zentrale Einrichtung mit beratender Funktion und dementsprechend als Dienstleister für alle Fakultäten und Studiengänge die in fundierter und nachhaltiger Art und Weise immersive Medien in die Lehre einbinden wollen. Das Entwicklungsvorhaben könnte somit als Best-Practice Beispiel dienen und für Strahlkraft in andere Fachbereiche

sorgen um dort auch ähnliche Vorhaben zu verwirklichen. In der Laborarbeit können Immersive Trainings beispielsweise das projektbasierte Lernen unterstützen. Auch um Studierende auf die Arbeit im Labor vorzubereiten und dort sicherheitsrelevante Dinge zu schulen, gilt als ein wichtiges Einsatzgebiet (Hu et al. 2021). Hier können auch gemeinsam Projekte realisiert werden z.B. wenn es um den Bau einer komplexen Hochvoltbatterie geht, was auch in Virtual Reality signifikant bessere learning outcomes mit sich bringt (Gurjinder et al. 2020). Es kann mit unendlich vielen, schadensfreien Versuchen Selbstvertrauen erworben werden um dann anschließend komplexe Geräte gemeinsam im „echten Leben“ zu bauen. Aber auch Augmented Reality kann beispielsweise unterstützend wirken, indem bestimmte sicherheitsrelevante Prozessschritte dem Träger einer AR Brille im Labor nahegebracht wird.

## 5 Evaluation, Verstetigung und Transfer

Evaluation, Verstetigung und Transfer denken wir an der RWU zusammen. Die Evaluation legt mit ihren vier Funktionen nach Stockmann (2004) den Grundstein für Verstetigung und Transfer. Als Lehrende haben wir zunächst ein intrinsisches Erkenntnisinteresse an unserem Lehrprojekt (Erkenntnisfunktion). Daraus ziehen wir Schlüsse zur Verbesserung unseres Projekts (Lernfunktion). Im zweiten Schritt wollen wir kontrollieren, inwieweit die intendierten Wirkungen auch nachweislich erreicht werden und nicht nur Produkt unseres Wunschenkens sind (Kontrollfunktion). Die Ergebnisse dienen dann als Teile der Argumentation, um für die Fortführung unseres Projekts einzutreten, im Projekt selbst in Form der Verstetigung und über das Projekt hinaus in Form des Transfers in andere Module, Studienfächer, Fakultäten und Hochschulen (Legitimationsfunktion).

Die Evaluation betrachtet dabei zum einen die implementierte Lehre und deren Auswirkungen auf die Studierenden selbst. Zum anderen ist insbesondere für den Transfer auch ein Blick auf dem zugrundeliegenden Transformationsprozesse notwendig: Welche Erfolgsfaktoren können wir hinsichtlich Umsetzung der neuen Lehrform identifizieren und welche Aspekte bearbeiten wir in der Weiterentwicklung nochmals und würden wir so nicht weiterempfehlen. Dementsprechend braucht es den evaluativen Blick auf beide Ebenen des Projekts: Den Meta-Blick auf das Projekt und den Micro-Blick auf implementierten Lehrlernansätze und für beide Ebenen entsprechende Indikatoren.

### 5.1 Evaluations Verfahren

Am Institut für innovative Lehre sowie Lehr- und Lernforschung (I3L) an der RWU haben wir ein Evaluations-Verfahren für hochschuldidaktische Projekte entwickelt, an das sich jedes hochschuldidaktische Projekt anschließen kann.

Das I3L-Verfahren lehnt sich an das Peer-Review Verfahren des internen Akkreditierungsprozesses an, mit dem wir bei der Qualitätssicherung der Studiengänge der RWU gute Erfahrungen gemacht haben. Das I3L-Verfahren besteht aus fünf Schritte:

1. Daten sammeln  
Monitoring, Usability Tests, Teilnehmendenbefragung, (Siehe Evaluationsinstrumente)
2. Interner Workshop: Der „Schulterblick“  
Das Projektteam diskutiert und bewertet intern die gesammelten Daten.
3. Selbstbericht  
Die Projektkoordination erstellt einen kurzen und prägnanten Projektbericht auf Grundlage der Daten und des „Schulterblicks“. Das Evaluations-Gremium des I3Ls erhält diesen Bericht.

#### 4. Begehung

An einem Projekttag stellen sich alle hochschuldidaktischen Projekte vor und diskutieren gemeinsam mit interessierten Lehrenden und Studierenden sowie dem I3L-Gremium über Fortschritte und Erkenntnisse. Abschlussbericht. Zunächst erfolgt ein öffentlicher Teil, an dem auch andere Projekte sich präsentieren und vorstellen können. Im anschließenden „geschlossenen“ Teil, haben die I3L-Gremiums-Mitglieder nochmals gesondert die Möglichkeit kritische Fragen zu platzieren sowie Rückmeldung zu geben.

#### 5. Die Forschungskoordination erstellt für alle vorgestellten Projekte einen integrierten Semesterbericht.

Das Verfahren stellt einerseits Reflexion und wichtige Impulse von außerhalb des Projekts sicher. Zudem ist dies ein Teil des Transferkonzepts. Denn die unterschiedlichen Projekte haben so eine institutionalisierte Gelegenheit zur Vernetzung, zum Austausch und zur Identifikation der Synergiepotentiale. Das Gremium fungiert darüber hinaus als Multiplikator:innen in die Hochschule hinein und – bei angestrebter auch externer Besetzung – darüber hinaus. Zudem können diese ebenfalls unterstützen Synergiepotentiale zwischen den Projekten zu entdecken.

## 5.2 Evaluationsinstrumente

In diesem Projekt verwenden wir vier Erhebungen. Ein umfassendes Monitoring stellt die Basis: Wie oft wird das neue Lehr-Lern-Verfahren eingesetzt, in wie vielen Kursen, wie viele Teilnehmende hatten wir jeweils, wie lange war die Einsatzdauer und ggfs. wie viele Stunden „trainierten“ die Studierenden freiwillig.

Eine Usability-Testung mit einzelnen Nutzerinnen und Nutzer in Anlehnung an S. Krug (2010) gibt qualitativen Einblick, hilft bei der formativen Weiterentwicklung der Plattform und erlaubt auch eine Bewertung der Handhabung. Inwieweit das integrierte Eye-Tracking der Brillen zusätzlich genutzt werden kann, muss noch ausprobiert werden.

Die dritte Erhebungsmethode ist eine besondere Form der Veranstaltungsevaluation. Zusätzlich zu den üblichen Fragen der Veranstaltungsevaluation integrieren wir Fragen zur Handhabbarkeit der Technik. Diese wurden bereits (im Zuge der Pandemie) für E-Learning und Blended-Learning Veranstaltung entwickelt. Das Projektteam passt diese auf die VR-Umgebung an. Neben Akzeptanz und Handhabung sind allerdings auch die Ebenen der Wirkung von besonderem Interesse. Retrospekte Pre-Post-Tests in Anlehnung an Raupach et. al. (2012) können Hinweise geben, inwieweit die Technik Lehrwirksam war.

Die vierte Erhebung ist eine Einschätzung und Bewertung der erzielten Leistungsnachweise durch die Lehrperson selbst. Haben sich die Leistungsnachweise qualitativ gegenüber früheren Erfahrungen nachhaltig verändert?

## 5.3 Definition von Erfolg

Das Projekt stellt eine explorative Annäherung an Immersive Medien im Studiengang dar. Erfolg ist es schon, wenn weiterführende Erfahrungen gemacht werden können. Erfolg im Einsatz ist bei einer überwiegend (75% oder mehr) positiven Bewertung der Handhabung sowie Zuschreibung der Lernwirksamkeit auf die Technik durch Studierende. Auch für die Lehrperson selbst muss der Einsatz natürlich handhabbar sein, insbesondere muss die Person jedoch einen Erfolg der Maßnahme wahrnehmen. Denn dies stellt eine Voraussetzung für einen weiteren Einsatz dar. Fokus auf den Transfer und Verstetigung legt das Gremium des I3L. Dieses muss den Nutzen bescheinigen, den Aufwand für gerechtfertigt einstufen und eine Verstetigung als sinnvoll erachten.

## 5.4 Verstetigung und Transfer

Die institutionelle Verankerung ist eine gute Voraussetzung, dass Verstetigung der Projekte denkbar ist. Prof. Dr. Ziegler sieht das Projekt als Beginn der Integration der Technologie in den Studiengang Energie- und Umwelttechnik. Als Studiengangsleitung hat er die Möglichkeit den Rahmen des Studiums so zu beeinflussen, dass ein langfristiger Einsatz möglich ist. Alexander Lanz wiederum ist in anderen Projektkontexten der Hochschule ebenfalls in Immersive Learning Projekte eingebunden. Diese Anbindung an ein größeres Immersive Learning Team stellt sicher, dass Support und KnowHow auf Immersive Medien langfristig an der RWU gesichert ist und Weiterentwicklung angestrebt wird.

Den Transfer denken wir sowohl in die eigene Hochschule hinein als auch darüber hinaus. In die Hochschule hinein ist die institutionelle Einbindung der beiden Tandem-Partner die mit Abstand größte Ressource. Grundsätzlich ist eine Adaption auf alle (ressourcenintensiven, evtl. schnell veralteten) Labore denkbar und realisierbar. Auch werden die fortschreitenden technologischen Möglichkeiten den Einsatz immersiver Medien immer realistischer werden lassen, so dass hier sicherlich ein Vorzeigeprojekt für alle denkbaren fachlichen Aufbauten initialisiert wird, welches sicherlich zahlreiche Nachahmer findet. Die interne Konferenz, das I3L-Gremium sowie der veröffentlichte Projektbericht sind Schritte, die Erkenntnisse in die Hochschule hinein zu kommunizieren.

Der Projektbericht wird auch nach extern veröffentlicht, was zumindest für suchende Personen eine Hilfestellung geben kann. Darüber hinaus wird proaktiv das Konzept vorgestellt. Neben der Teilnahme an den Fellowship-Treffen wird mindestens eine Konferenzteilnahme angestrebt. Darüber hinaus sollen sowohl wissenschaftliche Veröffentlichungen angestrebt werden als auch eine Veröffentlichung des didaktischen Konzepts sowie der Materialien über das Zentrale Open Educational Resources Repositorium des Landes Baden-Württemberg. Eigenentwicklungen von Immersiven-Umgebungen oder -Anwendungen sollen ebenfalls mit anderen Hochschulen geteilt werden. Bei gekaufter Software kann zumindest das Anwendungsszenario und die didaktische Einbindung geteilt werden.

## 6 Persönlicher Mehrwert

Durch die Teilnahme am Fellows-Programm erhoffe ich mir neue Anregungen für weitere Verbesserungen im Bereich innovativer Lehre. Dadurch möchte ich noch besser an der kontinuierlichen Verbesserung unserer Lehrveranstaltungen mitwirken. Darüber hinaus können und werden neue Kontakte zu anderen motivierten Hochschullehrern für neue zukünftige Aktivitäten und Projekte entstehen. Die Teilnahme am Fellows Programm bietet auch die Möglichkeit, unsere Erfahrungen mit der VR im Themenfeld Energie und Umwelt aktiv an andere Fellows weiterzugeben und im besten Fall andere Hochschulen zur Nachahmung und Weiterentwicklung des Ansatzes anzuregen. Damit möchte ich einen Beitrag zur Verbreitung des Ansatzes „VR für die Energiewende“ auch weit über unsere Hochschule hinaus leisten.

## 7 Literaturverzeichnis

- Anderson, E.B., Friedland, R.J., Schiller, M.S., Dreier, K.W (2010). Large-Scale PEM Electrolysis for Hydrogen Fueling. Präsentation 18th WHEC, Essen, 16.-21. Mai 2010
- BASF (2020). BASF-Ausbildung setzt auf Virtual-Reality-Technik. Im Internet unter: <https://www.basf.com/global/de/who-we-are/organization/locations/europe/german-sites/ludwigshafen/the-site/news-and-media/news-releases/2020/07/p-20-245.html> (zuletzt aufgerufen am 27.10.22)
- Dalgarno, B., & Lee, M. J. W. (2010). What are the Learning Affordances of 3-D Virtual Environments? *British Journal of Educational Technology*, 41(1), pp. 10–32.
- Frydenberg M, Andone D. (2021) Converging Digital Literacy through Virtual Reality IEEE Frontiers in Education Conference (FIE), 2021, pp. 1-7
- Gurjinder, Singh; Mantri, Archana; Sharma, Ojaswa; Kaur, Rashpinder (2021). Virtual reality learning environment for enhancing electronics engineering laboratory experience. In: *Comput Appl Eng Educ* 29 (1), S. 229–243. DOI: 10.1002/cae.22333.
- Hu-Au, E., Okita, S. (2021). Exploring Differences in Student Learning and Behavior Between Reallife and Virtual Reality Chemistry Laboratories. *J Sci Educ Technol* 30, 862–876 (2021).
- Krug, S. (2010). *Web usability: rocket surgery made easy*. Pearson Deutschland GmbH.
- Neugebauer R., *Wasserstofftechnologien* (2022), Springer Vieweg, 1. Aufl.
- Pehnt, M., Höpfner, U. (2009) *Wasserstoff und Stromspeicher in einem Energiesystem mit hohen Anteilen erneuerbarer Energien: Analyse der kurz- und mittelfristigen Perspektiven*. Auftragsstudie des BMU.
- Pellas, N., Mystakidis, S., & Kazanidis, I. (2021). Immersive Virtual Reality in K-12 and Higher Education: A systematic review of the last decade scientific literature. *Virtual Reality*, 25(3), 835–861.
- Raupach, T., Schiekirka, S., Münscher, C., Beißbarth, T., Himmel, W., Burckhardt, G., & Pukrop, T. (2012). Implementierung und Erprobung eines lernziel-basierten Evaluationssystems im Studium der Humanmedizin.
- Stifterverband & McKinsey 2021. *Framework Future Skills* (2021). 21 Kompetenzen für eine Welt im Wandel
- Stockmann, R. (2004). *Was ist eine gute Evaluation? Einführung zu Funktionen und Methoden von Evaluationsverfahren*.
- Witmer B.G., Singer M.J. (1998). Measuring presence in virtual environments: A presence questionnaire. *Presence*, 7(3), pp. 225–240. MIT Press Journals DOI: 10.1162/105474698565686