

# MARLA-Masters of Malfunction

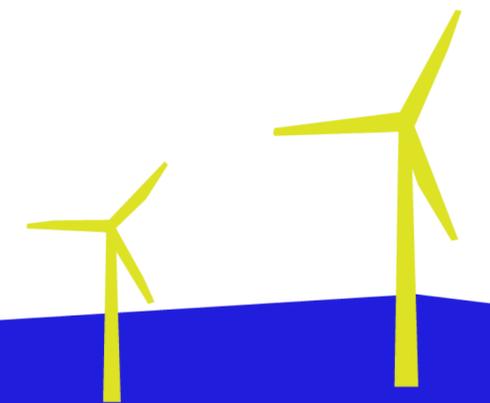
Virtual Reality Game zum Trainieren der Fehlerdiagnosekompetenz in der Erstausbildung im Bereich Elektro- und Metalltechnik

***Pia Spangenberg, Nadine Matthes, Linda Kruse, Markus Kybart, Kristina Schmidt, Felix Kapp***



# Agenda

1. *Projektvorstellung*
2. *Ziele und Lernziele der VR-Anwendung*
3. *Theoretische Einordnung*
4. *Game Design*
5. *Blick ins Spiel*
6. *Evaluation*
7. *Implikationen*
8. *Fazit*



**MARLA**  
*Masters of Malfunction*

# Projektvorstellung



# Verbundpartner



Technische  
Universität  
Berlin

DR. PIA SPANGENBERGER  
NADINE MATTHES

Technische Universität Berlin  
FG Fachdidaktik Bautechnik und  
Landschaftsgestaltung  
pia.spangenberg[er]@tu-berlin[.]de

DR. FELIX KAPP

PROF. DR. MATTHIAS RÖTTING

Technische Universität Berlin  
FG Mensch-Maschine-Systeme  
felix.kapp[er]@tu-berlin[.]de



LINDA KRUSE

the Good Evil GmbH  
Game Studio, Köln



Handwerkskammer Osnabrück-  
Emsland - Grafschaft Bentheim

MARKUS KYBART

Handwerkskammer Osnabrück-  
Emsland-Grafschaft Bentheim,  
BTZ Berufsbildungs- und  
Technologie Zentrum



Handwerkskammer  
Koblenz

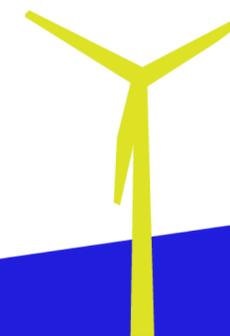
KRISTINA SCHMIDT

Kompetenzzentrum Digitales  
Handwerk, Koblenz

GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium  
für Bildung  
und Forschung



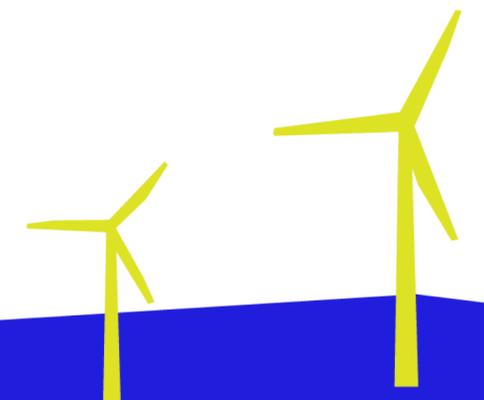
# Assoziierte Partner

**RWE**

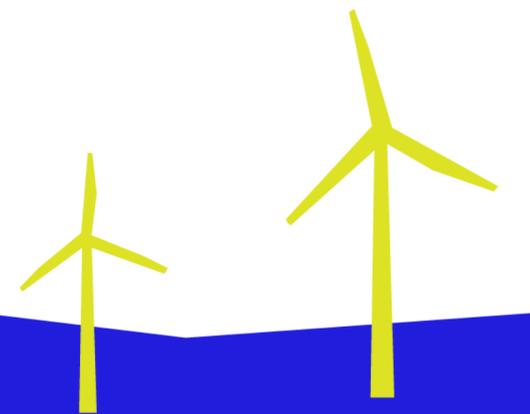
Offshore Windpark Arkona



**WILA**  
Wissenschaftsladen Bonn

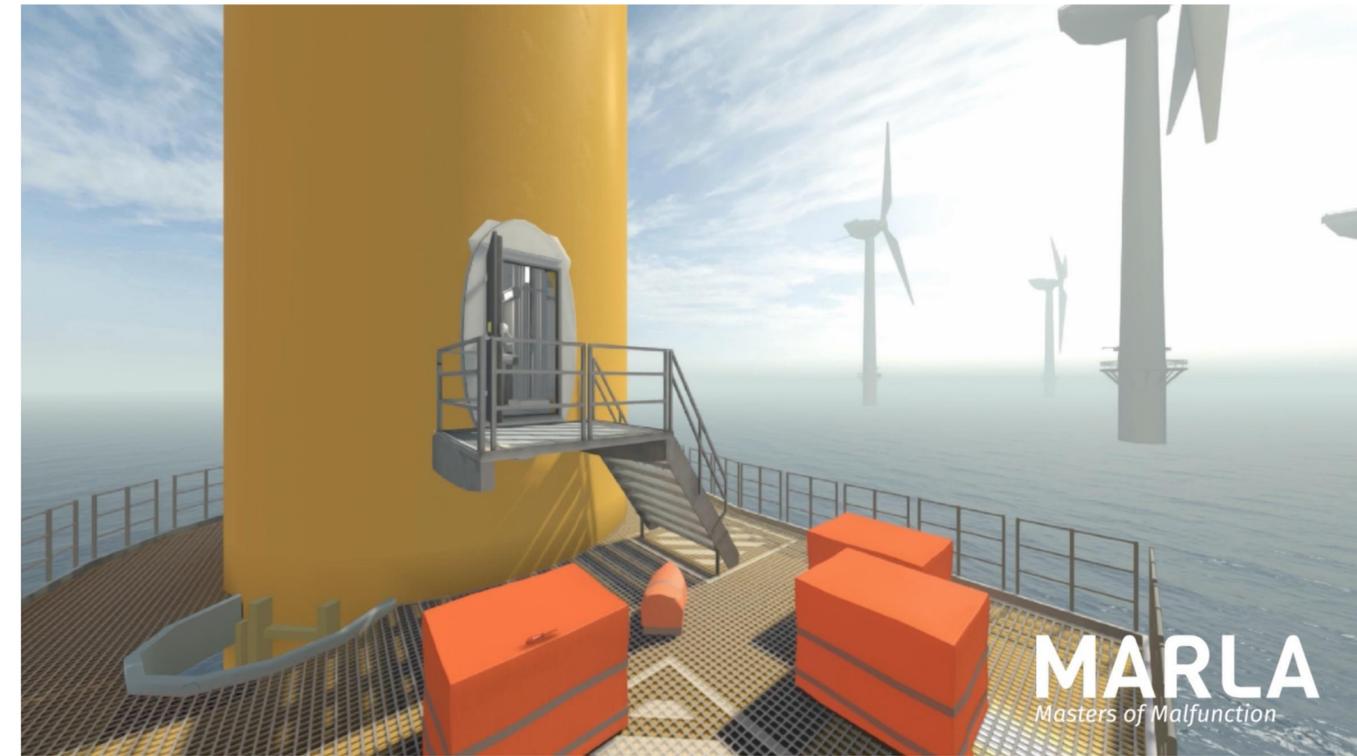


# Ziele & Lernziele der VR- Lernanwendung

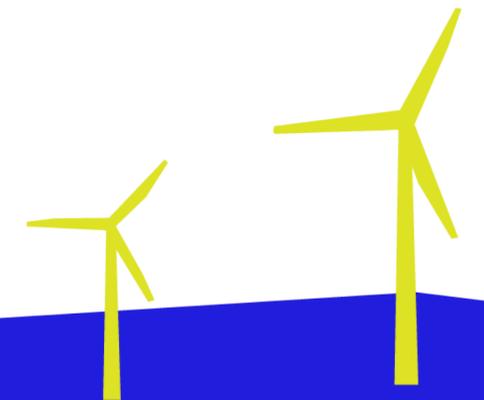


# Projektziele

- *Entwicklung einer spielerischen Virtual Reality (VR) Lernanwendung für die Erstausbildung am Beispiel Windenergietechnik*
- *Untersuchung des Mehrwerts für die berufliche Ausbildung im Bereich Metall- und Elektrotechnik*



© the Good Evil / MARLA Projekt



# Lernziele

---

## Primäres Lernziel

*Spieler\*innen können Fehler in einer technischen Anlage fachgerecht diagnostizieren.*

---

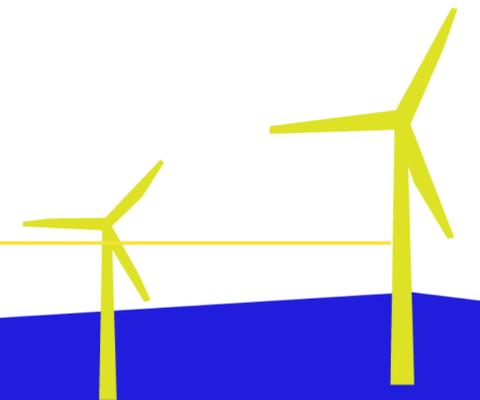
## Weitere Lernziele

*Spieler\*innen können den Aufbau einer Windkraftanlage erklären und einzelne Bauteile benennen.*

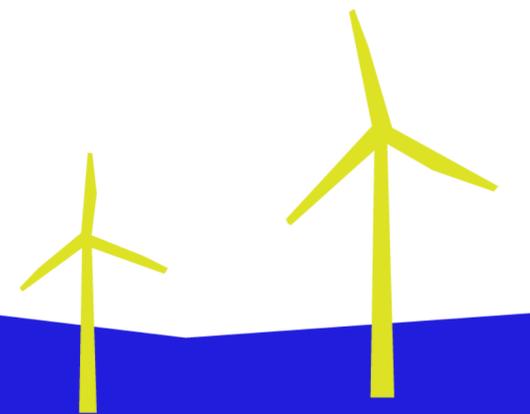
---

*Spieler\*innen erinnern Fakten und Richtwerte der Leistungsfähigkeit einer Offshore-Windkraftanlage.*

---

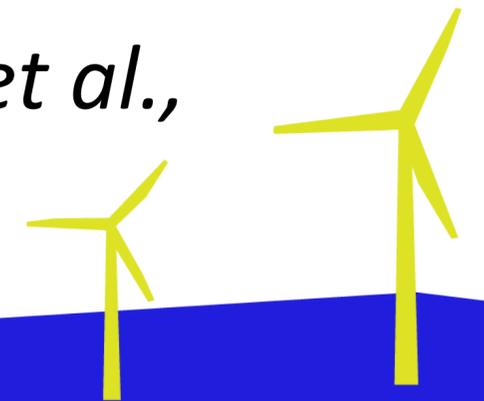


# Theoretische Einordnung



# Lernziel #1: Fehlerdiagnosekompetenz

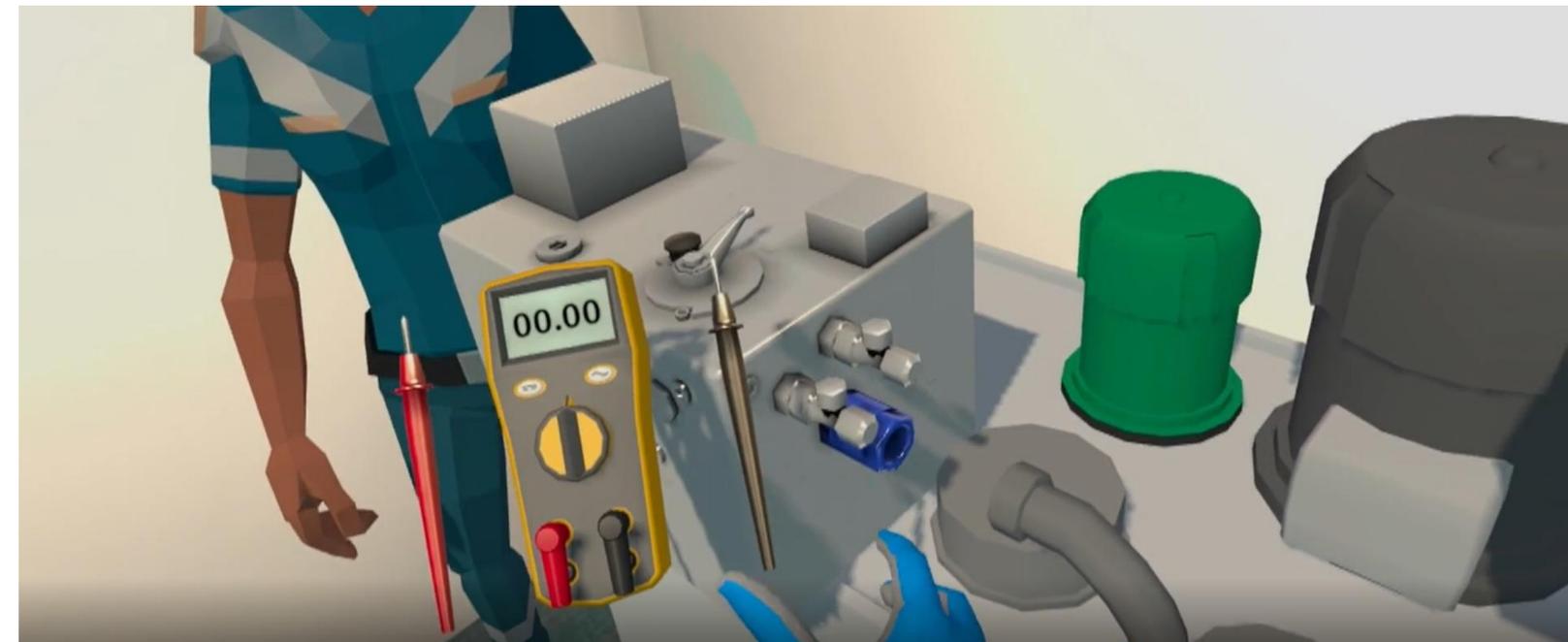
- *Das Beherrschen der Fehlerdiagnosekompetenz ist in einzelnen Ausbildungsordnungen entsprechender elektrotechnischer, metalltechnischer oder auch mechatronischer Berufe verankert*
- *Es wird bemängelt, dass junge Facharbeiter\*innen das Fachwissen zur Fehlerdiagnose nicht ausreichend umsetzen (z.B. Schaafstal et al., 2000; Benda, 2007; Walter et al., 2016; Schray et al., 2016; Konradt, 1994)*
- *Es fehlt an ausreichend didaktischen Konzepten, um die Fehlerdiagnosekompetenz im Unterricht zu trainieren (Matthes et al., 2021)*



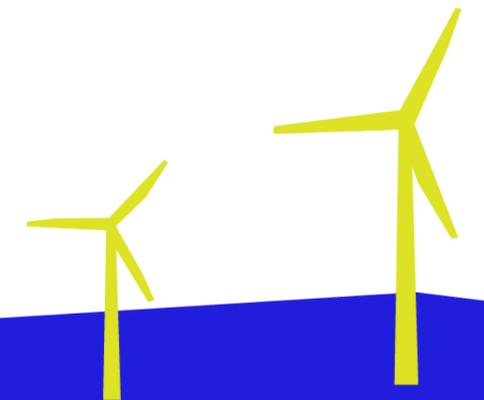
# Lernziel #1: Fehlerdiagnosekompetenz

*Vorgang des Auffindens von Fehlerursachen zur Fehlerbehebung am hydraulischen Bremssystem, trainiert anhand von acht Schritten n. Matthes (in Vorbereitung):*

- 1) Fehler erfassen*
- 2) Ist-Zustand beschreiben*
- 3) Suchraum eingrenzen*
- 4) Hypothesen aufstellen u. bewerten*
- 5) Hypothesen überprüfen*
- 6) Instandsetzen*
- 7) Wiederinbetriebnahme*
- 8) Fehlerdokumentation ausfüllen*



© the Good Evil / MARLA Projekt



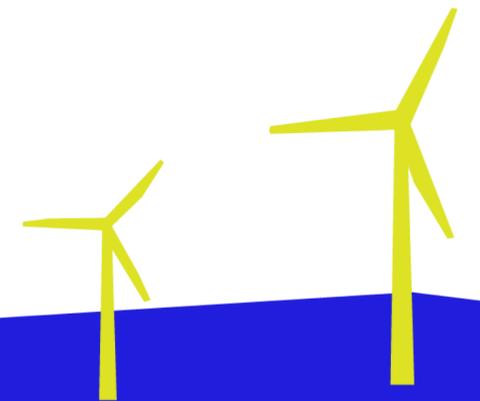
# Cognitive-Apprenticeship-Ansatz

- *Phase 1: Modellhaftes Vormachen*
- *Phase 2: Anleiten*
- *Phase 3: Differenziertes Unterstützen*
- *Phase 4: Reflexion*
- *Phase 5: Erkundung*

*(vgl. Collins et al. 1987).*



© the Good Evil / MARLA Projekt

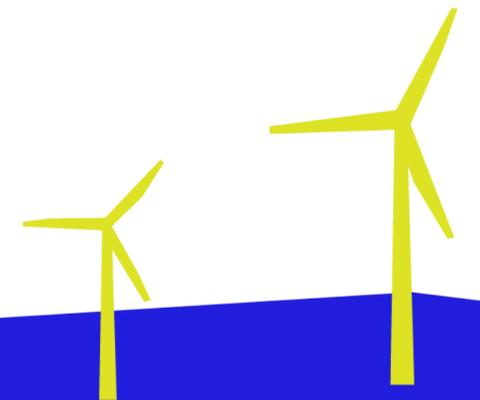


# Lernziel #2 Windenergietechnik

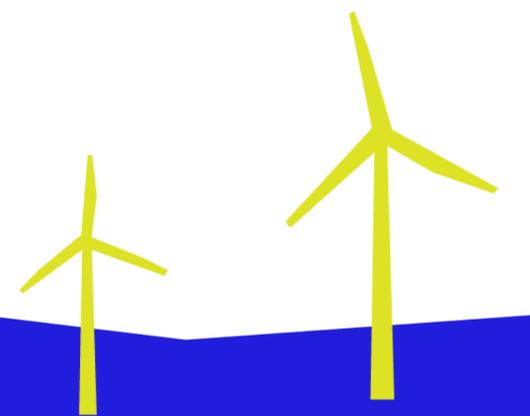
- *Einblick in Arbeitsprozesse im Arbeitsfeld Erneuerbare Energien*
- *Gesellschaftlicher Beitrag einer technischen Tätigkeit zur nachhaltigen Entwicklung (UNESCO Dekade „BNE 2030“)*
- *Nachhaltigkeitsorientierte Gestaltungskompetenz nach Kuhlmeier & Vollmer (2018) verknüpft die Lernanwendung damit die Kompetenzförderung im Bereich der Elektro- und Metalltechnik*



© the Good Evil / MARLA Projekt

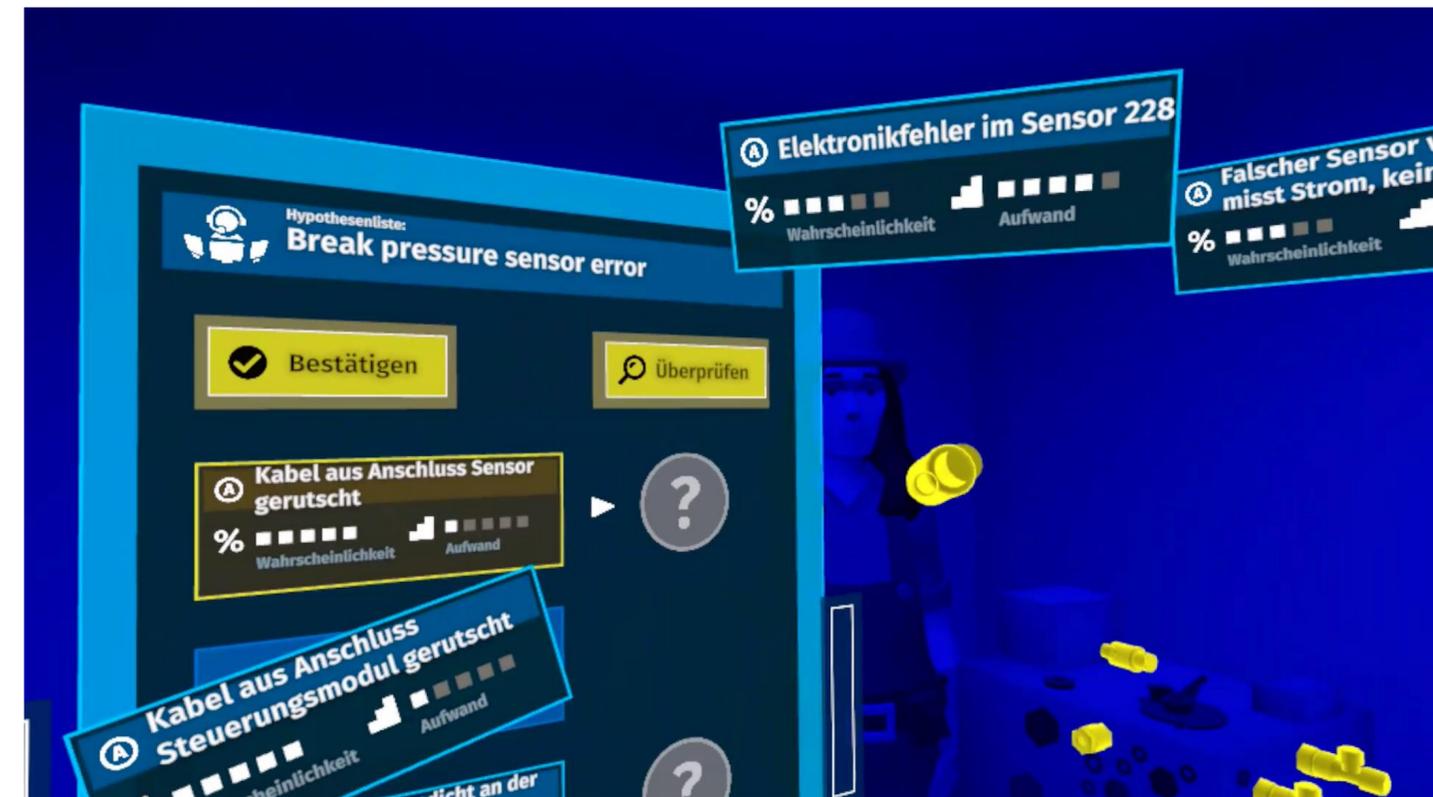


# Game Design

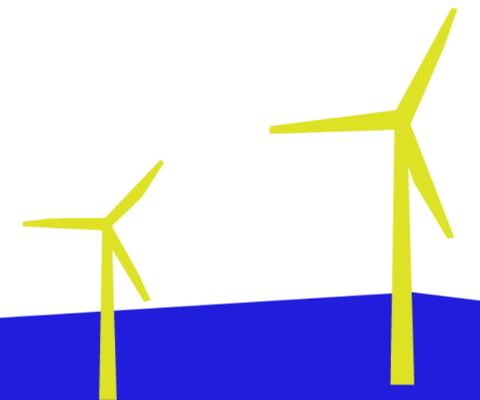


# Interaktion mit pädagogischer Agentin

- *Pädagogische Agentin gibt den Auszubildenden klare Vorgaben, welche Arbeitsprozesse durchlaufen werden müssen.*
- *Beispiel: Erläuterung der Hypothesenaufstellung möglicher Fehlerursachen.*
- *Die/der Auszubildende erhält Feedback, falls a) die Hypothesen nicht richtig sind, und b) die Reihenfolge der Arbeitsausführung nicht eingehalten wird.*



© the Good Evil / MARLA Projekt

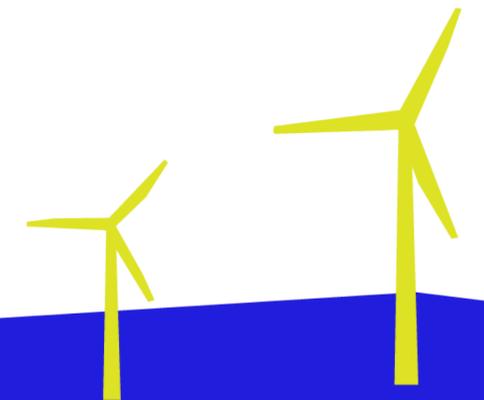


# Lernen mit Mini-Modellen

- *modellierte WKA in verkleinerter Skalierung, sog. Mini-Modelle.*
- *pädagogische Agentin erklärt einzelne Bauteile und deren Funktion.*
- *Durch Anklicken wird jedes einzelne Bauteil grafisch hervorgehoben und Stromverläufe sowie Funktion visualisiert.*
- *So wird bspw. der Weg des generierten Stroms von der WKA zum Umspannwerk und von dort zum Land durch aufleuchtende Stromleitungen verdeutlicht.*

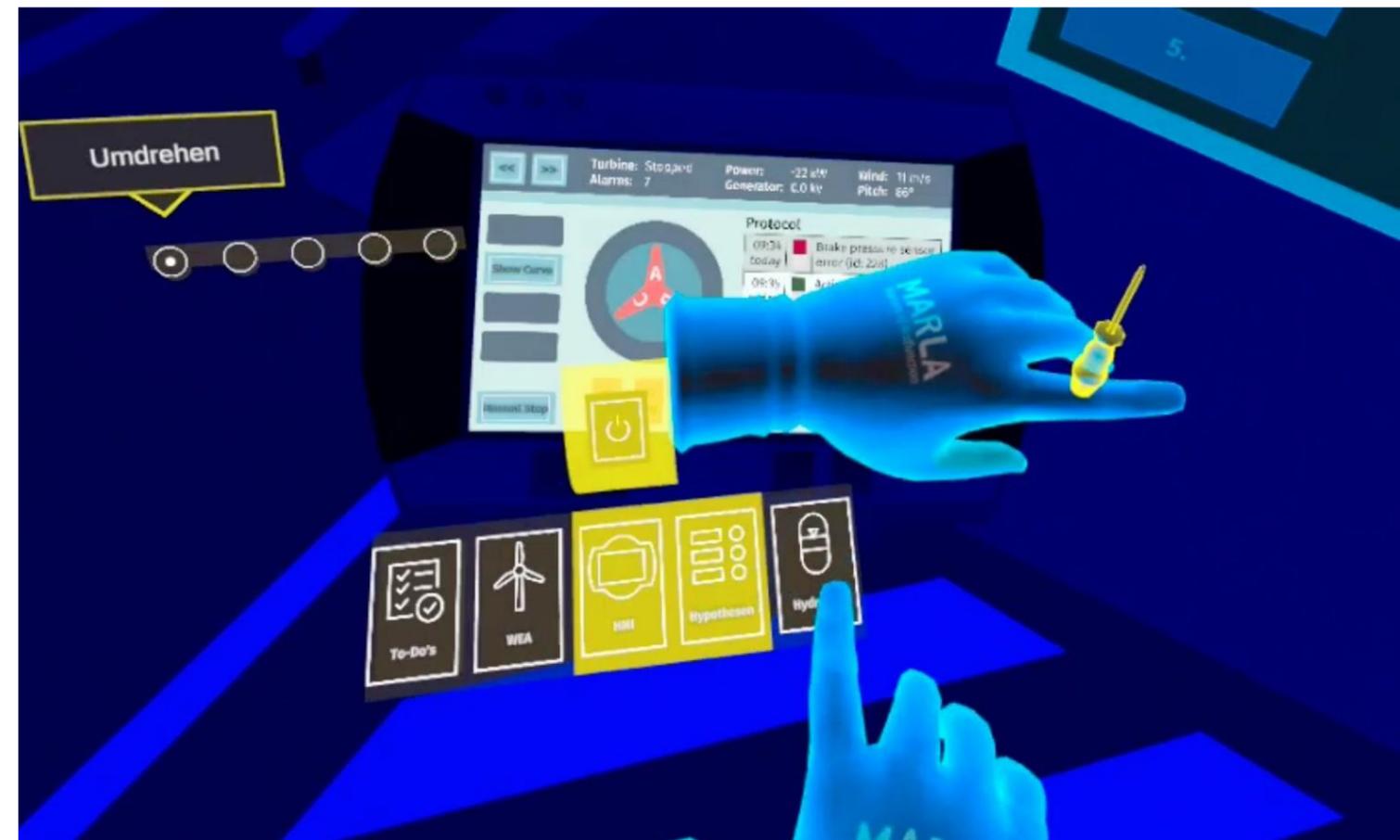


© the Good Evil / MARLA Projekt

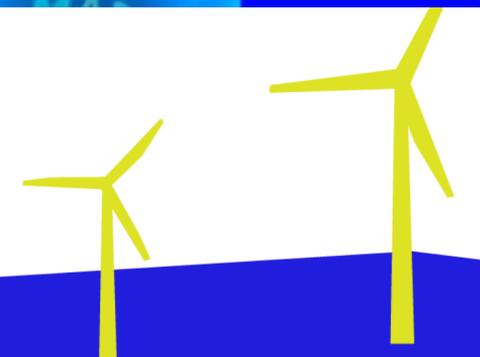


# „Hilfsfunktion“

- *Visualisierung von Denkprozessen*
- *Hydraulikplan aufrufen*
- *Hypothesenliste anzeigen*
- *Pointy Help => Hilfsfunktion - Kommunikation mit der Leitzentrale*
- *Unterstützt zum Beispiel bei der Überprüfung und Auswahl möglicher Fehlerursachen, indem die gedankliche „Vermutungen“ an einzelnen Bauteilen abgebildet werden*



© the Good Evil / MARLA Projekt

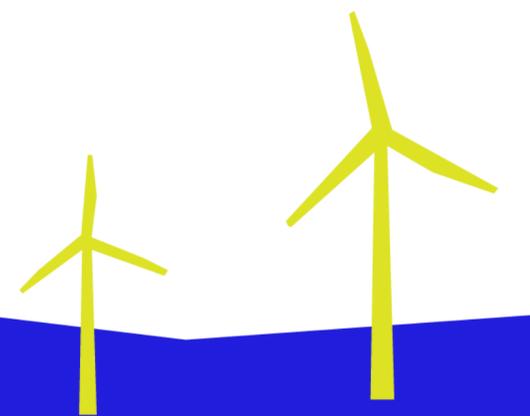


# Blick ins Spiel



[https://youtu.be/mYPa-M\\_kf8](https://youtu.be/mYPa-M_kf8)

# Evaluation



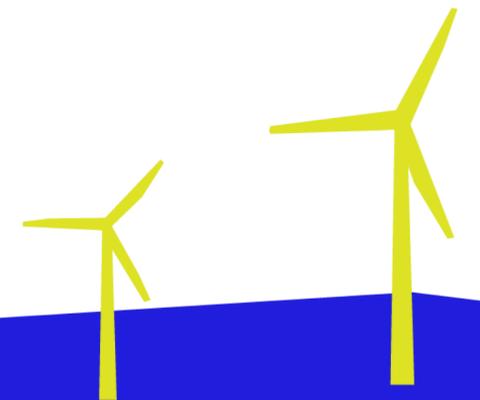
# Evaluation - Ziele

## **Wie sollte man MARLA gestalten? (Optimierungsfunktion)**

- Welche Elemente funktionieren bereits? Wo gibt es noch Probleme?
- Quest, Interaktionen, Technik, Kontext, Vorwissen

## **Welche Erkenntnisse kann man prinzipiell hinsichtlich der Gestaltung von VR Lernumgebungen gewinnen? (Erkenntnisfunktion)**

- Wie sollte ein NPC gestaltet sein? Wie lässt sich Präsenzerleben fördern?
- Nach wieviel Zeit brauchen Lernende eine Pause? Was verursacht Motion Sickness?
- Wie sollten VR Lernumgebungen didaktisch eingebettet sein?



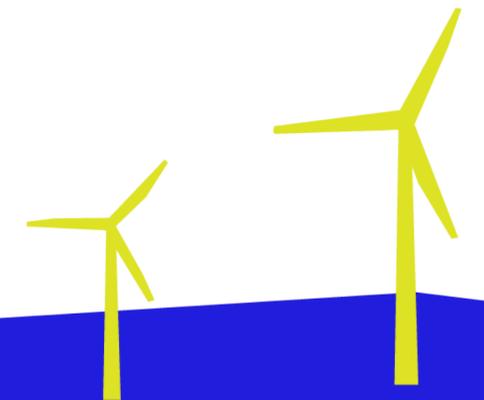
# Evaluation - Vorstudien

## **Vorwissen der Zielgruppe**

- Auszubildende (n = 47) bearbeiten am Computer textbasierte Aufgabe zur Fehlerdiagnose in Windkraftanlage (WKA)
- Vorwissen WKA (gering), Motivation sich mit WKA zu beschäftigen (hoch) und Fehlerdiagnosekompetenz (gering) wurde erfasst

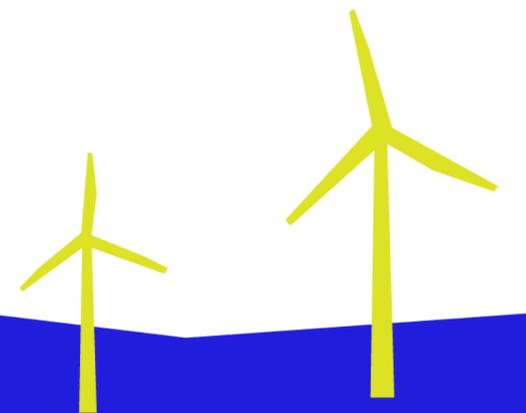
## **Formative Evaluation Prototyp:**

- Gelegenheitsstichprobe (n = 12) spielt Prototyp, technische Hürden und individuelles Feedback werden erfasst
- Navigation und Cognitive Vision positiv bewertet



# Evaluation – Studie 1

Welchen **Unterschied** gibt es zwischen **VR Lernumgebungen** im Vergleich zu **Text/Bild/Video Lernumgebungen** in Bezug auf den **Wissenserwerb**, das **Präsenzerleben**, die **Lernmotivation** und die **Game-Experience**?



# Evaluation – Studie 1\*

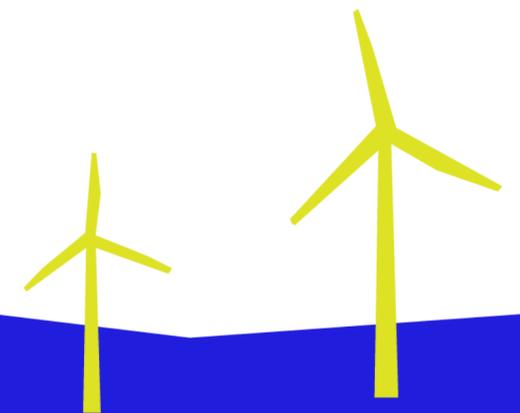
## Teilnehmende

- 47 Personen (22 Männer, 25 Frauen) 19-41 Jahre alt, ca. 75% Studierende

## Ablauf:

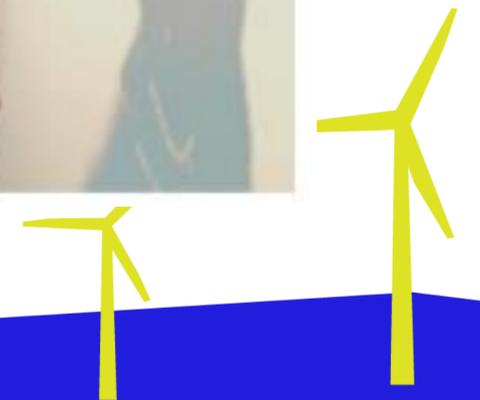
- Vorbefragung (Soziodemografische Daten, Vorwissen etc.)
- Gruppe 1 (VR Umgebung), Gruppe 2 (Text, Video, Bilder), Gruppe 3 (VR + Text/Bilder)
- Nachbefragung (Wissen WKA und hydraulisches Bremssystem, Motion Sickness (SSQ), Game- Experience (GEQ), Präsenz)

\* unter Mitarbeit von Moritz Niebeling und Marc Tiedemann



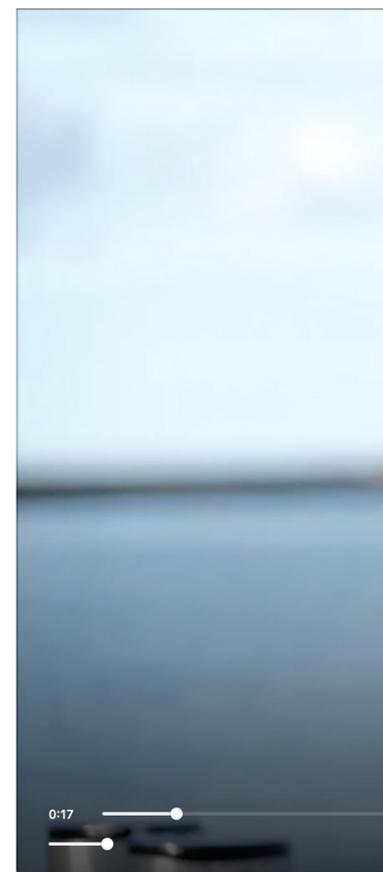
# Evaluation – Studie 1

- Lagerhalle, Minimodell 1 (WKA allgemein) und Minimodell 2 (hydraulisches Bremssystem) – bis zum Boot
- Spieldauer: 12-15 min
- Alex mit menschlicher Stimme
- Durchführung im Labor an TU Berlin

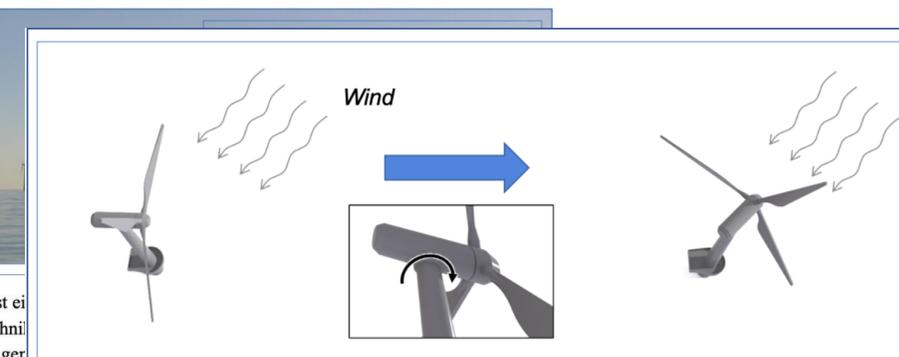


# Evaluation – Studie 1

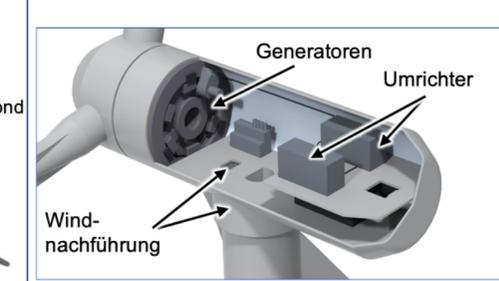
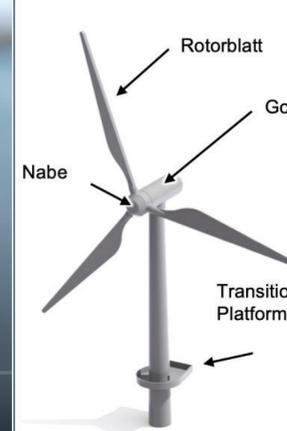
- Text/Bild/Video Lernumgebung bestand aus 5 min Video „Arbeit in einem Offshore Windpark“ und Text und Bildmaterial zur Funktionsweise einer WKA und des hydraulischen Bremssystems



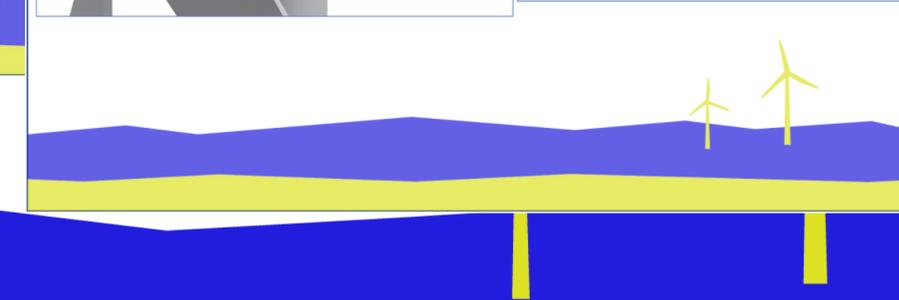
Hallo. Stelle Dir bitte vor, Du bist ein Auszubildender der Windkrafttechnik. Du bist das erste Mal zu den Anlagen alles kennenzulernen. Doch bevor es geht, fängt der Arbeitstag mit einem Diesse findet auf dem Betriebsgelände Offshore-Windenergiepark auf der Ostseeküste statt. Da es dein erster Tag Dir die Grundlagen der Windtechnik. Außerdem kannst Du Dir auf dem Bildschirm anschauen, welches einen Einblick in die Funktionsweise einer Windkraftanlage gibt.



Wenn sich nun die Windverhältnisse verändert, zum Beispiel die Windstärke oder die Windrichtung, greifen verschiedene Systeme in der Windkraftanlage. Die Rotorblätter können mittels einer hydraulischen Blattverstellung, der „Pitchregelung“, verstellt werden. Über die sogenannte Windnachführung richtet sich die WKA mittels Motoren immer richtig zum Wind aus. Das Ziel der Verstellungen durch Blattverstellung und Windnachführung ist die optimale Windausnutzung und gleichbleibende Umdrehungsgeschwindigkeit.

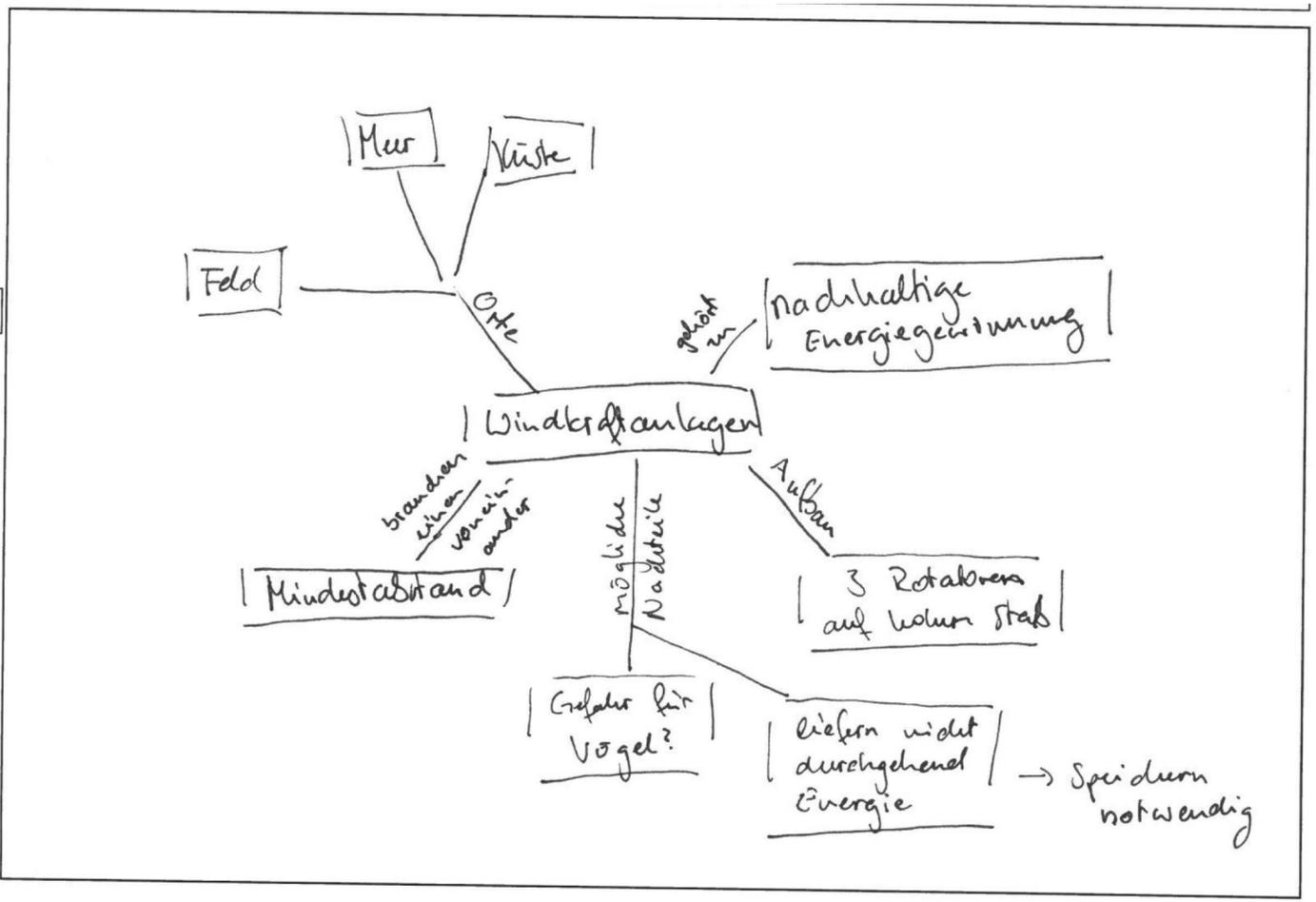


Die Ringgeneratoren wandeln die kinetische Windenergie zu Strom um, sie erzeugen jeweils bis zu 3 MW. Die beiden Umrichter befinden sich auf der mittleren Ebene der Gondel. Sie sind zuständig für die Umwandlung von Wechselstrom mit beliebigen Frequenzen in frequenzschwankungsfreien und damit netzkonformen Wechselstrom. Der Trafo befindet sich auf der unteren Ebene der Gondel und bildet das Gegengewicht zu den schweren Generatoren. Er hat die Aufgabe den Strom für einen möglichst verlustfreien Weitertransport auf ein entsprechendes Spannungsniveau umzuwandeln.

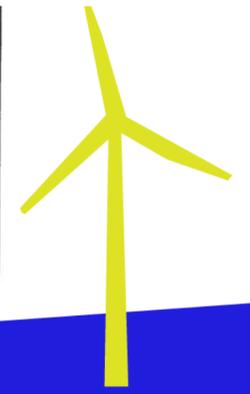
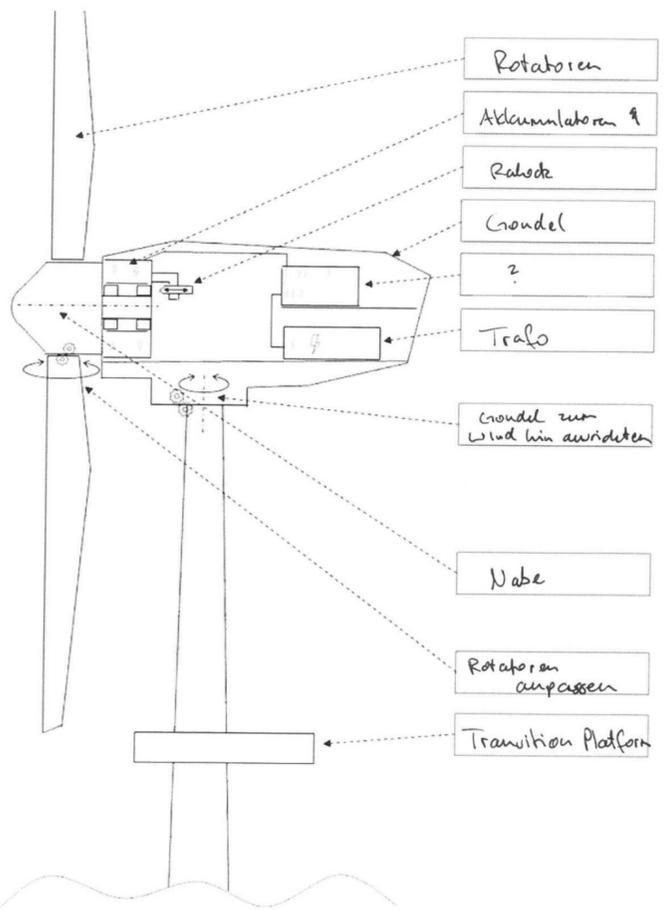
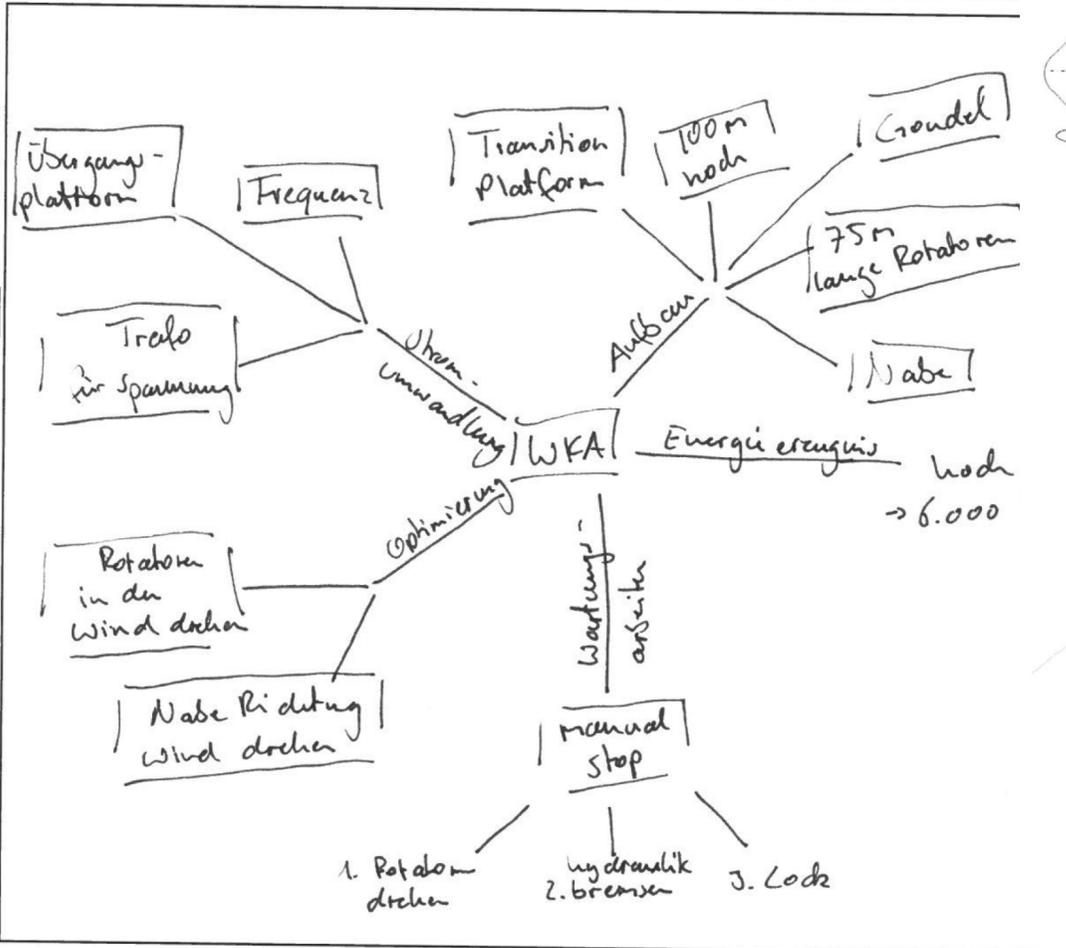


# Ergebnisse Studie 1

- Auswertung Wissenserwerb läuft noch

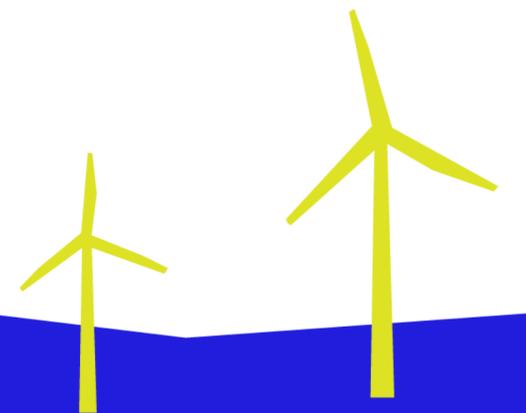


## Post Concept Map



# Evaluation – Studie 2

Welche **kognitiven** und **motivationalen Effekte** hat **MARLA**?  
Welchen Einfluss hat die **Gestaltung des NPC** auf das **Erleben** und  
den **Wissenserwerb** in der VR Lernumgebung?

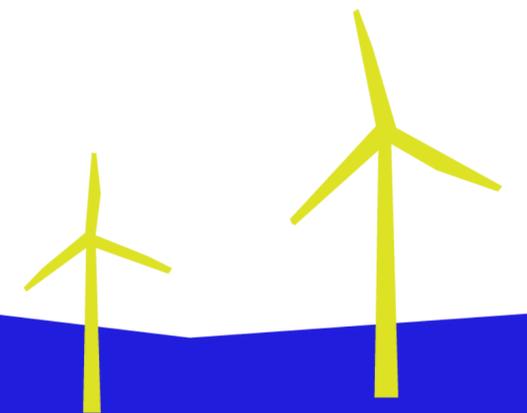


# Evaluation – Studie 2\*

## Teilnehmende

- 46 Personen (45 Männer, 1 Frauen) 18-40 Jahre alt (MW = 22.5, SD = 4.41)
- Ausbildungsberufe: Elektroniker für Informations- und Telekommunikationstechnik, Elektroniker für Maschinen und Antriebstechnik, Elektroniker für Gebäudetechnik
- Ausbildungsjahr: 1. Lehrjahr (2), 2. Lehrjahr (11), 3. Lehrjahr (23), 4. Lehrjahr (10)

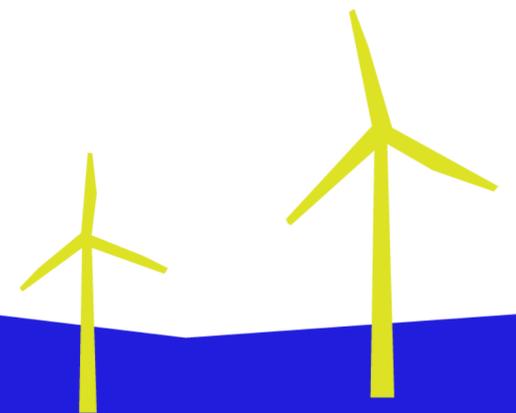
\* unter Mitarbeit von Moritz Niebeling und Yannek Karim Adams



# Evaluation – Studie 2

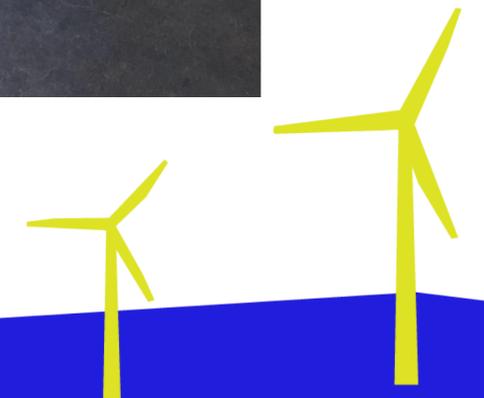
## Ablauf

- Vorbefragung (Soziodemografische Daten, Vorwissen etc.)
- Teil 1 in VR: „VR Umgebung mit Blocky“ vs. „VR Umgebung mit Human“
- Zwischenbefragung nach ca. 20 min
- Teil 2 in VR: „VR Umgebung mit Blocky“ vs. „VR Umgebung mit Human“
- Nachbefragung (Schwierigkeiten, allgemeiner Eindruck, Wissen Fehlersuche und hydraulisches Bremssystem, Motion Sickness (SSQ), Game- Experience (GEQ))



# Evaluation – Studie 2

- Sequenz: Lagerhalle, Minimodell 1 (WKA allgemein), Boot, TP, Turmeingang, Gondel (Minimodell 2 (hydraulisches Bremssystem), Fehlersuche, Maschinenraum, Hydraulikplan, Hypothesen, Messen, Instandsetzen, Anlage wieder in Betrieb, Fehlerdokumentation
- Spieldauer: Teil 1 ca. 20 min, Teil 2 ca. 25 min



# Evaluation – Studie 2

- Blocky

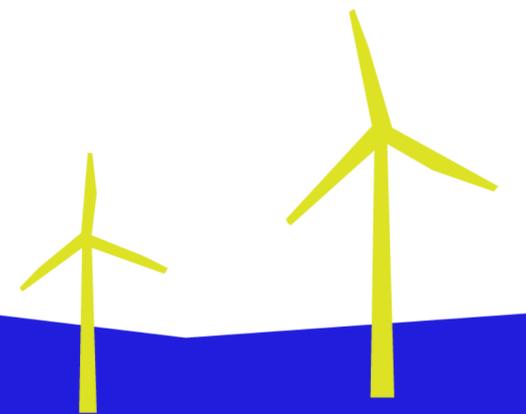


- Human



# Studie 2: Ergebnisse

- Haupteffekte Motivation und Wissenserwerb (hier keine Unterschiede zwischen Gruppen)
- Auswertung Game Experience, Soziales Präsenzerleben und Gruppenvergleich läuft noch



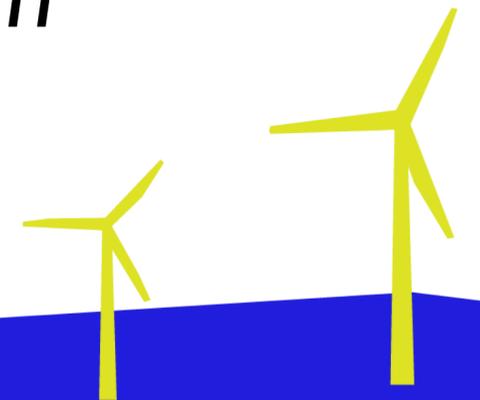
# Implikationen

*MARLA eignet sich zum Einsatz in der Metall- und Elektrotechnik, da sie*

- *die Skalierbarkeit von Maschinen und Anlagen in realer Größe,*
- *die Visualisierung von Denkprozessen,*
- *das Aufzeigen von Konsequenzen des eigenen beruflichen Handelns,*
- *Präsenzerleben, eine Erlebniskomponente sowie sensorische Erfahrungen, und*
- *das Trainieren im geschützten Raum ermöglicht.*

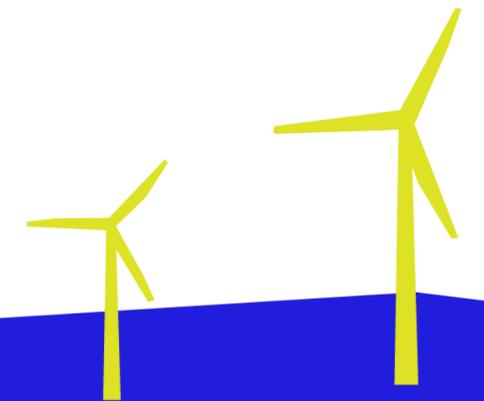


*Fördert neben den Lernzielen auch die Motivation von jungen Auszubildenden, sich mit der komplexen Aufgabe der Fehlerdiagnosekompetenz auseinanderzusetzen.*



# Fazit

- *Umsetzung einer komplexen technische Anlage in Form einer WKA in VR*
- *Trainieren der Fehlerdiagnoseprozess in einem authentischen Setting*
- *Unter Bezug auf den Cognitive-Apprenticeship-Ansatz wurde eine pädagogische Agentin so gestaltet, dass eine optimale Unterstützung und ein Lernen am Modell möglich sind.*
- *Mit Mini-Modellen des Offshore Parks werden weitere Potenziale von lernförderlichen Visualisierungen ausgeschöpft.*
- *Weitere Studien zum Potenzial Anwendung im Hinblick auf das Trainieren der Fehlerdiagnosekompetenz in der Ausbildung sind geplant.*

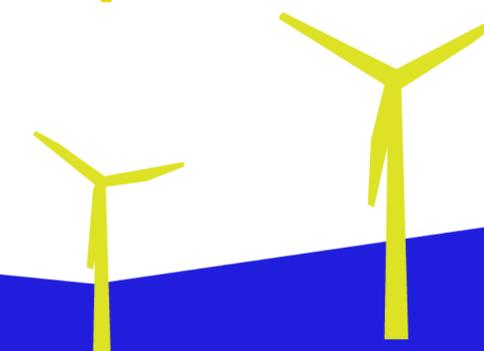


# Vielen Dank!

Weitere Informationen unter  
<https://marla.tech>



GEFÖRDERT VOM



# Literaturverzeichnis

Benda, D.: *Wie sucht man Fehler in elektrischen Schaltungen? Fehlersuche mit Methode. Poing: Franzis Verlag., 2007.*

Collins, A.; Brown, J. S.; Newman, S. E.: *Cognitive apprenticeship: Teaching the craft of reading, writing and mathematics. In (Resnick, L. B. Hrsg.): Knowing, learning and instruction: Essays in honor of Robert Glaser. Erlbaum, Hillsdale, NJ, 1989; S. 453–494.*

Kapp, F., Matthes, N., Niebling, M., & Spangenberg, P. (2021). *MARLA: Fehlerdiagnosekompetenz mit Virtual Reality trainieren. In Arbeit HUMAINE gestalten: Dokumentation des 67. Arbeitswissenschaftlichen Kongresses. Dortmund: GfA-Press.*

Kapp, Felix; Spangenberg, Pia; Schmunzsch, Ulrike; Rötting, Matthias (2020): *Potenziale von Augmented und Virtual Reality am Beispiel zweier Ausbildungsszenarien im Bereich Windkraftanlagen. In: Dokumentation des 66. Arbeitswissenschaftlichen Kongresses. Digitaler Wandel, digitale Arbeit, digitaler Mensch?, Bd. 35. 66. Frühjahrskongress. Berlin, 6.03.-18.03.2020. Gesellschaft für Arbeitswissenschaften. Dortmund: GfA-Press*

Kapp, Felix; Kruse, Linda; Spangenberg, Pia (2019). *AR –VR –MR? Erfolgsfaktoren für immersive Lernumgebungen am Beispiel einer Lernanwendung für die Windenergiebranche. In Sandra Schulz (Ed.): Proceedings of DELFI Workshops 2019, Berlin, Germany, September 16, pp. 130-143. <https://doi.org/10.18420/delfi2019-ws-116>*

Konradt, U.: *Handlungsstrategien bei der Störungsdiagnose an flexiblen Fertigungseinrichtungen. In Zeitschrift für Arbeits- und Organisationspsychologie, 1994; S. 54–56.*

Kuhlmeier, W., & Vollmer, T. (2018). *Ansatz einer Didaktik der Beruflichen Bildung für nachhaltige Entwicklung. In T. Tramm, M. Casper, & T. Schlömer (Eds.), Didaktik der beruflichen Bildung - Selbstverständnis, Zukunftsperspektiven und Innovationsschwerpunkte (pp. 131–151). Bielefeld.*

Matthes, N., Schmidt, K., Kybart, M., & Spangenberg, P. (2021). *Trainieren der Fehlerdiagnosekompetenz in der Ausbildung. Qualitative Studie mit Lehrenden im Bereich Metall- und Elektrotechnik. Journal of Technical Education (JOTED), 9(1), 31–53. <https://doi.org/10.48513/joted.v9i1.222>*

Schaafstal, A.; Schraagen, J. M.; van Berlo, M.: *Cognitive Task Analysis and Innovation of Training: The Case of Structured Troubleshooting. In Human factors, 2000, 42; 75–86.*

Schray, H.; Geißel, B.: *Cognitive Apprenticeship als Gestaltungsansatz für die Fehlersuche im allgemeinbildenden Elektrotechnikunterricht. In Journal of Technical Education (JOTED), 2016, 4; S. 151–170. "Datenbank Auszubildende" des Bundesinstituts für Berufsbildung (BIBB) auf Basis der Daten der Berufsbildungsstatistik der statistischen Ämter des Bundes und der Länder (Erhebung zum 31. Dezember)., 2020.*

Spangenberg, Pia; Kapp, Felix; Kruse, Linda; Rötting, Matthias (2019). *A Mixed-Reality Learning Application to Experience Wind Engines for Beginner and Experts. In Lars Elbæk, Gunver Majgaard, Andrea Valente and Md. Saifuddin Khalid (Ed.), Proceedings of the 13th European Conference on Game Based Learning (ECGBL) 2019, Odense, Denmark, October 3-4. pp. 1041-1044. Reading: ACPIL <https://doi.org/10.34190/GBL.19.063>*

Walker, F. et al.: *Berufsfachliche Kompetenzen von Elektronikern für Automatisierungstechnik - Kompetenzdimensionen, Messverfahren und erzielte Leistungen (KOKO EA). In (Beck K., Landenberger M., Oser, F. Hrsg.): Technologiebasierte Kompetenzmessung in der beruflichen Bildung. Ergebnisse aus der BMBF-Förderinitiative ASCOT. Wbv Verlag, Bielefeld, 2016; S. 139–170.*

