



WIR!

Wandel durch Innovation in der Region

BÜNDNIS: (WI+R) WARTUNG, INSTANDHAL- TUNG UND REPARATUR

Teilprojekt/Vorhaben: **RepAlreality**

Laufzeit des Vorhabens: 01.06.2021 – 31.05.2023

Förderkennzeichen: 03WIR2508B

Virtual Reality Sicherheitsschulungen

Sachbericht - Teil 1

Kurzbericht

Ingenieurgesellschaft für **E**nergie- und **K**raftwerkstechnik mbH (IEK)

Inselstraße 24, 03046 Cottbus



Brandenburgische
Technische Universität
Cottbus - Senftenberg

Fachgebiet ABWL, insbesondere Organisation
und Unternehmensführung



Vorhabenbezeichnung: WIR! - Wandel durch Innovation in der Region
Bündnis: (WI+R) Wartung, Instandhaltung und Reparatur
Teilprojekt/Vorhaben: RepAlreality (Förderkennzeichen: 03WIR2508B)
Laufzeit des Vorhabens: 01.06.2021 – 31.05.2023

1. AUFGABENSTELLUNG UND ZIELE

Das Teilprojekt RepAlreality aus dem WIR!-Bündnis „Digitale Reparaturfabrik“ etabliert technologische, wirtschaftliche und soziale Innovationen als Schlüssel zum erfolgreichen Strukturwandel in der Lausitz und bildet die Grundlage für Innovationen im Bereich Wartung, Instandhaltung und Reparatur (WI+R), neue Geschäftsbereiche sowie Ausgründungen bzw. Ansiedlungen und eine attraktive Lebens- und Arbeitsregion Lausitz.

Die Ingenieurgesellschaft für Energie- und Kraftwerkstechnik mbH (IEK) fokussiert sich als Business Unit (BU) der VINCI-Energies Deutschland auf die Bereiche Industrie und Energie-Infrastrukturen, woraus bei vielen BUs die Notwendigkeit zu Sicherheitsschulungen zum Umgang mit elektrischen Anlagen resultiert. Zusammen mit der Omexom Umspannwerke GmbH wurde dieses Projekt umgesetzt.

Mit dem Einsatz von Virtual Reality (VR) bei Sicherheitsschulungen verfolgt die IEK drei wesentliche Ziele bei der Implementierung der Digitalisierung in die arbeitstäglichen Prozesse. (1) Verbesserung von Personensicherheit vor Ort, wobei zu den üblichen Schulungen eine zusätzlich „digitale“ Schulung etabliert werden soll. Ziel ist ein Wettbewerbsvorteil durch die Minimierung der Unfall- und Beinahe-Unfall-Zahlen zu erhalten. So können mehr Prozesse realitätsnah geschult werden und die Schulungszeit in den hochkomplexen, technisch sehr hochwertigen und mit hohen Arbeitsschutzaufgaben behafteten Anlage verringert werden. Durch die VR-Sicherheitsschulung soll eine (2) hohe Akzeptanz der Mitarbeiter erzielt und eine starke Integration in den Entwicklungsprozess gewährleistet werden, denn bisher waren die Mitarbeiter an alternative Schulungssysteme und vollständig fremdgesteuerte Lernprozesse gewöhnt. Die VR-Sicherheitsschulung soll eine (3) effiziente und vor allem effektive Sicherheitsschulung von unterschiedlich stark qualifizierten Mitarbeitern gewährleisten. Es gilt den Mangel an hochqualifiziertem Personal und den schnellen Wandel im technischen Umfeld auszugleichen. Außerdem soll damit, trotz stark divergierenden Qualifizierungsniveaus, die Qualifizierung der Mitarbeiter individuell auf bestimmte Prozesse und Anlagen erreicht werden.

Die Zusammenarbeit mit dem Kooperationspartner der BTU Cottbus-Senftenberg sollte bei Vorort-Beobachtungen und –Befragungen der Mitarbeiter, während und direkt nach einer VR-Schulung im jeweiligen Betrieb der Omexom, eine wissenschaftliche Auswertung der Befragungs- und Beobachtungsdaten ermöglichen. Außerdem sollte auf Basis von persönlichen Eigenschaften / Vorerfahrungen der Teilnehmer, äußeren Faktoren, wie Verhalten von Vorgesetzten oder Kollegen, sowie Aufbau und Wirkung der VR-Schulung selbst, geklärt werden, ob die VR-Schulungen effektiver sind als die bisherigen Schulungen und ob es Einflussfaktoren gibt, die die Schulung mehr oder weniger effektiv machen.

Die wissenschaftliche Auswertung unterstütze dabei auch eine zusätzliche Analyse der Unfalldaten und Meldung unsicherer Situationen der gesamten Omexom Transformation Group. Ziel war es, über anonymisierte Durchschnittswerte, die den Trainingseffekt und die Einstellungen zur Arbeitssicherheit, sowie die Erfahrungen und Einstellungen zur Schulung aller teilnehmenden Mitarbeiter in Abhängigkeit von Schulungsart charakterisieren, für die jeweiligen BU-Leiter Rückschlüsse bezüglich der Sicherheitsschulungen ziehen zu können. Dazu wurden durch die BTU spezifische Charakteristika kontrolliert, die Effekte ausgelöst haben könnten. Die anonymisierten Daten sollten außerdem als Ergebnis einen Vergleich mit anderen BUs möglich machen.

2. DURCHFÜHRUNG

Nach dem Kick-Off am 24.06.2021 und wurde in mehreren Abstimmungen das 1. VR-Szenario am 02.11.2021 finalisiert und so die Voraussetzungen für den Beginn der Schulungen in 2022 geschaffen.



Abbildung 1: Screenshots des 1. Szenarios „Arbeiten an einer Mittelspannungsschaltanlage“

Nach Abschluss der Vorbereitungen für die Begleitforschung über die Evaluation der Einführung der VR-Schulung (Abstimmung des Fragebogens & Beobachtungsprotokolls, der Einverständniserklärung, des Geheimhaltungsvertrages mit den Betriebsräten und Datenschutzbeauftragten und der organisatorische Planung mit allen Beteiligten) fanden Vorort-Beobachtungen und –Befragungen durch die BTU vor, während und direkt nach jeder VR-Schulung statt (am 01.04.2022 & 06.05.2022 BU Bautzen/Dresden, am 18.05.2022 BU Rutesheim, am 20.05.2022 BU Zwickau, am 09.06.2022 BU Berlin, am 23.09.2022 BU Spremberg und am 17.11.2022 BU Cottbus).

Die Teilnehmer füllten jeweils einen Fragebogen vor und nach der Schulung aus. 6 Monate nach der VR-Schulung erfolgte mit Hilfe von Online-Fragebögen eine Nachbefragung zu den MUS-Meldungen und zu sicherheitsrelevantem Verhalten. Mit der Finalisierung der Datensammlung und nach der Datenanalyse wurden die Ergebnisse der IEK in einem Online-Meeting am 21.03.2023 präsentiert und gemeinsam diskutiert, auch in Hinblick auf die Vorbereitung einer wissenschaftlichen Publikation.

3. ERGEBNIS

Hinweis: Alle im Weiteren genannten Daten und Ergebnisse wurden aus den von der BTU übergebenen Auswertungen entnommen.

Die erste Befragung der insgesamt 85 Teilnehmer vor der VR-Schulung ergab bereits eine recht hoch entwickelte Sicherheitskultur in den einzelnen BUs und ein recht homogenes Bild einer relativ niedrigen allgemeinen Technologieaffinität. Das Interesse an und die Nutzungsbereitschaft für die VR-Technologie waren aber eher neutral bis leicht positiv ausgebildet. Je länger die Teilnehmer in der VR verbrachten, desto stärker priorisierten sie Sicherheit in ihrer Arbeit und desto mehr Technologieaffinität zeigten sie nach 6 Monaten. Diese Zusammenhänge bestanden vor der Schulung noch nicht. Zusätzlich war ein Anstieg der Mitarbeitermeldungen und ein Rückgang der Unfälle im Untersuchungszeitraum zu beobachten, je mehr Zeit ein Mitarbeiter in der VR verbrachte. Trotzdem es während der VR-Anwendung kam es vereinzelt auch zu leichten Schwindel und zu leichtem Unwohlsein, wurde die VR-Erfahrung und der Umgang mit dem VR-Equipment insgesamt, sowie die Relevanz und Nützlichkeit der Methode für die Arbeit als sehr positiv eingeschätzt. Das VR-Training konnte nachweislich (statistisch signifikant) das Interesse an der VR, die Nutzungsbereitschaft, die Zufriedenheit mit der Methode der Sicherheitsschulung und die Abgabe der Anzahl der Meldungen über unsichere Situationen der Mitarbeiter erhöhen und Ängste und Unsicherheiten konnten signifikant reduziert werden.

4. FAZIT

Die positiven Ergebnisse aus Akzeptanz und der Nutzungsbereitschaft der VR-Technologie unter den Teilnehmern sowie eine Evaluation der Wirksamkeit der VR-Schulung hinsichtlich der Unfallzahlen, der Meldung unsicherer Situationen und dem Sicherheitsbewusstsein der Mitarbeiter wurden zum Anlass genommen die Anwendung von VR-Schulungen in der Arbeitssicherheit weiter einzusetzen und weitere Szenarien einzuführen.



WIR!

Wandel durch Innovation in der Region

BÜNDNIS: (WI+R) WARTUNG, INSTANDHAL- TUNG UND REPARATUR

Teilprojekt/Vorhaben: **RepAlreality**

Laufzeit des Vorhabens: 01.06.2021 – 31.05.2023

Förderkennzeichen: 03WIR2508B

Virtual Reality Sicherheitsschulungen

Sachbericht - Teil 2

eingehende Darstellung

Ingenieurgesellschaft für **E**nergie- und **K**raftwerkstechnik mbH (IEK)

Inselstraße 24, 03046 Cottbus



Brandenburgische
Technische Universität
Cottbus - Senftenberg

Fachgebiet ABWL, insbesondere Organisation
und Unternehmensführung



OMEXOM

INHALTSVERZEICHNIS

1.	Vorstellung der IEK.....	4
2.	Aufgabenstellung und Ziele.....	4
2.1	Ziele des WIR!-Bündnis Digitale Reparaturfabrik	4
2.2	Ziele von RepAlreality.....	4
2.3	Ziele der IEK.....	4
2.3.1	Verbesserung von Personensicherheit vor Ort.....	4
2.3.2	Erfolgreiche Implementierung des Systems durch hohe Akzeptanz der neuen Schulungsvariante.....	5
2.3.3	Effiziente und vor allem effektive Sicherheitsschulung von unterschiedlich stark qualifizierten Mitarbeitern	5
2.4	Zusammenarbeit mit dem Kooperationspartner BTU.....	5
3.	Durchführung.....	5
3.1	Zeitraum Kickoff bis Ende 2021.....	5
3.2	Zeitraum 2022.....	8
3.3	Zeitraum 2023.....	9
4.	Ergebnis.....	9
4.1	wissenschaftlich-technische und wesentliche Ergebnisse	9
4.2	Vergleich mit der ursprünglichen Arbeits-, Zeit- und Ausgabenplanung	10
5.	Fazit.....	11

TABELLENVERZEICHNIS

Tabelle 1:	Arbeitsplan des Verbundprojektes mit Meilensteinen (siehe Ziffer 3.1 der Vorhabensbeschreibung RepAlreality).....	10
------------	---	----

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 1:	Screenshot des 1. Szenarios - Außenbereich.....	6
Abbildung 2:	Screenshot des 1. Szenarios - Innenbereich	6
Abbildung 3:	Screenshot des 1. Szenarios - MS-Anlage	7

ANLAGEN

keine

ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS

VR	Virtual Reality
IEK	Ingenieurgesellschaft für Energie- und Kraftwerkstechnik mbH
Omexom	Omexom Umspannwerke GmbH
BU	Business Unit
BA	Business Area
BTU	Brandenburg Technische Universität Cottbus-Senftenberg
MS-Anlage	Mittelspannungsschaltanlage
NDA	Non Disclosure Agreement → Geheimhaltungsvereinbarung

ANSPRECHPARTNER

Ingenieurgesellschaft für Energie- und Kraftwerkstechnik mbH

Projektleitung: Frank Krämer

BTU - Brandenburg Technische Universität Cottbus-Senftenberg

Fachgebiet ABWL, Organisation und Unternehmensführung

Projektkoordinatorin: Dr. Christin Hoffmann

Mitarbeiter: Dr. Isabel Alkhasli und Manuel Böckle

1. VORSTELLUNG DER IEK

Die IEK ist ein mittelständisches Ingenieurunternehmen aus Deutschland und neben weiteren Business Units eine Tochtergesellschaft der VINCI-Energies Deutschland. Zusammen mit der Omexom Umspannwerke GmbH, ebenfalls Teil der Vinci-Group, wurde dieses Projekt umgesetzt.

2. AUFGABENSTELLUNG UND ZIELE

2.1 Ziele des WIR!-Bündnis Digitale Reparaturfabrik

Mit dem WIR!-Bündnis Digitale Reparaturfabrik erforschen Wissenschaftler der BTU gemeinsam mit Partnern in Verbundvorhaben digitale Lösungen in Wartung, Instandhaltung und Reparatur. Ziel ist es dabei, die Projektregion branchenübergreifend zu vernetzen und den Strukturwandel auf Basis technologischer, betriebswirtschaftlicher und sozialer Innovationen, aktiv zu gestalten.

2.2 Ziele von RepAlreality

Die Ziele des Teilprojektes RepAlreality sind einerseits die Entwicklung eines KI-basierten Reparatur-Assistenzsystems zur Sicherung von Wissen, das gleichzeitig die Qualifizierung von fach- und branchenfremdem Personal übernehmen kann. Des Weiteren soll die Etablierung eines attraktiven Arbeitgeberimages und die Entwicklung des Lausitzer Mittelstandes, über die Digitalisierung seiner Prozesse und den Einsatz von AR/VR-Systemen, hin zu einer effizient und innovativ arbeitenden Schnittstelle zwischen Gesellschaft und Industrie geschaffen werden. RepAlreality zielt damit auf technische, insbesondere KI-basierte, aber vor allem auch wirtschaftliche und soziale Innovationen ab.

2.3 Ziele der IEK

Die IEK fokussiert sich auf die Bereiche Industrie und Energie-Infrastrukturen, woraus bei vielen BUs die Notwendigkeit zu Sicherheitsschulungen zum Umgang mit elektrischen Anlagen resultiert.

Mit dem Einsatz von Virtual Reality bei Sicherheitsschulungen verfolgt die IEK drei wesentliche Ziele bei der Implementierung der Digitalisierung in die arbeitstäglichen Prozesse von Montageteams, u. a. im Zusammenhang mit Wartungs- und Reparaturprozessen:

- Verbesserung von Personensicherheit vor Ort
- Erfolgreiche Implementierung des Systems durch hohe Akzeptanz
- Effiziente und vor allem effektive Sicherheitsschulung von unterschiedlich stark qualifizierten Mitarbeitern

2.3.1 Verbesserung von Personensicherheit vor Ort

Derzeit erfolgen die Schulungsmaßnahmen ausschließlich praktisch „am Objekt“ und theoretisch im Rahmen von Seminaren. Durch die Schulungen soll in erster Linie die Gesundheit der Mitarbeiter geschützt werden. Mithilfe einer VR-gestützten Schulungslösung für die Sicherheitsschulung der Monteure in Elektroanlagen soll zusätzlich eine „digitale“ Schulung angewendet werden. Ziel ist es dabei auch, nach der erstmaligen Anwendung dieser Schulungsvariante, einen Wettbewerbsvorteil durch die Minimierung der Unfall- und Beinahe-Unfall-Zahlen zu erhalten. Auf längere Sicht soll diese Schulungsvariante dann weiter ausgebaut, optimiert und als feste Schulungsvariante eingesetzt werden. Diese Art der Schulung soll zu einer qualitativen

Aufwertung der Wartung und Instandhaltung technischer Anlagen führen. Der Vorteil dieser Schulung ist das mehr Prozesse realitätsnah geschult werden und die Schulungszeit in den hochkomplexen, technisch sehr hochwertigen und mit hohen Arbeitsschutzauflagen behafteten Anlage verringert werden kann.

2.3.2 Erfolgreiche Implementierung des Systems durch hohe Akzeptanz der neuen Schulungsvariante

Bisher waren die Mitarbeiter an alternative Schulungssysteme und vollständig fremdgesteuerte Lernprozesse gewohnt. Durch die Implementierung der VR-Sicherheitsschulung soll eine hohe Akzeptanz dieser neuen Schulungsvariante bei den Mitarbeitern erzielt und eine starke Integration in den Entwicklungsprozess gewährleistet werden.

2.3.3 Effiziente und vor allem effektive Sicherheitsschulung von unterschiedlich stark qualifizierten Mitarbeitern

Die VR-Sicherheitsschulung soll dabei unterstützen, den Mangel an hochqualifiziertem Personal und den schnellen Wandel im technischen Umfeld auszugleichen. Außerdem soll damit, trotz stark divergierenden Qualifizierungsniveaus, die Qualifizierung der Mitarbeiter individuell auf bestimmte Prozesse und Anlagen erreicht werden.

2.4 Zusammenarbeit mit dem Kooperationspartner BTU

Die Zusammenarbeit mit dem Kooperationspartner der BTU Cottbus-Senftenberg sollte bei Vorort-Beobachtungen und –Befragungen der Mitarbeiter, vor, während und direkt nach einer VR-Schulung im jeweiligen Betrieb der Omexom, eine wissenschaftliche Auswertung der Befragungs- und Beobachtungsdaten ermöglichen. Außerdem sollte auf Basis von persönlichen Eigenschaften / Vorerfahrungen der Teilnehmer, äußeren Faktoren, wie Verhalten von Vorgesetzten oder Kollegen, sowie Aufbau und Wirkung der VR-Schulung selbst, geklärt werden, ob die VR-Schulungen effektiver sind als die bisherige Schulungen und ob es Einflussfaktoren gibt, die die Schulung mehr oder weniger effektiv machen.

Die wissenschaftliche Auswertung unterstütze dabei auch eine zusätzliche Analyse der durch die IEK zur Verfügung gestellten sonstigen firmenweiten (gesamte Omexom Transformation Group) Daten (z.B. Unfalldaten und Meldung unsicherer Situationen). Ziel war es, über anonymisierte Durchschnittswerte, die den Trainingseffekt und die Einstellungen zur Arbeitssicherheit, sowie die Erfahrungen und Einstellungen zur Schulung aller teilnehmenden Mitarbeiter in Abhängigkeit von Schulungsart zu charakterisieren, für die jeweiligen BU-Leiter Rückschlüsse bezüglich der Sicherheitsschulungen ziehen zu können. Dazu wurden durch die BTU spezifische Charakteristika kontrolliert, die Effekte ausgelöst haben könnten. Die anonymisierten Daten sollten außerdem als Ergebnis einen Vergleich mit anderen BUs möglich machen.

3. DURCHFÜHRUNG

3.1 Zeitraum Kickoff bis Ende 2021

Das Kick-Off am 24.06.2021 mit allen Projektpartnern und anschließende Bündnistreffen am 18.08.2021 dienten vor allem dem Kennenlernen der Partner und einer ersten inhaltlichen Annäherung. Während zahlreicher Online-Meetings erfolgte die gemeinsame Weiterentwicklung der Sicherheitsschulung mit Virtual Reality, des 1. Szenarios „Wartung einer Mittelspannungs-Anlage“ und die Anpassung an die Projektziele.

Vorlage war das von Omexom entwickelte Virtual-Reality-Szenario, bei dem sich Mitarbeitende durch eine simulierte Gefahrensituation bewegen und so korrektes Verhalten trainieren können. Dabei müssen sie Sicherheitsmaßnahmen vor dem Arbeiten an einer Mittelspannungsanlage erkennen und durchführen.

Die folgenden drei Abbildungen zeigen Ausschnitte, welche bei den VR-Schulungen mit Hilfe der VR-Brille generiert werden.



Abbildung 1: Screenshot des 1. Szenarios - Außenbereich



Abbildung 2: Screenshot des 1. Szenarios - Innenbereich



Abbildung 3: Screenshot des 1. Szenarios - MS-Anlage

Die abschließende Prüfung des 1. VR-Szenarios nach wissenschaftlichen Gesichtspunkten erfolgte dann bei der Omexom in Berlin am 02.11.2021 und diente gleichzeitig der Vernetzung zwischen den verschiedenen Akteuren im Projekt.

In ersten organisatorischen und methodischen Abstimmungen wurden Themen zur Benutzung der bestehenden VR-Brillen der Omexom für die Schulungszwecke, sowie Recherchen zu wissenschaftlichen Hypothesen der BTU und die Verwertung der Untersuchungsergebnisse gemeinsam besprochen. Im weiteren Projektverlauf wurden die nachfolgenden Themen in enger Zusammenarbeit zwischen der BTU, der IEK und der Omexom abgestimmt:

- Entwicklung eines Fragebogens und eines Protokolls zur Beobachtung der Schulung im Betrieb
- Entwicklung der Einverständniserklärung für alle Teilnehmenden des Konzerns
- Koordination und gemeinsame organisatorische Planung, Information und Vorbereitung verschiedener BUs innerhalb des Konzerns über die Verwendung von VR-Szenarien als Ergänzung zu den Sicherheitsschulungen
- Information über die Untersuchung und organisatorische Planung mit den verschiedensten Beteiligten innerhalb des Konzerns
- Abstimmung mit den Betriebsräten und Datenschutzbeauftragten des Konzerns zur Verwendung und Speicherung von Daten (Ausarbeitung Dokuments zum Datenschutz und eines Geheimhaltungsvertrages zwischen allen Beteiligten)
- nach Abschluss der Entwicklung eines 2. VR-Szenarios wurde seitens der Omexom die wissenschaftliche Verwertbarkeit mit der BTU diskutiert (vgl. AP2.5 in Ziffer 3.1 der Vorhabenbeschreibung RepAlreality)
- Identifikation weiterer Anwendungsfelder der VR-Szenarios, z.B. Prüfung der Weiternutzung des entwickelten VR-Szenarios in einer Laborumgebung der BTU (VR-Cave) (vgl. AP2.5 in Ziffer 3.1 der Vorhabenbeschreibung RepAlreality)

- Planung von rechtlichen und zeitlichen Rahmenbedingungen für die Schulungsteilnahme (Ausarbeitung eines Geheimhaltungsvertrages für das entwickelte Szenario zur Verwendung im VR-Cave)
- die Möglichkeit der Verwendung von firmenweiten (gesamte Omexom Transformation Group) Daten (z.B. Unfalldaten und Meldungen zu unsicheren Situationen) aus den einzelnen BUs und die anonymisierte Analyse dieser Daten durch die BTU, um eine bessere Aussagefähigkeit zu erzielen
- Abstimmung der wissenschaftlichen und der innerbetrieblichen Verwertung der Schulungsergebnisse mit den Leitern der einzelnen BUs

3.2 Zeitraum 2022

Nach dem Bündnistreffen "Digitale Reparaturfabrik" am 21.01.2022 und nach Abschluss der Vorbereitungen mit der BTU für die Begleitforschung über die Evaluation der Einführung der VR-Schulung (Entwicklung des Untersuchungsplans für das Feldexperiment, Entwicklung der Einverständniserklärung, Fragebögen und des Beobachtungsprotokolls, organisatorische Planung mit allen Beteiligten) fanden an folgenden Terminen Vor-ort-Beobachtungen und -Befragungen durch die BTU, während und direkt nach einer VR-Schulung im jeweiligen Betrieb (den BUs) des Konzerns statt:

- 01.04.2022 – Schulung BU Bautzen/Dresden
- 06.05.2022 – Schulung BU Bautzen/Dresden
- 18.05.2022 – Schulung BU Rutesheim
- 20.05.2022 – Schulung BU Zwickau
- 09.06.2022 – Schulung BU Berlin
- 23.09.2022 – Schulung BU Spremberg
- 17.11.2022 – Schulung BU Cottbus

Am 20.06.2022 wurde durch die BTU ein Video zum Teilprojekt RepAlreality mit allen Beteiligten gedreht, welches auf der Webseite digitale-reparaturfabrik.de unter „Projekte“ entsprechend eingebunden und veröffentlicht wurde.

Nach einem weiteren Bündnistreffen "Digitale Reparaturfabrik" am 28.07.2022 war am 10.11.2022 ein internationales Team des Omexom Brand aus Paris und die Leitung der BA Transformation der Omexom in Cottbus bei der IEK zu Gast. Hierbei wurden die Räumlichkeiten der BTU in Cottbus-Sachsendorf genutzt, um einerseits das finale VR-Szenario und erste Forschungsergebnisse (Zwischenergebnisse) vorzustellen und um den VR-Cave der BTU und dessen Anwendungsmöglichkeiten zu vorzustellen.

Die Durchführung der VR-Schulungen in den BUs zum Umgang mit elektrischen Anlagen im Betrieb wurde durch die BTU-Mitarbeiter begleitet und aus wissenschaftlichen Gesichtspunkten dokumentiert. Vor der Schulung erhielten die potenziellen Befragungsteilnehmer ausführliche Information. Die Teilnahme an der Befragung war freiwillig und setzte eine unterzeichnete Einwilligungserklärung voraus.

Die Teilnehmer füllten jeweils einen Fragebogen vor und nach der Schulung aus und händigten diesen ausschließlich der BTU-Mitarbeiterin aus. Der Fragebogen umfasste dabei Themen wie:

- Demografische Daten (Alter, Berufsbezeichnung, BU-Berufszugehörigkeit in Jahren, familiärer Status)
- den Schulungsstand, Berufserfahrung, Unfälle, Vorkommnisse
- ins System abgesetzte interne MUS-Meldungen
- das Sicherheitsbewusstsein am Arbeitsplatz
- die Einstellung und Erwartung vor der Schulung

- die Einstellung und Erfahrung nach der Schulung

Um eine rein wissenschaftliche Auswertung zu gewährleisten, wurden die Fragebogendaten grundsätzlich mittels eines Pseudonyms erfasst, gespeichert und direkt und sicher an die BTU übermittelt. Dies wurde außerdem durch eine Geheimhaltungsvereinbarung (NDA) und den Kooperationsvertrag abgesichert.

6 Monate nach der VR-Schulung erfolgte durch die BTU in den einzelnen BUs eine weitere kurze Nachbefragung (Längsschnitt-Befragung) der ursprünglichen Teilnehmer per E-Mail oder SMS (je nach Einwilligungserklärung) mit Hilfe von Online-Fragebögen. Dieser konnte somit auch einfach über ein Smartphone ausgefüllt werden. Damit wurden erneut Fragen zu MUS-Meldungen und die Einstellung zu sicherheitsrelevantem Verhalten abgefragt und ausgewertet.

Zum Ende des Jahres 2022 hin wurde die Veröffentlichung der Ergebnisse in einer Fachzeitschrift seitens der BTU vorbereitet.

3.3 Zeitraum 2023

Die Sammlung und die Auswertung der letzten beiden Datensätze der 6-Monats-Folgebefragungen (der letzten beiden BUs) wurde Anfang Januar und Anfang März durch die BTU durchgeführt.

So konnte mit den nun vollständigen Datensätzen die Finalisierung der Datensammlung und die Datenanalyse erfolgen. Anschließend wurden die Ergebnisse der IEK in einem Online-Meeting am 21.03.2023 präsentiert und gemeinsam diskutiert, auch in Hinblick auf die Vorbereitung einer wissenschaftlichen Publikation.

Am 18.04.2023 erfolgte die Vorstellung der Ergebnisse beim Brand Team der Omexom ebenfalls im Onlineformat und am 26.05.2023 im Omexom Institute Club in Casablanca (Marocco).

4. ERGEBNIS

4.1 wissenschaftlich-technische und wesentliche Ergebnisse

Hinweis: Alle im Weiteren genannten Daten und Ergebnisse wurden aus den von der BTU übergebenen Auswertungen entnommen.

Es wurden über alle BUs insgesamt 78 Teilnehmer geschult. Diese bestanden zu 52% aus Elektrikern und anderen Technikern der Elektroindustrie, 41% Ingenieure und Ingenieurinnen, 3,6% Kaufmännern und Kauffrauen und 1,2% technischen Zeichnern. Es zeigte sich somit ein eher homogenes Bild von berufserfahrenen Mitarbeitern [94,9% Männer, Durchschnittsalter 39,49 Jahre, Standardabweichung (SD) von 13,75 Jahren, Durchschnittliche Arbeitserfahrung in der Elektroindustrie von 19,03 Jahren, SD = 15,12 Jahre]. Die erste Befragung vor der VR-Schulung ergab bereits eine recht hoch entwickelte Sicherheitskultur (Durchschnittselbsteinschätzung 5,6 von 7 möglichen Punkten) in den einzelnen BUs.

Die Sicherheitskultur wurde mittels eines international gut validierten standardisierten Fragebogens aus 29 Fragen und 4 Subskalen erfragt (Nordic Safety Culture Questionnaire, NOSACQ). Die Befragten zeigten vor der Schulung ebenfalls ein recht homogenes Bild einer relativ niedrigen allgemeinen Technologieaffinität (Durchschnittselbsteinschätzung 2,67 von 7 möglichen Punkten).

Das Interesse an und die Nutzungsbereitschaft für die VR-Technologie waren aber mit je 5 und 4,67 von 7 Punkten eher neutral bis leicht positiv ausgebildet. Während der Schulung verbrachten die Teilnehmer im

Durchschnitt 9 Minuten in der VR. Die Länge dieses Zeitraums konnte von den Teilnehmern selbst frei gewählt werden und korrelierte positiv mit der Priorisierung der Sicherheit im Betrieb nach 6 Monaten (Subskala NOSACQ, Korrelationskoeffizient $r = 0,41$) und der Technologieaffinität nach der Schulung ($r = 0,49$), und der. Das heißt, je länger die Teilnehmer in der VR verbrachten, desto stärker priorisierten sie Sicherheit in ihrer Arbeit und desto mehr Technologieaffinität zeigten sie nach 6 Monaten. Diese Zusammenhänge bestanden jedoch nicht mit der Technologieaffinität und der Sicherheitspriorisierung vor der Schulung. Zusätzlich war zu beobachten, dass die Jahresdifferenz der Sicherheitsindex (berechnet aus der Anzahl der Mitarbeitermeldungen unsicherer Situationen pro 1000 Arbeitsstunden – gewichtete Unfallzahlen pro 1000 Arbeitsstunden in den Jahre 2021 und 2022) der entsprechenden BU der der Mitarbeiter angehört positiv mit der Zeit in der VR korrelierte (Spearman'scher Rangkorrelationskoeffizient $\rho = ,28$). Das heißt, je mehr Zeit ein Mitarbeiter in der VR verbrachte umso größer war der Anstieg der Mitarbeitermeldungen und der Rückgang der Unfälle im Untersuchungszeitraum.

14,1% der Befragten gaben an unter leichten Schwindel während der VR-Anwendung zu leiden und 10,3% gaben an sich sogar leicht unwohl gefühlt zu haben.

Insgesamt wurden die VR-Erfahrung und der Umgang mit dem VR-Equipment (5,61 Punkte), sowie die Relevanz und Nützlichkeit der Methode für die Arbeit (6 Punkte) als sehr positiv eingeschätzt. Das VR-Training konnte nachweislich (statistisch signifikant) das Interesse an der VR [pre Median (MD) = 5, post MD = 6], die Nutzungsbereitschaft (pre MD = 4.67, post MD = 5.33), die Zufriedenheit mit der Methode der Sicherheits-schulung (pre MD = 5.75, post MD = 6) und die Abgabe der Anzahl der Meldungen über unsichere Situationen der Mitarbeiter erhöhen (pre MD = .24, post MD = .27 pro 1000 Arbeitsstunden).

Ängste und Unsicherheiten im Zusammenhang mit der VR-Methode konnten signifikant reduziert werden (pre MD = 3.25, post MD = 2).

4.2 Vergleich mit der ursprünglichen Arbeits-, Zeit- und Ausgabenplanung

Mit Bezug auf die [Tabelle 1](#), aus dem Arbeitsplan des Verbundprojektes mit Meilensteinen und bezogen auf den Stand des Vorhabens zu den ursprünglichen Arbeitspaketen und zur Zeitplanung, wurde das Vorhaben im geplanten Zeitplan umgesetzt. Alle in [Tabelle 1](#) abgebildeten Meilensteine konnten wie geplant erreicht werden, so dass z.B. 6 Monate nach Projektstart alle Voraussetzungen für die Implementierung der Digitalisierungslösung bzw. AR/VR-Anwendungen geschaffen worden waren.

		2021		2022				2023	
		Q3	Q4	Q1	Q2	Q3	Q4	Q1	Q2
AP1	Organisation RepAlreality								
1.1	Kickoff- und halbjährige Meetings / Vernetzungstreffen	✓		✓		✓		✓	✓
1.2	Entwicklung eines Dienstleistungsmodells als Anschlusslösung					✓	✓	✓	✓
1.3	Konzepterarbeitung für die zweite Projektphase						✓	✓	✓
AP2	VR-Sicherheitsschulung								
2.1	Entwicklung der VR-Sicherheitsschulung	✓	✓	✓					
2.2	Vorbereitung / Durchführung der Pilotanwendung		✓	✓	✓	✓	✓		
2.3	Wissenschaftliche Begleitung	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
2.4	Feedbackanalyse					✓	✓	✓	
2.5	Umsetzung Feedback, Rollout, Identifizierung Anwendungsfelder							✓	✓

Tabelle 1: Arbeitsplan des Verbundprojektes mit Meilensteinen (siehe Ziffer 3.1 der Vorhabensbeschreibung RepAlreality)

Bedingt durch die Corona-Situation und den somit hohen Krankheitsstand gab es jedoch Einschränkungen beim geplanten Start der Durchführung der Schulungen im November 2021, so dass damit erst im April 2022 begonnen werden konnte.

Im Vergleich zum ursprünglichen Arbeitsumfang hat sich eine Erweiterung der Aufgaben durch die Prüfung eines zweiten Szenarios und durch die Verwendung des 1. Szenarios in einem VR-Cave ergeben.

Es gab keinen während der Durchführung des Vorhabens bekannt gewordenen Fortschritt auf dem Gebiet des Vorhabens bei anderen Stellen.

Die wichtigsten und größten Positionen des zahlenmäßigen Nachweises waren fast ausschließlich Personalkosten und ein geringer Anteil Reisekosten. Die Personalkosten fielen hauptsächlich für die Umsetzung des Projekts, also alle Aktivitäten von Vorbereitung, über die Durchführung bis der Auswertung an. Weitere Kosten für z.B. Material und Fremdleistungen entstanden durch die Verwendung der konzerninternen Hardware und des schon vorhandenen, fertig programmierten 1. Szenarios nicht.

5. FAZIT

Der auf Seiten der IEK entstandene Eindruck wurde durch das Ergebnis der BTU aus der Analyse der wissenschaftlichen Befragungs- und Beobachtungsdaten und den weiteren firmenweiten Daten (z.B. Unfalldaten und Meldung unsicherer Situationen) bestätigt und zeigt einen klar positiven Effekt der VR-Schulung.

Über die Gesamtheit der Daten lassen sich sehr positive Aussagen über die Akzeptanz und die Nutzungsbereitschaft der VR-Technologie unter den Teilnehmern, sowie eine Evaluation der Wirksamkeit der VR-Schulung hinsichtlich der Unfallzahlen, der Meldung unsicherer Situationen und dem Sicherheitsbewusstsein der Mitarbeiter treffen.

Die positiven Ergebnisse der Evaluation dieser neuartigen Schulungsmethode wurden zum Anlass genommen die Anwendung von VR-Schulungen in der Arbeitssicherheit weiter auszubauen. Das bestehende VR-Szenario wird weiter genutzt und ein zweites Szenario eingeführt werden. Wissenschaftlich konnte der Mehrwert von VR-Schulungen für Arbeitnehmer und Arbeitgeber nachgewiesen werden.

Eine wissenschaftliche Publikation wird bis Ende der Projektlaufzeit finalisiert und bei einer entsprechenden Fachzeitschrift eingereicht.