



ALARM!

SCHAFFUNG EINES HOCHIMMERSIVEN (LERN-)SZENARIOS FÜR HYBRIDE SIMULATIONSUMGEBUNGEN

Marwin Ahnfeldt, B.Sc. (819026)

Fahian Arshad Bhuiyan (806839)

Laurenz Gilbert (808291)

Jan-Hendrik Höltekemeier (815258)

Tomas Kostadinov, B.Sc. (820862)

Eik Saathoff (809906)

Victoria Schock (797109)

Fakultät:	Wirtschafts- und Sozialwissenschaftliche Fakultät
Lehrstuhl:	Wirtschaftsinformatik, insb. Prozesse und Systeme
Lehrveranstaltung:	Analyse von Geschäftsprozessen & Konzeption von IT Systemen (A&K)
Bearbeitungszeitraum:	Sommersemester 2023
Dozent:	M.Sc. Marcel Panzer

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
2	Hintergrund	3
2.1	Kommerzielle Lösungen	3
2.2	Simulation von Alarmszenarien	5
2.3	Wissenschaftliche Fachliteratur	8
3	Vorgehen	9
4	Ausarbeitung des Alarmszenarios	10
4.1	Begriffsabgrenzung	10
4.2	Szenario	11
4.2.1	Ablauf	11
4.2.2	Eskalationsstufen	13
4.2.3	Entstörungsvorgänge	14
4.2.4	Administration der Alarmsimulation	17
4.3	Begleitende Dokumente	17
4.4	Prozessmodell	17
5	Technische Umsetzung des Protoypen	20
5.1	Technologie-Stack	20
5.2	Systemarchitektur	21
5.3	Konfiguration von Alarmszenarien	22
5.4	APIs	23
6	Fazit	24

Abbildungsverzeichnis

1	Web Interface	11
2	QR-Code Scanner	12
3	Hinweiseite - Rätsel 1	14
4	Rätsel 1	15
5	Rätsel 2	16
6	Rätsel 3	17
7	BPMN-Diagramm	18
8	Systemarchitektur	21
9	Szenariokonfiguration	23

Abstract

Die vorliegende Dokumentation bietet einen Einblick in das Studienprojekt *ALAARM-ZIP*, welches das Ziel verfolgt, ein immersives Alarmszenario für eine hybride Industrie 4.0-Simulationsumgebung zu konzipieren und zu realisieren. Neben der Darstellung von Lösungsansätzen wie Alarmplänen und Simulationsumgebungen in anderen Branchen und Themenbereichen wird die erstellte Simulationsumgebung sowie das entwickelte Simulationsszenario präsentiert. Mit Hilfe der geschaffenen Simulationsumgebung können Alarmszenarien im Kontext einer Industrie 4.0-Anlage simuliert werden. Diese Dokumentation bietet Anknüpfungspunkte für die technische Weiterentwicklung der Simulationsumgebung, insbesondere für die Entwicklung neuer Simulationsszenarien. Basierend auf den Ergebnissen können Forschungsvorhaben, die sich unter anderem mit der Untersuchung von Alarmszenarien und Notfällen in vernetzten Industrie 4.0-Anlagen und deren Auswirkungen auf die Umwelt beschäftigen, realisiert werden.

1 Einleitung

Die Industrie 4.0, auch bekannt als die vierte industrielle Revolution, hat eine neue Ära der Automatisierung und Vernetzung in der Fertigung eingeläutet. Mit dem Ziel, Effizienz, Flexibilität und Produktivität zu steigern, werden in der Industrie 4.0 vernetzte Systeme eingesetzt, die eine nahtlose Kommunikation und Koordination zwischen Maschinen, Anlagen und Menschen ermöglichen (Reinheimer 2015).

Die hohe Komplexität dieser Systeme stellt Mitarbeiter, wie beispielsweise Anlagenbediener, vor neue Herausforderungen. Insbesondere Alarmszenarien sind im Kontext der Industrie 4.0 eine bedeutende Problematik. Durch die Vernetzung und Koordination zwischen den Maschinen(-gruppen) kann eine einzelne Störung rasch ganze Fertigungsprozesse beeinträchtigen und zu einer Kaskade von Unterbrechungen und Folgestörungen führen. Um Schäden zu vermeiden und Sicherheit zu gewährleisten, trägt das Bedienungspersonal die Verantwortung, schnell und angemessen zu reagieren und Entstörungsmaßnahmen zu treffen. Das Verhalten verantwortlicher Personen bei einem Störfall in Industrie 4.0 Produktionsumgebungen wurde im wissenschaftlichen Kontext bisher nur wenig untersucht.

Im Rahmen dieses Forschungsprojekts liegt der Fokus auf der Entwicklung von Alarmszenarien im Kontext der „Industrie 4.0“. Dafür wird eine Dokumentation eines Alarmszenarios in Form eines BPMN-Prozesses und Begleitdokumenten erstellt. Diese Dokumentation dient als Basis für die Entwicklung eines Minimum Viable Products (MVP). Der MVP wird in die Simulationsumgebung des Zentrums Industrie 4.0 am Lehrstuhl für Wirtschaftsinformatik, Prozesse und Systeme der Universität Potsdam integriert (nachfolgend *Zentrum Industrie 4.0*). Das Alarmszenario simuliert dabei einen Störfall, den die Simulationsteilnehmer bewältigen müssen.

Ziel des Projekts ist es, die Immersion der Alarmszenarien durch den Einsatz spezifischer Komponenten zu intensivieren, um den Stresslevel der Teilnehmer zu erhöhen und ein realistisches Szenario zu bieten. Dies eröffnet Forschungsmöglichkeiten im Bereich der Mensch-Maschine-Interaktion im Industrie 4.0 Umfeld, wie z.B. die Bewertung von Reaktionsvermögen und Effektivität des individuellen Verhaltens der Teilnehmer in Gefahrensituationen. Zudem können die erstellten Alarmszenarien zur Entwicklung von Schulungsprogrammen und Übungen eingesetzt werden, um das Bewusstsein und die Fähigkeiten der Mitarbeiter im Umgang mit potenziellen Gefahren zu schärfen.

In den nachfolgenden Abschnitten werden die methodischen Ansätze, die Definition und Dokumentation des erstellten Alarmszenarios sowie die Einbindung des Szena-

rios in die Simulationsumgebung detailliert präsentiert. Abschließend werden die Implikationen dieser Forschung diskutiert.

2 Hintergrund

Im folgenden Kapitel werden verwandte Themenbereiche zu Alarmszenarien und Alarmsimulationen vorgestellt. Zunächst werden die Rechercheergebnisse zu kommerziellen Lösungen für Alarmszenarien (Kapitel 2.1) behandelt. Anschließend wird ein Überblick über Übungsszenarien (Kapitel 2.2) gegeben, gefolgt von einer Übersicht zur wissenschaftlichen Fachliteratur (Kapitel 2.3) zum gleichen Themenbereich.

2.1 Kommerzielle Lösungen

Im Branchenumfeld des Maschinenbaus existiert eine Vielzahl von **kommerziellen Alarmsystemlösungen**. Im Folgenden sind einige dieser Angebote aufgeführt, die durch zusätzliche Hardware Echtzeitüberwachung ermöglichen:

HGP-Eberle: Ein Cloud-basiertes Alarmierungssystem mit permanenter Überwachung durch eine direkt an die Maschine angeschlossene Alarm-Box. Bei Störungen benachrichtigt das System zuständiges Personal mittels einer App. (HGP-Eberle [o. D.](#))

Ixon-Cloud: Webbasiertes Alarmierungssystem, welches Empfänger weltweit alarmiert. Maschinen werden kontinuierlich durch ein Edge-Gerät überwacht, wodurch Datenanalysen für Dashboards und Reports ermöglicht werden. (Ixon [o. D.](#))

Mobeye: Ein Gerät überwacht die Stromversorgung der Maschine. Im Falle einer Störung wird eine Alarmbenachrichtigung per App oder E-Mail versendet. Dabei können Nutzer zwischen verschiedenen Benachrichtigungsabläufen wählen. (mobeye [o. D.](#))

Totmannschalter: Ein Gerät zur Überwachung von allein arbeitenden Personen. Bei Handlungsunfähigkeit oder durch manuellen Auslöser wird ein Notruf versendet, wobei die Person via GPS geortet wird. (Totmann [o. D.](#))

Des Weiteren unterscheiden sich folgende kommerzielle Benachrichtigungssysteme:

Workerbase: Diese App zeigt Maschinenausfälle als Warnung auf Endgeräten ausgewählter Mitarbeiter an. Dabei sind unterschiedliche Alarmierungs- und Benachrichtigungsfunktionen verfügbar. Die im Workerbase-System gesammelten Daten können über die App analysiert werden. (Workerbase [o. D.](#))

safeREACH: Durch diese App können alle betroffenen Personen in verschiedenen Notfallsituationen kontaktiert werden. Das Auslösen eines Alarms erfolgt manu-

ell oder automatisch durch Drittsysteme. Nach der Alarmierung stehen Tools für angemessene Maßnahmen bereit. Alle Aktivitäten werden automatisch protokolliert. (safeREACH [o.D.](#))

Vedesign: Per Knopfdruck ausgelöste Alarme senden Textnachrichten an nahegelegene mobile Geräte, um den passenden Mitarbeiter für den Alarm zu benachrichtigen. (VeDoSign [o.D.](#))

Everbridge: Diese Software versendet Nachrichten an spezifische Personengruppen oder Bevölkerungsteile in Gefahrenzonen. (everbridge [o.D.](#))

Gisbo: Diese Alarmierungssoftware unterstützt das Krisenmanagement in Gefahrensituationen. Verschiedene Alarmarten, sowohl akustisch als auch optisch, können über die bestehende IT-Infrastruktur weitergeleitet werden. (Gisbo [o.D.](#))

WEKA: Elektroakustische Notfallsysteme gemäß DIN EN 50849 warnen Personen vor Ort und fordern zur Selbstrettung auf. Unterschiedliche Signaltöne und gespeicherte Alarmtexte werden durch Sirenen übermittelt. (WEKA [o.D.](#))

Videc: Dieses System ermöglicht sofortige und zielgerichtete Benachrichtigungen per E-Mail, SMS, Sprachnachricht, Audio, Messenger oder Pager an beteiligte Empfänger. (VIDEC [o.D.](#))

ISA Telematics: Das Angebot dieses Anbieters umfasst die Sicherheits-App "iT-Protection", worüber Notrufe ausgelöst und Personen geortet werden können, und die Telematikplattform "iTelematics HL", auf der Alarmmeldungen verwaltet werden. Nutzer erhalten akustische Meldungen und können auf Alarmpläne oder medizinische Informationen zugreifen. (Telematics [o.D.](#))

2.2 Simulation von Alarmszenarien

In verschiedenen Zusammenhängen wurden Richtlinien, Handbücher und Empfehlungen zum **Inhalt und zur Durchführung von Sicherheitsübungen** festgehalten. Grundsätzlich wird dabei zwischen zwei Arten von Übungen unterschieden:

- **Simulations- oder Stabsrahmenübungen:** Üben von Führungsfunktionen und Aufgaben von Einsatzkräften in geschlossenen Räumen (→ strategische Entscheidungen). Diese Übungen sind mit weniger Aufwand verbunden und dadurch realitätsferner.
- **Vollübungen:** Reales Handeln der Übungsteilnehmer. Das gesamte Einsatzgeschehen wird innerhalb der Übung möglichst realitätsnah abgebildet.

Der „Leitfaden für strategische Krisenmanagement-Übungen“ vom **Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe** (BBK [2011](#)) soll der effektiven Vorbereitung auf eine Krisensituation dienen. Angewendet werden die Inhalte unter anderem bei der länder- und ressortübergreifende Krisenmanagementübung (LÜ-KEX), die in regelmäßigen Abständen in Deutschland durchgeführt wird.

Der Ablauf der strategischen Krisenübung lässt sich in vier Abschnitte unterteilen:

- Übungsplanung: Es erfolgt eine konzeptionelle Vorbereitung. Im Übungsrahmen, dem zentralen Dokument, werden das Thema, die Beteiligten, Ziele, Organisationseinheiten und Kosten der Übung festgelegt. Es wird ein grobes Übungsszenario entwickelt und die Grundzüge der Übungsauswertung werden gesetzt.
- Übungsvorbereitung: Es erfolgt der Aufbau der Übungssteuerung, des Kommunikationsplans und es wird das Konzept des Übungsszenarios weiterentwickelt. Dabei wird ein Drehbuch entwickelt, welches den chronologischen Verlauf der Übung festhält. Die Kernelemente des Szenarios sind dabei der allgemeine Hintergrund, die fiktive Ausgangslage, die fiktive Lageentwicklung sowie jegliche Annahmen und Besonderheiten. Des Weiteren wird ein Auswertungskonzept inklusive Auswertungsunterlagen entwickelt und die Inhalte der Vorbesprechung sowie Anweisungen für Teilnehmenden werden bestimmt.
- Übungsdurchführung: Vor der Durchführung ist eine Abstimmung aller Maßnahmen essenziell, um mögliche Missverständnisse zu vermeiden. Es erfolgt anschließend eine Lageeinweisung aller Beteiligten in ihre Rollen und die Überprüfung der Technik. Im Anschluss kann die geplante Übung durchgeführt und dokumentiert werden. Bei frei verlaufenden Übungen sollte keine Korrektur der

Entscheidungen erfolgen und die Übung sollte auch bei abweichendem Verlauf nicht unterbrochen werden, solange die fiktive Lage und das Szenario beachtet werden.

- Übungsauswertung: Nach dem Durchlauf der Übung werden Erfahrungsberichte, Dokumentation, Fragebögen und Berichte von Beobachtern in einem zentralen Workshop behandelt und ein Auswertungsbericht erstellt.

Der Behelf für das „Anlegen und Durchführen von Einsatzübungen“ des **Bundesamts für Bevölkerungsschutz der Schweizerischen Eidgenossenschaft** (BABS [2011](#)) ist eine Unterlage, die zur Ausbildung dient und neben der Anleitung auch Formulare und Textvorlagen zur Verfügung stellt.

Der erste Teil der Anleitung behandelt das Anlegen einer Übung. Es wird der Bedarf für eine Übung ermittelt und es werden Thema, Ziele, Gelände sowie Übungsobjekte der Übung bestimmt. Anschließend wird ein Konzept erstellt. Das Konzept soll auf Ausführbarkeit überprüft und je nach Bedarf nur als Konzept oder auch mit detaillierteren Unterlagen dokumentiert werden.

Der zweite Teil geht auf die Durchführung einer Übung ein. Die Übungsleitung wird in klar zugewiesene Aufgabenbereiche eingeteilt, wobei die Beteiligten die nötige Fachkompetenz aufweisen sollten. Kommunikationsmittel und genutzte Markierungen/Signaturen müssen festgelegt sein. Auf das Durchführen einer Übung folgt eine Besprechung, die eine Bilanzierung, Erläuterung von Zusammenhängen, Bewertung und Würdigung der Arbeit sowie darauffolgende künftige Lehren behandeln soll. Die durchgeführte Übung wird anschließend mit der AEK-Methode (Aussage-Erkenntnis-Konsequenz) ausgewertet.

Das **Deutsche Rote Kreuz** bietet im Buch „Durchführung und Auswertung von MANV-Übungen“ (DRK [2016](#)) eine Bandbreite an Konzepten und Umsetzungshilfen für Übungen in Bezug auf das Szenario des Massenanfalls von Verletzten (MANV). Auch hier beginnt der Übungsablauf mit der Planung. Ziele, Schadenslage, Einsatzmittel, Verlauf und das Budget werden festgelegt.

In der anschließenden Vorbereitungsphase werden die Beteiligten benannt und die Kommunikation abgestimmt. Da bei dieser Art von Übung eine hohe Zahl an „Mimen“ (Figuranten, die im Szenario verletzte Personen darstellen) nötig ist, erfolgt in diesem Schritt die Registrierung, Terminabklärung sowie die Erstellung eines Zeitplans für den Übungstag.

Im nächsten Schritt folgt die Durchführung der Übung. Es erfolgt eine Einweisung und Sicherheitsbelehrung für die Beteiligten. Empfohlen werden pro Übung zwei Übungsläufe.

Nach der Durchführung erfolgt erst eine direkte Nachbereitung, bestehend aus einer Selbsteinschätzung und einer Vorstellung der Bewertungsindikatoren und Übungsdaten. Zuletzt folgt die spätere Nachbereitung, bei der die Übungsdaten in einer Führungskräftenachbesprechung evaluiert werden und anschließend ein Abschlussbericht an alle Beteiligten versendet wird.

Das Begleitheft zur Unterstützung der Unfallverhütung beim Übungs- und Schulungsdienst der **Arbeitsgemeinschaft der Feuerwehr-Unfallkassen** (Feuerwehr-Unfallkasse Brandenburg und Feuerwehr-Unfallkasse Niedersachsen 2016) beschreibt einen empfohlenen Ablauf einer Einsatzübung. Dieser Ablauf gleicht im Allgemeinen den bereits aufgeführten Inhalten.

Es erfolgt eine Übungsvorbereitung mit Gefährdungsbeurteilung, technischer und organisatorischer Planung, und Vorbesprechung. Darauf folgt die Durchführung und anschließend wird eine Nachbereitung mit Nachbesprechung und Auswertung durchgeführt.

Zusätzlich sind Hinweise bezgl. der Übungsdurchführung genannt:

Der Übungsort soll auf Gefahrenquellen überprüft und ausreichend beleuchtet sein, die Ausrüstung soll vor Beginn überprüft werden, Übungsteilnehmer sollen nicht überlastet werden und auf besonders gefährliche Handlungen soll verzichtet werden. Der Übung soll dabei dieselbe Aufmerksamkeit wie einem realen Einsatz geschenkt werden.

Häufige Fehler treten bei Einsatzübungen durch mangelnde Vorbereitung, falsche Annahmen, fehlender Berücksichtigung von vorhandenem Fachwissen und Einbeziehung nicht relevanter Faktoren auf. Außerdem werden oft Aufgabenbereiche im Vorhinein zu detailliert erläutert und Darstellungen unzureichend bzw. nicht erkennbar einbezogen. (Amann o. D.)

Ein weiterer Anwendungsbereich, in dem Sicherheitsübungen erfolgen, ist das Fahrersicherheitstraining. Der Ablauf in der Praxis einschließlich des behandelten Inhalts, ist abhängig vom Veranstalter und Fahrzeugtyp. Zum Großteil besteht diese Übung aus einem Theorie-Teil, einem Praxis-Teil und einer Nachbesprechung. (DVR o. D.)

2.3 Wissenschaftliche Fachliteratur

Gegenwärtig gibt es Forschungsprojekte, die immersive Software für das Training bzw. die Vorbereitung auf kritische Situationen getestet haben. Es gibt beispielsweise bereits eine Lehrsoftware für Grundschullehrer, die mittels virtueller Realität das richtige Verhalten in Brandsituationen schulen soll. Die Software beinhaltet verschiedene Lernmechanismen wie dynamische Geschichten, Realismus, Bewegungsfreiheit, Level- und Punktsysteme (Mystakidis *u. a.* 2022). In der Fertigungsindustrie gibt es bereits Alarm-Management-Systeme, die in VR-Anwendungen integriert wurden. Das System verbessert die Handhabung von Alarmen und soll dadurch die Sicherheit von Arbeitnehmern erhöhen. Das System kann Alarmer automatisch auslösen und zeigt Benutzern visuelle Warnungen an, wenn ein Alarm ausgelöst wird (Matsas und Vosniakos o.D.).

Darüber hinaus bestehen wissenschaftliche Studien zu VR/AR-Anwendungen, welche untersuchen, ob und inwieweit sich die Vorbereitung auf Notfälle, die Reaktion während eines Notfalls und die Erholung nach einem Notfall durch den Einsatz von VR und AR-Anwendungen verbessert (Zhu und Li 2021).

Einige Produktionsmaschinen und Systeme sind so vernetzt, dass sie Maschinendaten selbstständig auswerten und in der Cloud als 3D-Modell visualisieren können. Die Maschine gibt also selbst Rückmeldungen über ihren Status und kann ggf. Abweichungen und Fehler autonom melden (Weidle 2023).

Ein weiterer Ansatz besteht darin, die Gerätewartung und Diagnose mittels Augmented Reality zu verbessern. Durch die Nutzung des Systems konnten Studierende Datenanalysen und -erfassung für Wartungsanwendungen leichter ausführen. Das Verständnis der Studierenden in diesem Sachbereich wurde durch die Einbindung von AR positiv beeinflusst (Shyr *u. a.* 2022).

3 Vorgehen

In dem folgenden Abschnitt wird das Vorgehen der Projektgruppe zur Realisierung des Alarmszenarios erläutert. Hierzu wird auf den Arbeitsmodus und erarbeitete Arbeitsergebnisse eingegangen.

Die Zielsetzung der Projektarbeit *Alaarm-ZIP* lag in der Schaffung eines interaktiven Alarmsimulation, in welcher Übungsteilnehmer fiktive Alarmszenarien im Kontext einer vernetzten Industrie 4.0 Anlage durchlaufen. Die Szenarien werden durch Effekte wie dem Leuchten einer LED-Lampe realisiert, welche beim Übungsteilnehmer einen immersiven Effekt hervorrufen sollen.

Um die Zielsetzung des Projektes zu realisieren, wurde zum Start des Projektes in der siebenköpfigen Projektgruppe zunächst Themen der Projektorganisation, etwa der Arbeitsmodus und die eingesetzten Tools zum Projektmanagement, festgelegt. Es wurde ein wöchentlicher Sync-Termin mit der Länge von 1 Stunde etabliert. Dieser Termin diente zur gemeinsamen Diskussion der Ergebnisse der vorausgegangenen Woche, der Definition und Festlegung neuer Arbeitspakete für die kommende Woche und der Abstimmung von Terminen in Präsenz zur Erarbeitung größerer Aufgaben von besonderer Bedeutung für den Projektfortschritt. An den Projektstart schloss in der darauffolgenden Woche ein Präsenztermin an, um mithilfe von erarbeiteten Rechercheergebnissen zu verwandten Themen von Alarmszenarien und -simulationen die eigene Aufgabenstellung mittels Brainstorming zu vertiefen. Die Ergebnisse wurden als Mindmap mit dem Kollaborationstool Miro festgehalten. Daran anschließend wurden konkrete Szenarioideen gebildet, welche Gedanken zu Ablauf, Immersionsgeräten und der Administration des Alarmszenarios beinhalten.

Auf Grundlage der bisher erarbeiteten Ergebnisse wurde sich als Team auf ein Szenario geeinigt, welches als *Minimal Viable Product (MVP)* für die Projektarbeit zu realisieren ist. In einer weiteren Arbeitssitzung in Präsenz wurden nun ein Ablaufdiagramm des MVPs in der Prozessmodellierungssprache *BPMN* entwickelt. Unter Abstimmung des aufgestellten Modells mit der Projektleitung von Seiten des Lehrstuhls wurden die technischen Rahmenbedingungen diskutiert. Durch diese Sitzung wurden schlussendlich die technische Implementierung realisiert, um das MVP-Szenario in der Simulationsumgebung des Zentrums Industrie 4.0 am Lehrstuhl für Wirtschaftsinformatik, Prozesse und Systeme der Universität Potsdam zu integrieren. Über den Projektzeitraum hinweg wurde kontinuierlich die hiermit vorliegende Projektdokumentation aktualisiert und weitere Dokumente, wie Beschreibungskarten und Sicherheitsdokumente zur Verwendung für die Alarmsimulation geschaffen.

4 Ausarbeitung des Alarmszenarios

In dem nun folgenden Kapitel werden die Ergebnisse der Ausarbeitung vorgestellt. Zunächst werden wiederkehrende Begriffsdefinitionen geboten, um Kernelemente des Alarmszenarios zu spezifizieren und voneinander abzugrenzen. Anschließend wird der grundlegende Ablauf des MVPs erläutert.

4.1 Begriffsabgrenzung

Die nachfolgenden Begriffe stellen zentrale Elemente dar, welche im Kontext der Alarmsimulation zusammenwirken:

Übungsteilnehmer: Person, welche die Alarmsimulation an einer angebundenen Industrie 4.0 Simulationsanlage durchläuft und Versuche unternimmt, die simulierte Störung in kürzester Zeit zu beheben.

Übungsleiter: Person, welche die Administration der Alarmsimulation verantwortet und Szenarioart, als auch Zeitdauer von Eskalationsstufen individuell konfiguriert.

Immersionsobjekt: Objekt, welches nach Adressierung durch die Ablauflogik übermittelte Immersionseffekte durchführt. Dieses Objekt, beispielsweise ein Lautsprecher, kann etwa Brandgeräusche emittieren und sorgt für eine stärkere Immersion der Simulation auf den Übungsteilnehmer.

Simulationstablett: Zentrales Steuerungs- und Kommunikationselement für den Übungsteilnehmer, um die Entstörung durch Eingaben auf Tablet zu realisieren.

Entstörungsvorgang: Phase in der Ablauflogik, in der durch den Übungsteilnehmer versucht wird, die Störung durch das Lösen eines szenarionahen Rätels zu beheben. Der Entstörungsvorgang kann dabei erfolgreich, als auch unerfolgreich verlaufen.

Eskalationsstufe: Phase in der Simulation eines Szenarios, in welcher eine bestimmte Ausprägung von Immersionseffekten als auch Störungsbild gegeben ist. Eine Eskalationsstufe steht dabei in einer Rangfolge beziehungsweise Stufe zu anderen Eskalationsstufen, um eine Verstärkung des Immersionseffektes im Zeitverlauf der Simulation zu realisieren.

4.2 Szenario

Als *MVP* Szenario wurde sich für die Simulation des Brandes einer Maschine im Kontext des *Zentrums Industrie 4.0* entschieden. In den anschließenden Unterabschnitten wird beginnend der Ablauf des *MVP* Szenarios skizziert und die einzelnen Eskalationsstufen dargelegt. Darauf folgend werden zusammengehörige Entstörungsvorgänge erläutert und ein Einblick in die Administration der Alarmszenarien geboten. Abschließend werden Begleitdokumente zur Unterstützung der Übungsteilnehmer und des Übungsleiters vorgestellt und ein Gesamtüberblick mithilfe eines aufgestellten Prozessmodells (siehe Kapitel 4.4) geboten.

4.2.1 Ablauf

Vor Start der Simulation des MVPs *Maschinenbrand* ist durch den Übungsleiter sicherzustellen, dass die Anlage im *Zentrum Industrie 4.0* aktiviert ist. Auf dem Tablet in der Administrationsoberfläche des Übungsleiters ist der Button *Szenario starten* zu klicken, um das Szenario für den Übungsteilnehmer zu starten. In folgender Abbildung ist die Startoberfläche eines Übungsteilnehmers zu sehen:

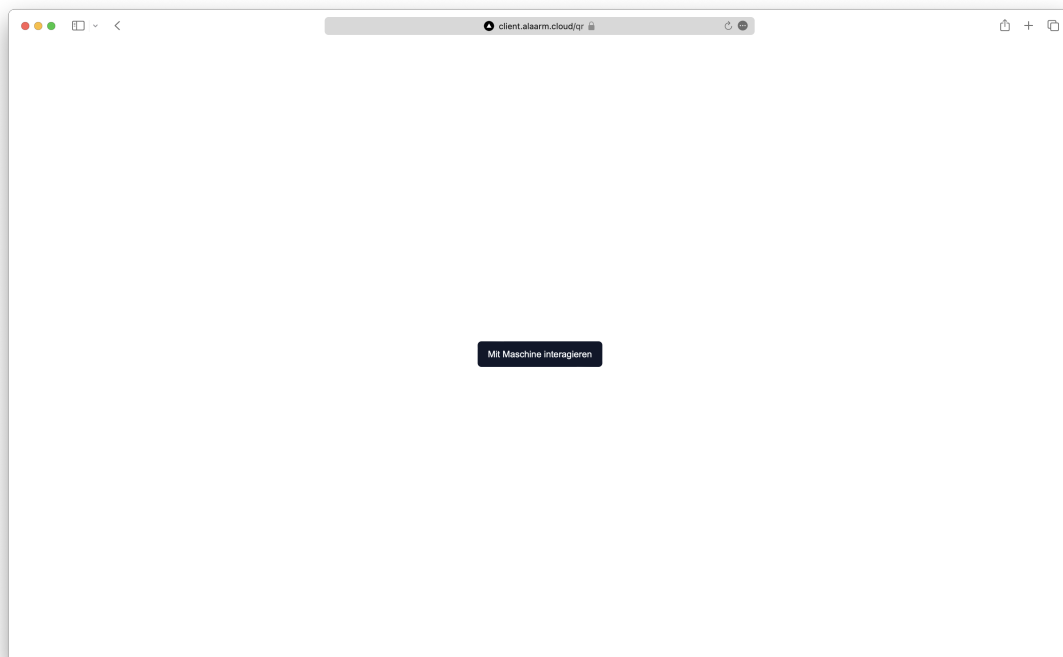


Abbildung 1: Web Interface

Mit der Betätigung des Buttons rollen die Förderbänder der Anlage an. Nach Ablauf

der konfigurierten Startzeit wird die Eskalationsstufe 1 des Szenarios *Maschinenbrand* ausgelöst. Entsprechende Immersionseffekte werden ausgelöst und die Förderbänder werden gestoppt.

In diesem Moment beginnt für den Übungsteilnehmer der konfigurierte Zeitraum, in dem die aufgetretene Störung zwingend zu lösen ist. Auf der Simulationsoberfläche des Simulationstabletts vom Übungsteilnehmer erscheint ein Fehlercode. Der Information kann die Person entnehmen, zur welcher Maschine mit dem Störungsbild Brand zu navigieren ist. Auf dem Bildschirm der Maschine ist ein QR-Code eingeblendet, welcher durch den Scanner der Simulationsoberfläche des Simulationstabletts durch den Übungsteilnehmer einzuscannen ist. In der nachfolgenden Abbildung ist die Funktionsweise und der Aufbau des QR Scanners exemplarisch dargestellt:



Abbildung 2: QR-Code Scanner

Mit dem erfolgreichen Scan beginnt der eigentliche Entstörungsvorgang, für den dem Übungsteilnehmer ein Rätsel zur Entstörung eingeblendet wird. Der Beschreibung des Rätsels ist die Aufgaben zu entnehmen, die der Übungsteilnehmer nun zu lösen hat. Jedes Rätsel zur Entstörung bildet drei Ausgangsszenarien. Sofern das Rätsel falsch gelöst wurde, wird entweder, sofern vorhanden, die nächste Eskalationsstufe mit zusammenhängendem Entstörungsvorgang eingeleitet. Sofern keine weitere Eskalationsstufen vorhanden sind, gilt das Alarmszenario für den Übungsteilnehmer als gescheitert. Die zweite Ausgangsmöglichkeit ist die erfolgreiche Lösung des Rätsels

zur Entstörung, wobei aufgrund einer durch den Übungsleiter anpassbaren Zufallsvariable bestimmt wird, ob der Entstörungsversuch wirklich erfolgreich war. Sofern die Zufallsvariable für den Übungsteilnehmer ungünstig ist, ist entsprechende Lösung nicht ausreichend für die Behebung und ggf. wird eine weitere Eskalationsstufe eingeleitet. Sofern die Zufallsvariable sich nicht der erfolgreichen Lösung des Entstörungsvorgangs entgegenstellt, ist ein erfolgreicher Entstörungsversuch und damit eine erfolgreiche Beendigung des Alarmszenarios nur gegeben, wenn der Zeitraum zur Lösung der Entstörung eingehalten wurde. Ist dies nicht der Fall, werden bei Verfügbarkeit weitere Eskalationsstufen eingeleitet oder das Szenario gilt auch hier als gescheitert.

4.2.2 Eskalationsstufen

Das realisierte Szenario *Maschinenbrand* verfügt über insgesamt drei Eskalationsstufen.

Bei der **ersten Eskalationsstufe** werden als Immersionsobjekte der Lautsprecher, Subwoofer und die Andon-Signalleuchte adressiert. Vom Lautsprecher und Subwoofer wird ein leiser, langsamer und leicht pulsierender Sound des Knackens und Rauschens abgespielt. Gleichzeitig schaltet sich die rote Lampe der Andon-Lampe an, um eine Störung der Maschine zu signalisieren.

Im Rahmen der **zweiten Eskalationsstufe** wird durch die Lautsprecher und den Subwoofer ein schnellerer, stärker pulsierender Sound mit ähnlichen Geräuschen abgespielt. Zusätzlich wird Brandduft über einen Vaporizer ausgesondert und eine LED innerhalb der Maschine fängt an mit blauem Licht zu flackern.

Bei der letzten, **dritten Eskalationsstufe** des *MVP* Szenarios beschleunigt sich der Sound des Brandgeräusches, der durch den Lautsprecher und Subwoofer abgespielt wird. Dazu wird verstärkt Brandgeruch und Rauch durch den Vaporizer ausgesondert. Der LED-Streifen in der Maschine beginnt nun rot zu flackern, um Flammen zu imitieren. Zusätzlich wird eine Wärmelampe angesteuert, welche zur Emittierung von Wärme aktiviert wird.

Durch den stufenbasierten Aktivierungslauf, sofern der Entstörungsvorgang nicht erfolgreich durch den Übungsteilnehmer absolviert wird, kann die immersive Wahrnehmung des Alarmszenarios des Übungsteilnehmers im Zeitverlauf gesteigert werden. Mithilfe der gewählten Konfiguration kann ein reales Szenario des Maschinenbrandes und die Effekte auf Maschinenführer simuliert werden. Die Ablauflogik kann als Überblick im Kapitel [4.4](#) visuell nachvollzogen werden.

4.2.3 Entstörungsvorgänge

An jede aktivierte Eskalationsstufe schließt ein individueller Entstörungsvorgang an. Der Übungsteilnehmer bekommt bei Auslösung einer Eskalationsstufe einen Fehlercode übergeben, auf Basis dessen Informationen die richtige Maschine anzulaufen ist. Via Scan des QR-Codes an der Maschine wird die Oberfläche zur Entstörung aufgerufen. Je nach Eskalationsstufe im *MVP*-Szenario wird eines von insgesamt drei Rätseln aufgerufen.

Der **erste Entstörungsvorgang** des MVPs gibt dem Übungsteilnehmer den Hinweis, dass aufgrund des *Fehlers E5432* der Betriebsablauf der Anlage im *Zentrum Industrie 4.0* gestört ist. Um die Reihenfolge an Werkschritten wiederherzustellen, müssen auf der Weboberfläche des Tablets des Endnutzers die Nummern 1 bis 10 in aufsteigender Reihenfolge angewählt werden. Initial ist eine Zeitbegrenzung von 10 Sekunden vorgesehen. Die Strukturierung von Rätseln kann anhand der nachfolgenden Abbildungen nachvollzogen werden.

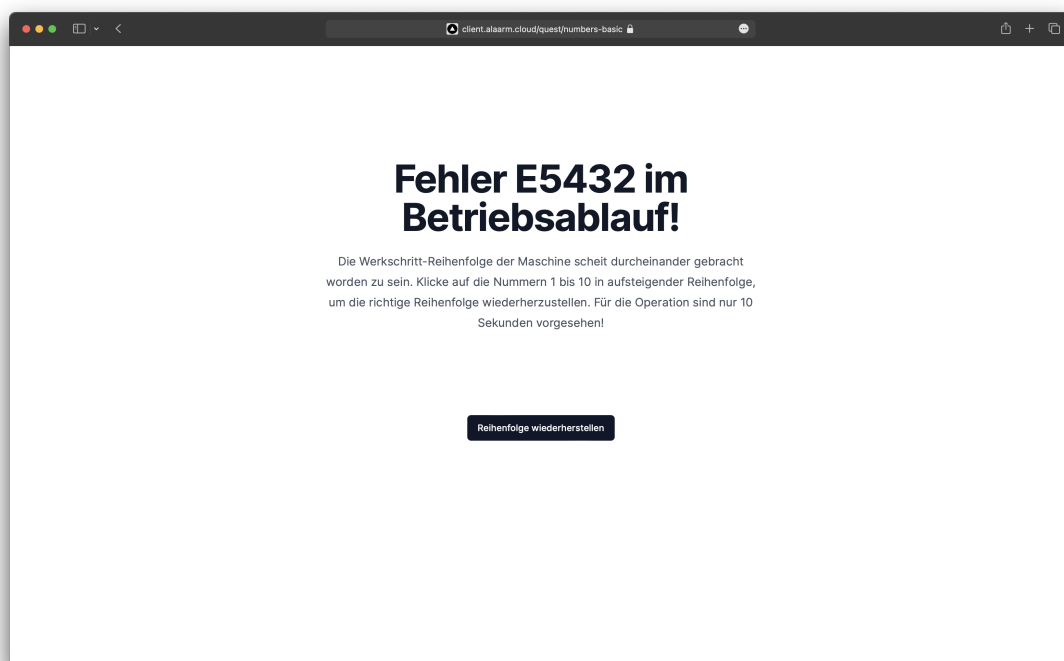


Abbildung 3: Hinweisseite - Rätsel 1



Abbildung 4: Rätsel 1

Sofern es zum **zweiten Entstörungsvorgang** kommt, ist ein Rätsel mit dem Störungsbild *P4222 - Störung des Produktionsprozesses* zu lösen. Hier ist eine Störung im Prozessfluss der Maschine gegeben, wodurch es zur Alarmlage der Überhitzung kommt. Auch hier müssen Prozesse in die richtige Reihenfolge gebracht werden, wobei die Prozessschritte durch eine Neukalibrierung nach 5 und 10 Sekunden neu gemischt werden. Die graphische Realisierung kann der nachgelagerten Grafik entnommen werden:

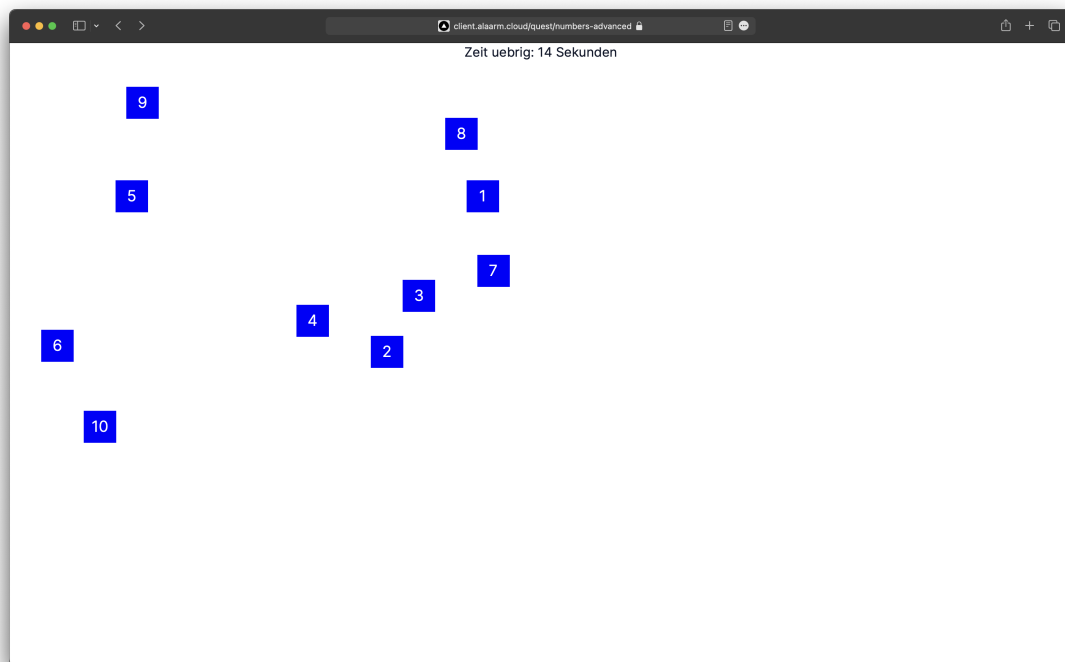


Abbildung 5: Rätsel 2

In dem potentiell letzten, **dritten Störungsvorgang** des MVPs *Problem K1213 mit der Kalibrierung* ist ein schwerwiegendes Fehlerbild in der Kalibrierung der Maschine zu beheben. Durch eine Fehlkalibrierung ist es zu einem Kabelbrand gekommen. Um den Schaden zu begrenzen, müssen die Eingaben schnellstmöglich neu kalibriert werden, um einen Brand zu verhindern. Zur korrekten Kalibrierung muss ein grün aufleuchtender Bereich auf der Weboberfläche des Übungsteilnehmers innerhalb von 0,6 Sekunden gedrückt werden. Der Bereich ist dabei initial schwarz gefärbt. Im Falle einer rechtzeitigen Reaktion ist die Maschine kalibriert, eine Ausweitung des Brandes abgewandt und das Szenario erfolgreich beendet. Das Kalibrierungsrätsel ist folgender Abbildung zu entnehmen:

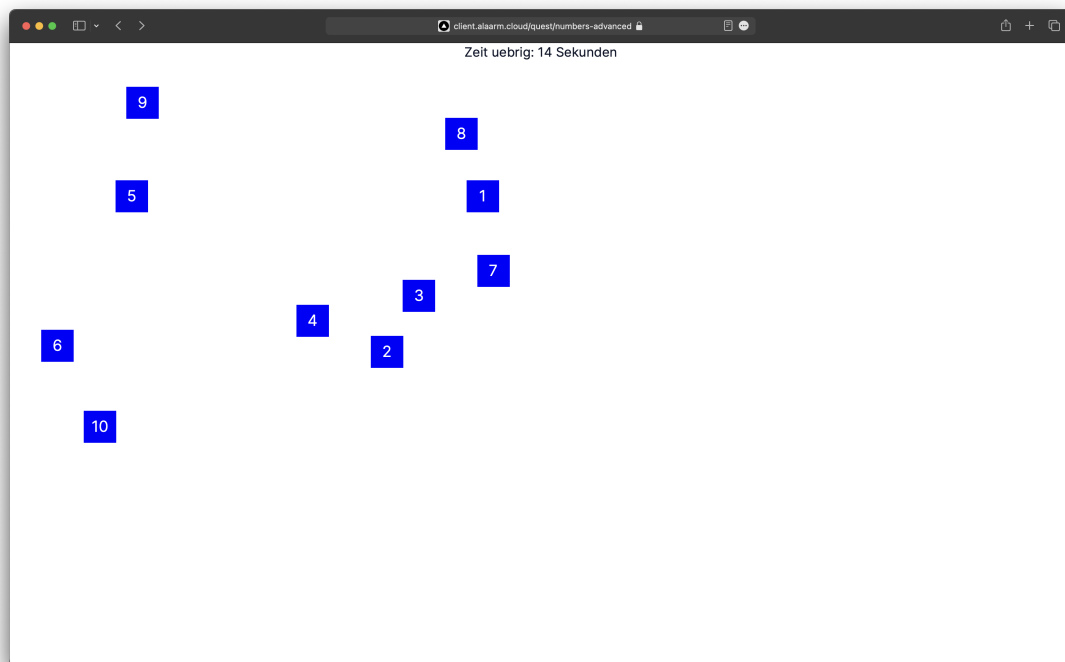


Abbildung 6: Rätsel 3

4.2.4 Administration der Alarmsimulation

Die Verantwortung und Steuerung der Alarmsimulation wird durch den Übungsleiter getragen. Neben dem Start der Simulation kann auf einer Web-Oberfläche des Admin-Tablets das Szenario individuell konfiguriert werden. Beispielsweise können Anpassungen wie veränderte Sounddateien, weitere Eskalationsstufen, Zufallsvariablen für die Erfolgswahrscheinlichkeit einer Entstörung und Zeiträume zur Lösung einer Eskalationsstufe definiert werden.

4.3 Begleitende Dokumente

Für die Simulation wurde eine generelle Bedienungsanleitung und ein Sicherheitsbriefingbogen entworfen, um den Übungsleiter bei der Anleitung von neuen Übungsteilnehmern zu unterstützen. Jene Dokumente können dem [Anhang](#) entnommen werden.

4.4 Prozessmodell

Die nachfolgende Abbildung veranschaulicht den detaillierten Ablauf des Szenarios in Form eines BPMN-Diagramms mit insgesamt sechs Swimlanes. Dabei repräsentieren die Swimlanes die Komponenten "Tablet", "Teilnehmer" und "Förderband".

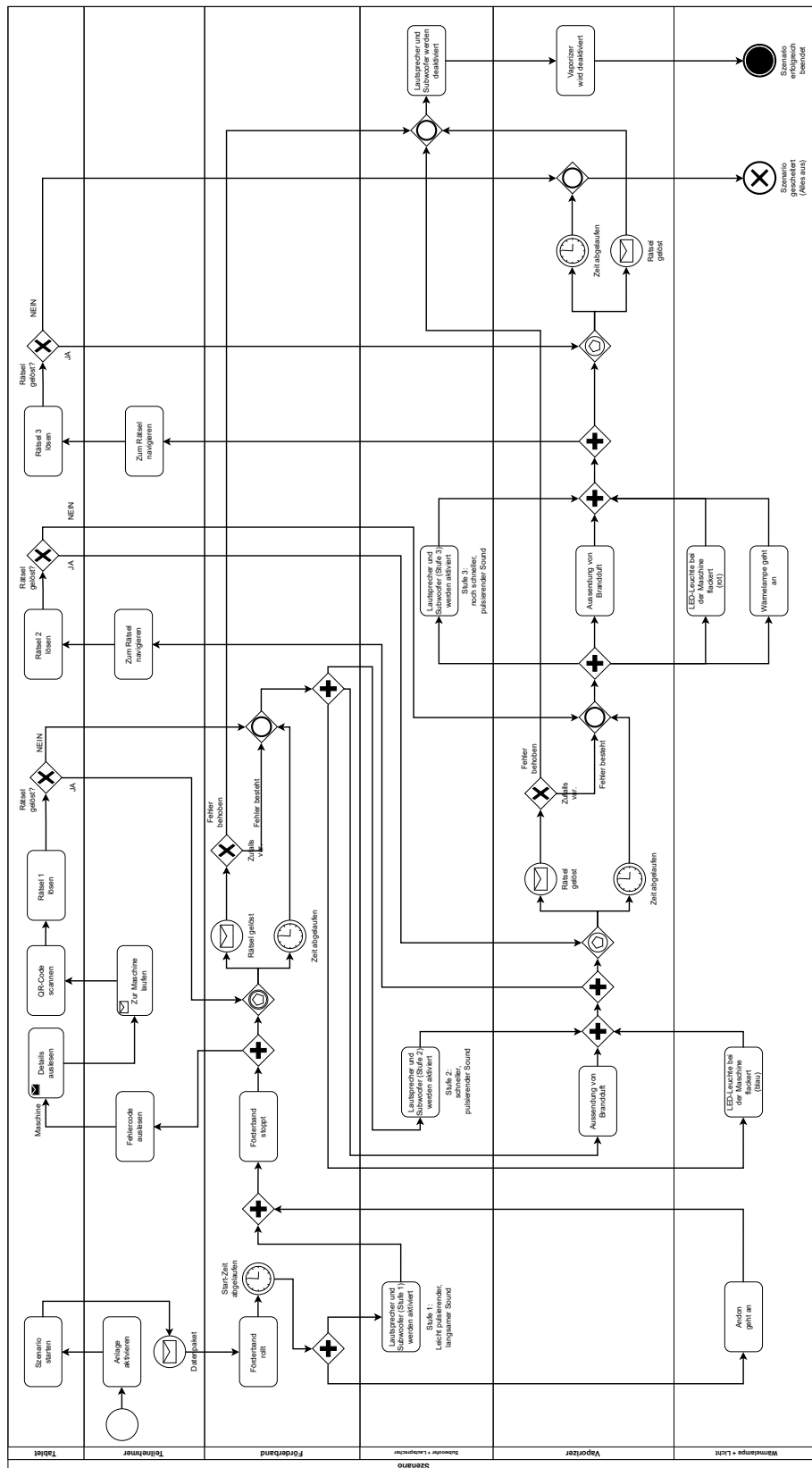


Abbildung 7: BPMN-Diagramm

Die Komponenten, die im Verlauf des Szenarios zur Immersion genutzt werden, sind entsprechend ihrer Wahrnehmungsart in drei unterschiedliche Swimlanes aufgeteilt. Die Swimlane *Subwoofer+Lautsprecher* widmet sich den auditiven Komponenten, während die Swimlane *Vaporizer* die Geruchs-Aspekte des Szenarios skizzieren. Zusätzlich bezieht sich die Swimlane *Wärmelampe+Licht* auf die Prozesselemente mit visuellen Komponenten.

5 Technische Umsetzung des Protoypen

Im folgenden Abschnitt wird auf die Implementierung des Alarmszenarios und dazugehörige Überlegungen eingegangen. Zu Beginn wird der gewählte Technologie-Stack dargelegt und durch Ausführungen zur Systemarchitektur ergänzt. Daran schließt ein Abschnitt zur Erklärung der Konfigurationen von Alarmszenarien als auch der eingesetzten APIs an.

5.1 Technologie-Stack

Die Auswahl des Technologie-Stacks zur Implementierung von ALARM-ZIP hängt zentral von einer Vielzahl von Vorbedingungen ab.

Bezüglich der verwendeten **Programmiersprache** wurde sich für den Einsatz von *TypeScript*¹ entschieden. Neben der Eignung für Webapplikation und der universellen Verwendbarkeit, d.h. der Möglichkeit, die Anwendung sowohl via Browser (Windows, iPadOS, Linux) als auch serverseitig auszuführen, waren sprachenspezifische Eigenschaften wie Typisierung für die Projektgruppe entscheidend, um sich auf *TypeScript* festzulegen.

Für das **Frontend** wurde sich für *NextJS*² als spezifisches *React*-Framework entschieden. Hiermit können Elemente einer Website bereits serverseitig gerendert werden, bevor sie zum Client gesendet werden, ebenso wird ein Routing mitgeliefert. Zusätzlich erfolgt der Einsatz der UI-Komponentenbibliothek *ShadCN*³, welche auf dem CSS-Framework *TailwindCSS*⁴ basiert.

Für den **Controller** wurde sich für die *NodeJS*⁵ Laufzeitumgebung aufgrund der ereignisgesteuerten I/O-Architektur für Echtzeitanwendungen entschieden. *REST APIs* werden beim Controller dafür genutzt, um einen Kommunikationsfluss zwischen Admin-Panel, Client und MQTT-Server zu realisieren (Systemarchitektur siehe Kapitel 5.2). Durch die Verbindung mit *MQTT* können Nachrichten unmittelbar an den MQTT-Broker gesendet werden.

Für die **Entwicklung** wurde ein *git-Repository*⁶ aufgesetzt, welches durch den Anbieter Github⁷ bereitgestellt wird. Das Repository inkl. vollständiger technischer

¹Siehe <https://typescriptlang.org/>

²Siehe <https://nextjs.org/>

³Siehe <https://ui.shadcn.com/>

⁴Siehe <https://tailwindcss.com/>

⁵Siehe <https://nodejs.org/>

⁶Siehe <https://git-scm.com/>

⁷Siehe <https://github.com/>

Dokumentation kann unter folgendem Link eingesehen werden: <https://github.com/ToKoSoftware/up-alaarm-zip>. Die Verwaltung des Mono-Repositories erfolgte mit *Lerna*⁸. Zur Paketverwaltung wurde auf *npm*⁹ zurückgegriffen. Um einen einheitlichen Codestyle zu erzwingen, wurden die Pakete *Prettier*¹⁰ und *ESLint*¹¹ genutzt. Mithilfe von *Husky*¹² wurden diese Tools vor jedem Commit automatisiert ausgeführt. Das Deployment auf einem Web-Server des Anbieters *Vercel*¹³ erfolgt automatisiert on-push auf den *main branch* des git-Repository.

5.2 Systemarchitektur

Der folgenden Abbildung ist die Systemarchitektur von ALAARM-ZIP zu entnehmen:

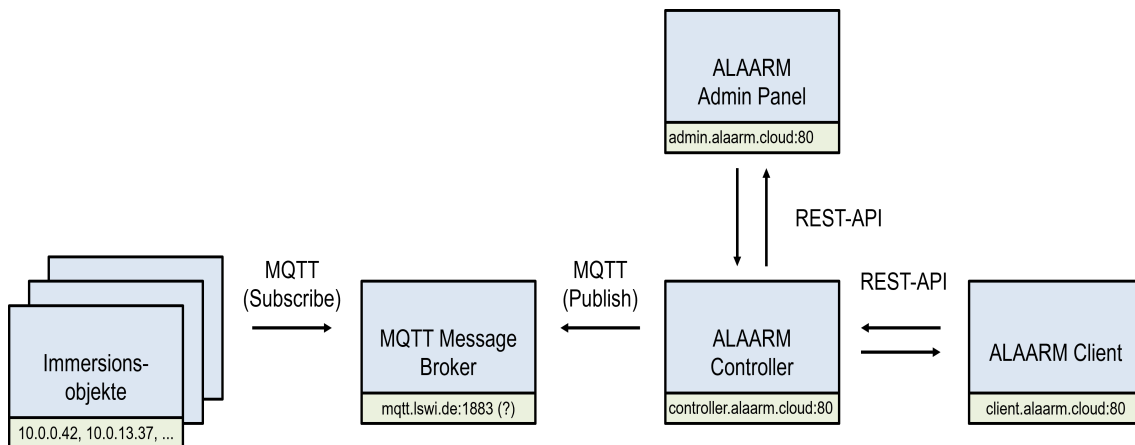


Abbildung 8: Systemarchitektur

Den Kernkommunikationshub nimmt der *ALAARM Controller* ein, welcher die Kommunikation zwischen dem Admin Panel, dem Client und dem MQTT Message Broker übernimmt. Das Admin Panel ist die Steuerung des Administrators, welcher verantwortlich für die Entwicklung und das Management von Szenarien für die Simulation ist. Das *Admin Panel* ist auf <https://admin.alaarm.cloud/> bereitgestellt. Die *ALAARM Client* Komponente verarbeitet die Eingaben auf dem Tablet von Simulationsteilnehmern und bildet die Rätsellogik ab. Ebenso realisiert diese Komponente die QR-Scanner Funktionalität, damit via QR Codes Rätsel durch Simulationsteilnehmer aufgerufen werden können. Bereitgestellt wird der Client auf <https://client.alaarm.cloud/>.

⁸Siehe <https://lerna.js.org/>

⁹Siehe <https://npmjs.com/>

¹⁰Siehe <https://prettier.io/>

¹¹Siehe <https://eslint.org/>

¹²Siehe <https://typicode.github.io/husky/>

¹³Siehe <https://vercel.com/>

Mithilfe des *MQTT Message Brokers* können über den Controller Events übergeben werden, welche durch MQTT an die entsprechend adressierten und angebundenen Immersionsobjekte wie den Subwoofer übergeben werden. Entsprechende Datenobjekte werden durch die *Immersionsobjekte* schlussendlich ausgeführt. Bei Ansteuerung kann ein Subwoofer beispielsweise einen kräftigen Druckstoß durchführen, nachdem ein Rätsel nicht im definierten Zeitrahmen gelöst worden ist und das Szenario eine neue Eskalationsstufe aufruft.

5.3 Konfiguration von Alarmszenarien

Zu Beginn einer geplanten Alarmsimulation kann durch den Administrator das zu durchlaufende Szenario konfiguriert werden. Hierfür ist zunächst die Adresse <https://admin.alaarm.cloud> aufzurufen. Mit dem Klick auf den schwarzen Button „Szenario starten“ öffnet sich auf der rechten Seite die Seitenleiste zur Konfiguration des Szenarios. Zunächst ist durch den Admin mithilfe eines Unique Resource Identifiers die Adresse des Controllers anzugeben, damit die gewünschte Ablaufsteuerung für die Simulation geladen werden kann. Zur Authentifizierung des Administrators ist als Nächstes das festgelegte Secret einzugeben. Daran schließt das Eingabefeld an, in welches Daten zur Spezifizierung des Szenarios im JSON-Formformat übermittelt werden müssen. Schlussendlich kann die Simulation des Szenarios über einen Klick des schwarzen Buttons „Szenario starten“ in der Seitenleiste begonnen werden.

Dabei empfängt der adressierte Controller die angegebene Konfiguration und beginnt entsprechend der Ablauflogik Messages an die Immersionsgeräte zu verteilen.

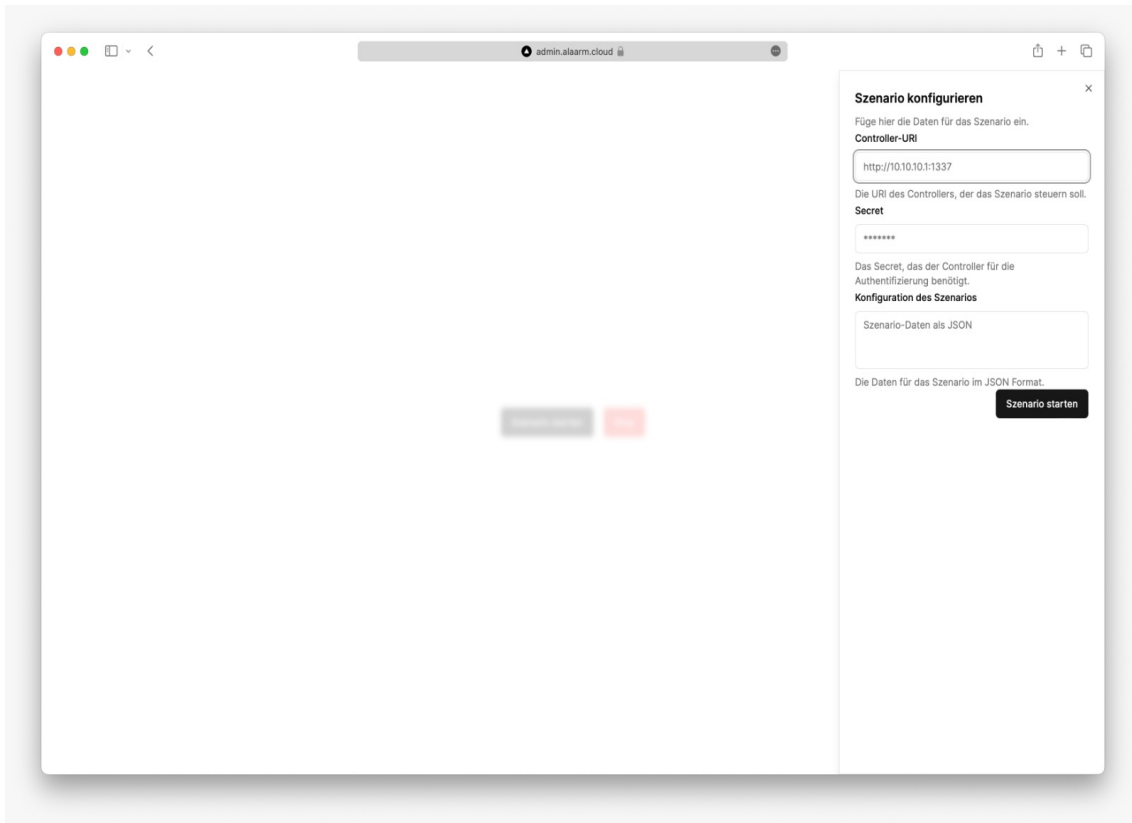


Abbildung 9: Szenariokonfiguration

5.4 APIs

Zur Kommunikation verschiedener Komponenten untereinander kommen RESTful APIs und das MQTT Message Protocol zum Einsatz.

Requests via RESTful API verfügen über ein Datenobjekt, welches je nach Anfrage etwa dem Start eines Szenarios (*api/v1/scenario/start*) variabel ausfällt. Der Start und Stopp von Szenarien wird über POST Requests zum Anlegen jener neuen Ressource abgewickelt. Zum Abrufen von Daten wie Rätseln oder dem Status, etwa ob ein Rätsel rechtzeitig gelöst worden ist, werden GET Requests genutzt (Masse 2011).

Um Immersionsobjekte zur Auslösung von Immersionseffekten wie Licht und Geräusche anzusteuern, wird das MQTT Message Protocol verwendet. Die Ansteuerung erfolgt über festgelegte *Event Types*. Bei der Ansteuerung wird ein *Payload*, etwa ein Link zu einer .mp3 Datei, übergeben, um von Seite des Immersionsobjekts den gewünschten Effekt auszuführen.

6 Fazit

Die vorliegende Projektdokumentation beschrieb die Schaffung einer Simulation von Alarmszenarien im Kontext des Themenfelds Industrie 4.0.

Die Projektarbeit konzentrierte sich darauf, Alarmszenarien im Industrie-4.0-Kontext zu entwickeln und durch spezifische Komponenten die Immersion dieser Szenarien zu intensivieren. Die Integration eines Minimum Viable Products (MVP) in die Simulationsumgebung des Zentrums Industrie 4.0 ermöglicht es, Störfallszenarien realitätsnah zu simulieren und die Reaktionen der Teilnehmer zu beobachten. Dies eröffnet neue Möglichkeiten für die Mensch-Maschine-Interaktion und die Bewertung von Verhaltensweisen in Gefahrensituationen im Kontext zunehmend vernetzter Produktionsumgebungen.

Die entworfenen Alarmszenarien eröffnen nicht nur neue Forschungspotenziale, sondern können auch zur Entwicklung von Schulungsprogrammen und Übungen genutzt werden, um das Bewusstsein und die Fähigkeiten der Mitarbeiter im Umgang mit potenziellen Gefahren zu stärken. Zudem besteht anhand dieser Projektdokumentation und dem gegebenen *git-Repository* die Möglichkeit, die Alarmsimulation durch neu zu definierende Szenarien und einzuführende Komponenten mit geringem Aufwand zu erweitern.

Anhang

Sicherheitsbriefing

Bitte nehmen Sie sich die Zeit, diese Anweisungen sorgfältig zu lesen und zu verstehen, bevor Sie mit dem Betrieb der Maschine fortfahren. Ihre Sicherheit hat oberste Priorität. ca. 2 Min.

WICHTIG: GESUNDHEITSWARNUNG

Bitte stellen Sie sicher, dass Sie die geeignete Schutzkleidung tragen, bevor Sie mit dem Betrieb dieser Maschine beginnen. Dies beinhaltet Schutzhandschuhe, Schutzbrille und nach Anweisung des Übungsleiters eine Atemschutzmaske. Es besteht die Möglichkeit, dass während des Szenarios Rauch oder andere intensiv riechende Substanzen verwendet werden. Dieses Szenario beinhaltet flackernde Lichter, die bei einigen Personen mit Epilepsie zu Anfällen führen können. Bitte beachten Sie, dass Ihre Gesundheit und Sicherheit oberste Priorität haben. Falls Sie Bedenken haben oder gesundheitliche Einschränkungen haben, die sich auf Ihre Teilnahme an diesem Szenario auswirken könnten, empfehlen wir Ihnen, vorab Rücksprache mit einem Arzt zu halten, um sicherzustellen, dass Sie angemessen geschützt sind und das Szenario ohne Risiken für Ihre Gesundheit durchführen können.

Beschreibungskarte MVP

In diesem Szenario wird ein Ablauf aus verschiedenen Komponenten und Eskalationsstufen beschrieben, das in der Simulationsumgebung des Zentrums Industrie 4.0 implementiert wurde. Die Szenariokomponenten bestehen aus den Teilnehmern, Tablet, Subwoofer/Lautsprecher, Wärmelampe/Licht und Nebelmaschine. Diese Komponenten sind in einer Umgebung platziert, in der es Anlagen zum Bedienen gibt, die alle durch ein Förderband miteinander verbunden sind. Das System ist so konzipiert, dass es drei Eskalationsstufen gibt, die nacheinander aktiviert werden können. Jede Eskalationsstufe beinhaltet einen Entstörungsvorgang, der vom Teilnehmer gelöst werden muss. Dabei werden verschiedene Szenariokomponenten aktiviert, um den Prozess zu unterstützen und zu simulieren. Teilnehmer des Szenarios, die bei einem Entstörungsvorgang versagen, werden automatisch zur nächsten Eskalationsstufe befördert, bis sie maximal die Eskalationsstufe 3 erreichen. Während eines Entstörungsvorgangs steht den Teilnehmern dabei nur ein Versuch zur Verfügung. Allerdings haben erfolgreiche Szenarioteilnehmer die Möglichkeit, nach Abschluss einer belie-

bigen Eskalationsstufe das gesamte Szenario vorzeitig zu beenden. Pro Durchgang führt nur ein Szenarioteilnehmer das Szenario durch. Es gibt einen Übungsleiter, der diese Vorgänge beobachtet und bei Notfällen einschreitet, jedoch ist er nicht für die gesamten Handlungen im Szenarioprozess eingeplant.

Einleitung zum Szenario:

Der Teilnehmer aktiviert die Anlage mit einem Startknopf auf dem Tablet. ca. 10 Sek.

Einleitung der Eskalationsstufe 1:

Die Anlage läuft an. Gleichzeitig werden in der ersten Stufe die Szenariokomponenten ca. 8 Sek.
aktiviert, wie der Subwoofer/Lautsprecher, der einen langsamen pulsierenden Ton
erzeugt, sowie die Wärmelampe/Licht (Andon-Signalleuchte), die an der jeweiligen ca. 1 Sek.
Maschine aktiviert wird und kontinuierlich leuchtet. Die Anlage ruckelt und stoppt
ihren Arbeitsfluss. ca. 5 Sek.

Anzeige der Fehlermeldung und Lösungsansatz

Auf dem Tablet erscheint der Name der betroffenen Maschine, zu der der Szenario- ca. 40 Sek.
teilnehmer hinlaufen muss:

FEHLERCODE: E5432

Hinlaufen zu dieser Maschine. ca. 15 Sek.

Auf dem Tablet erscheint ein QR-Code Scanner, der zum Scannen des QR Codes auf ca. 45 Sek.
der Maschine benutzt werden muss, um einen Entstörungsvorgang in 40 Sekunden
bzw. das Problem zu lösen. Eine Nachricht wird angezeigt, die besagt: "Dies ist
der richtige Code! Starte Spiel...". Wenn der gescannte Code nicht dem erwarteten

Code entspricht: Eine rote Fehlermeldung wird angezeigt, die besagt: "Falscher Code! Gehen Sie zu Machine03." Nach einer kurzen Verzögerung von 2 Sekunden wird der QR-Code-Leser erneut aktiviert, um einen weiteren Scan zu ermöglichen.

Eskalationsstufe 1

Auf dem Tablet wird eine Notiz angezeigt:

(!) Die Werkschritt-Reihenfolge der Maschine scheinen durcheinander gebracht zu sein.

Klicke auf die Nummern 1 bis 10 in aufsteigender Reihenfolge, um die richtige Reihenfolge wiederherzustellen. Für die Operation sind nur 10 Sekunden vorgesehen!

3, 5, 8, 10, 9, 2, 7, 4, 1, 6

Es folgt eine Verzweigung, die eine Zufallsvariable beinhaltet:

Nach erfolgreichem Abschluss des Entstörungsvorgangs wird auf dem Tablet eine Benachrichtigung angezeigt, die den Abschluss des Vorgangs bestätigt. Um die Wahrscheinlichkeit von 33% zu simulieren, wird eine digitale Würfelfunktion verwendet, die die Zahlen 1, 2 und 3 generiert und damit drei mögliche Zustände repräsentiert. Nach dem Entstörungsvorgang wird die digitale Würfelfunktion ausgeführt. Wenn die gewürfelte Zahl eine 1 oder 2 ist (entspricht einer Wahrscheinlichkeit von $2/3$), wird auf dem Tablet angezeigt, dass das Problem als gelöst erfasst wurde. Falls die gewürfelte Zahl eine 3 ist (entspricht einer Wahrscheinlichkeit von $1/3$), wird auf dem Tablet angezeigt, dass das Problem nicht vollständig gelöst wurde.

- Sollte der Entstörungsvorgang innerhalb der vorgegebenen Zeit nicht erfolgreich abgeschlossen werden oder eine falsche Eingabe getätigt werden, erfolgt der Übergang zur zweiten Eskalationsstufe automatisch.
- Ist der Entstörungsvorgang erfolgreich gelöst, folgt die Zufallsvariable, dabei wird bei einer $1/3$ Wahrscheinlichkeit das Problem als nicht gelöst erfasst. Dann erfolgt ebenfalls der Übergang zur zweiten Eskalationsstufe automatisch.
- Wenn der Entstörungsvorgang erfolgreich gelöst ist, folgt die Zufallsvariable, ca. 3 Sek.

bei der mit einer Wahrscheinlichkeit von $2/3$ das Problem als gelöst erfasst wird. Wenn dieses Szenario eintritt, werden alle Szenariokomponenten ausgeschaltet und das Szenario für den Teilnehmer ist erfolgreich beendet.

Eskalationsstufe 2

Simultan werden die Szenariokomponenten Subwoofer/Lautsprecher mit einem mittelschnell schlagenden Ton aktiviert. Der Vaporizer stößt derweil Brandgeruch aus. Die LED-Leuchte flackert bei der Maschine blau. Diese bleiben durchgehend in der zweiten Eskalationsstufe aktiv.

ca. 5 Sek.

Der Szenarioteilnehmer soll sich selbstständig zur nächsten Maschine bewegen, was durch eine Andon-Signalleuchte an der Maschine signalisiert wird. (Zeit: ca. 15 Sekunden)

Erneut muss ein Entstörungsvorgang durchgeführt werden:

ca. 40 Sek.

(!) Auf dem Tablet wird eine Notiz angezeigt:

Der Prozessfluss der Maschine scheint ein Problem zu haben und zu überhitzen. Mehrere Prozesse scheinen separat zu laufen, die wieder in die richtige Reihenfolge gebracht werden müssen. Klicke die Nummern 1 bis 10 in aufsteigender Reihenfolge an, um dies zu tun. Nach jeweils 5 und 10 Sekunden werden die Prozessschritte durch eine Neukalibrierung gemischt. Für diese Reparatur sind aufgrund der engen Taktung lediglich 15 Sekunden vorgesehen.

3	5	8	10
9	2	7	
4	1	6	

Danach erfolgt eine weitere Verzweigung, bei der die Zufallsvariable aktiviert wird.

Eskalationsstufe 3

Gleichzeitig werden die Szenariokomponenten Subwoofer/Lautsprecher mit einem schnell schlagenden Ton, der Vaporizer mit einem intensiveren Geruch als zuvor und die Wärmelampe aktiviert. Die Andon-leuchte flackert rot. Diese bleiben durchgehend in der dritten Eskalationsstufe aktiv.

ca. 5 Sek.

Der Szenarioteilnehmer soll zur nächsten Maschine, welches durch eine Andon-Signalleuchte signalisiert wird, hinbewegen.

ca. 15 Sek.

Erneut muss ein Entstörungsvorgang durchgeführt werden:

ca. 40 Sek.

Auf dem Tablet wird eine Notiz angezeigt:

(!) Die Werkschritt-Reihenfolge der Maschine scheinen durcheinander gebracht zu sein.

Etwas scheint mit der Kalibrierung der Maschine ein Problem zu geben, wodurch schwerwiegende Fehler auslöst wurden. Durch eine Fehlkalibrierung ist es zu einem Kabelbrand gekommen. Um den Schaden zu begrenzen, müssen die Eingaben schnellstmöglich neu kalibriert werden, um einen Brand zu verhindern. Zur korrekten Kalibrierung muss der richtige grün aufleuchtende Bereich innerhalb von 0,6 Sekunden gedrückt werden. Die Bereiche fangen in einem schwarzen Zustand an. Falls du länger als 0,6 Sekunden brauchst, um den grün aufleuchtenden Bereich zu drücken, kann die Maschine nicht richtig kalibriert werden. Es werden 6 erfolgreiche Kalibrierungen benötigt.

Danach erfolgt eine weitere Verzweigung, bei der die Zufallsvariable aktiviert wird.

Voraussichtliche Zeitangaben des Szenarios

Sämtliche Zeitangaben beruhen auf einer Schätzung bzw. theoretischen Planung und sind je nach individueller Durchführung und Reaktionsgeschwindigkeit des Teilnehmers variabel. Diese Zeitangaben stehen daher unter Vorbehalt und dienen lediglich als grobe Orientierung. Es ist möglich, dass die tatsächliche Dauer für jeden Teilnehmer unterschiedlich ist.

Benötigte Zeit für Eskalationsstufe 1

Lesen der Anweisungen: ca. 2 Minuten

Aktivierung der Anlage: ca. 8 Sekunden

Unterbrechung der Anlage ca. 5 Sekunden

Anzeige der Fehlermeldung: ca. 40 Sekunden

Hinlaufen zur Maschine: ca. 15 Sekunden

Entstörungsvorgang in der ersten Stufe: ca. 45 Sekunden

Einschreiten der Zufallsvariable: ca. 3 Sekunden

Geschätzte Gesamtzeit für den Abschluss der ersten Stufe: ca. 4 Minuten

Benötigte Zeit für Eskalationsstufe 2

Zeit für die erste Stufe: ca. 4 Minuten

Hinlaufen zur Maschine: ca. 15 Sekunden

Entstörungsvorgang in der zweiten Stufe: ca. 40 Sekunden

Einschreiten der Zufallsvariable: ca. 3 Sekunden

Geschätzte Gesamtzeit für den Abschluss der ersten und der zweiten Stufe: ca. 5 Minuten

Benötigte Zeit für Eskalationsstufe 3 / Max. Zeit bei Erfolglosigkeit

Zeit für die zweite Stufe: ca. 5 Minuten

Hinlaufen zur Maschine: ca. 15 Sekunden

Entstörungsvorgang in der dritten Stufe: ca. 40 Sekunden

Einschreiten der Zufallsvariable: ca. 3 Sekunden

Geschätzte Gesamtzeit für den Abschluss der ersten, zweiten und der dritten Stufe:
ca. 6 Minuten

Literaturverzeichnis

Amann, Ing. Reinhard (o. D.). *Planung und Durchführung von Übungen*. URL: <https://feuerwehr-ittlingen.de/documents/uebungsplanung.pdf>. (Aufgerufen am 16.05.2023).

BABS, Bundesamt für Bevölkerungsschutz Ausbildung (2011). *Behelf für Anlegen und Durchführen von Einsatzübungen*. Bern: Schweizerische Eidgenossenschaft. URL: https://www.zh.ch/content/dam/zhweb/bilder-dokumente/themen/sicherheit-justiz/zivilschutz/ausbildungsunterlagen/f%C3%BChrung/Anlegen_und_Durchfuehren_von_Einsatzuebungen.pdf. (Aufgerufen am 16.05.2023).

BBK, Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe (2011). *Leitfaden für strategische Krisenmanagement-Übungen*. Bonn: BBK. URL: <https://docplayer.org/19267820-Leitfaden-fuer-strategische-krisenmanagement-uebungen.html>. (Aufgerufen am 14.05.2023).

DRK, Deutsches Rotes Kreuz (2016). *Durchführung und Auswertung von MANV-Übungen*. Berlin: Deutsches Rotes Kreuz e.V. URL: https://www.drk.de/fileadmin/user_upload/Forschung/schriftenreihe/Band_3/Schriften_der_Forschung_3._Wissenschaftliche_Erkenntnisse_und_Best_Practices_.pdf. (Aufgerufen am 16.05.2023).

DVR, Deutscher Verkehrssicherheitsrat (o. D.). *Sicherheitstrainings und Sicherheitsprogramme*. URL: <https://www.dvr.de/praevention/trainings>. (Aufgerufen am 17.05.2023).

everbridge (o. D.). *Mass Notification with incident communications*. URL: <https://www.everbridge.com/products/mass-notification-and-incident-communications/>. (Aufgerufen am 03.06.2023).

Feuerwehr-Unfallkasse Brandenburg und Feuerwehr-Unfallkasse Niedersachsen (2016). *Sicherer Übungs- und Schulungsdiens*. Berlin: Die Arbeitsgemeinschaft der Feuerwehr-Unfallkassen. URL: <https://www.hfuknord.de/hfuk-wAssets/docs/service-und-downloads/download-praevention/Medienpakete/Sicherer-Uebungs-und-Schulungsdienst/Begleitheft-Sicherer-Uebungs-und-Schulungsdienst.pdf>. (Aufgerufen am 18.05.2023).

Gisbo (o.D.). *Stiller Alarm von Gisbo*. URL: <https://www.gisbo.de/stiller-alarm/>. (Aufgerufen am 03.06.2023).

HGP-Eberle (o.D.). *Cloud Alarmierungssystem für mit App und Alarm-Box für Maschinen*. URL: http://www.hgp-eberle.de/Alarm_App/Alarm_Maschinenausfall/alarm_maschinenausfall.html. (Aufgerufen am 03.06.2023).

Ixon (o.D.). *Beheben Sie Stillstände schneller mit zuverlässigen Alarmmeldungen bei Maschinenausfällen*. URL: <https://www.ixon.cloud/de/anwendungen/alarm-management>. (Aufgerufen am 03.06.2023).

Masse, Mark (2011). *REST API design rulebook: designing consistent RESTful web service interfaces*. Ö'Reilly Media, Inc."

Matsas, E. & G. Vosniakos (o.D.). „Design of a virtual reality training system for human-robot collaboration in manufacturing tasks.“ In: (). URL: https://www.researchgate.net/publication/271837242_Design_of_a_virtual_reality_training_s. (Aufgerufen am 18.05.2023).

mobeye (o.D.). *Leistungstarker Stromausfallmelder: Überwacht das Vorhandensein von Fremdspannung und den Status von Sensoren*. URL: <https://www.mobeye.com/de/products/cm4100-mobeye-powerguard>. (Aufgerufen am 03.06.2023).

Mystakidis, S. u. a. (2022). „Design, Development, and Evaluation of a Virtual Reality Serious Game for School Fire Preparedness Training“. In: *Education Sciences* 12.4, S. 281. URL: <https://www.mdpi.com/2227-7102/12/4/281>.

Reinheimer, Stefan (2015). *Industrie 4.0 - Herausforderungen, Konzepte und Praxisbeispiel*. Springer.

safeREACH (o.D.). *Behalten Sie immer die Kontrolle – egal was passiert !* URL: <https://safereach.com/de/>. (Aufgerufen am 03.06.2023).

Shyr, Wen-Jye u. a. (2022). „Development and Assessment of Augmented Reality Technology for Using in an Equipment Maintenance and Diagnostic System“. In: *Sustainability* 14.19, S. 12154. URL: <https://doi.org/10.3390/su141912154>..

Telematics, ISA (o.D.). *Professioneller Alleinarbeiterschutz*. URL: https://www.isatelematics.de/?gclid=CjwKCAjwx_eiBhBGEiwA15gLNyM1j7cRJel6Jj-z4ny-h-mWIGX9rrq4fPGv0lwvaHX-eppW35CzDRoCV9gQAvD_BwE. (Aufgerufen am 03.06.2023).

- Totmann (o. D.). *Totmannschalter zur Überwachung von Einzelarbeitsplätzen mit erhöhter oder kritischer Gefährdung*. URL: https://totmann-schalter.de/?gclid=CjwKCAjwx_eiBhBGEiwA15gLN-7pkwuJAQJJHo4Me36X03Ds8m70dp965-o78bLLm8IoZzDSokDv0BoCykQQA_vD_BwE. (Aufgerufen am 03.06.2023).
- VeDoSign (o. D.). *Kritische Alarmer schützen Ihr Unternehmen*. URL: <https://www.vedosign.de/notfallreaktion-kritischer-alarm/>. (Aufgerufen am 03.06.2023).
- VIDEC (o. D.). *Alarmeskalation mit dem intelligenten Alarmierungssystem*. URL: <https://videc.de/produkte/aip-alarmierungssystem-meldesystem/>. (Aufgerufen am 03.06.2023).
- Weidle, D. (2023). „Maschinenausfälle entdecken bevor sie auftreten“. In: 26.5, S. 26–27. URL: <https://doi.org/10.1002/citp.202300515>.
- WEKA (o. D.). *Elektroakustische Notfallwarnsysteme (ENS) nach DIN EN 50849*. URL: <https://weka.de/elektrosicherheit/elektroakustische-notfallwarnsysteme-ens>. (Aufgerufen am 03.06.2023).
- Workerbase (o. D.). *Maschinenalarm*. URL: <https://de.workerbase.com/manufacturing-apps/machine-alarms>. (Aufgerufen am 03.06.2023).
- Zhu, Y. & N. Li (2021). „Virtual and Augmented Reality Technologies for Emergency Management in the Built Environments: A State-of-the-Art Review“. In: *Journal of Safety Science and Resilience* 2. URL: <https://doi.org/10.1016/j.jnlssr.2020.11.004>.