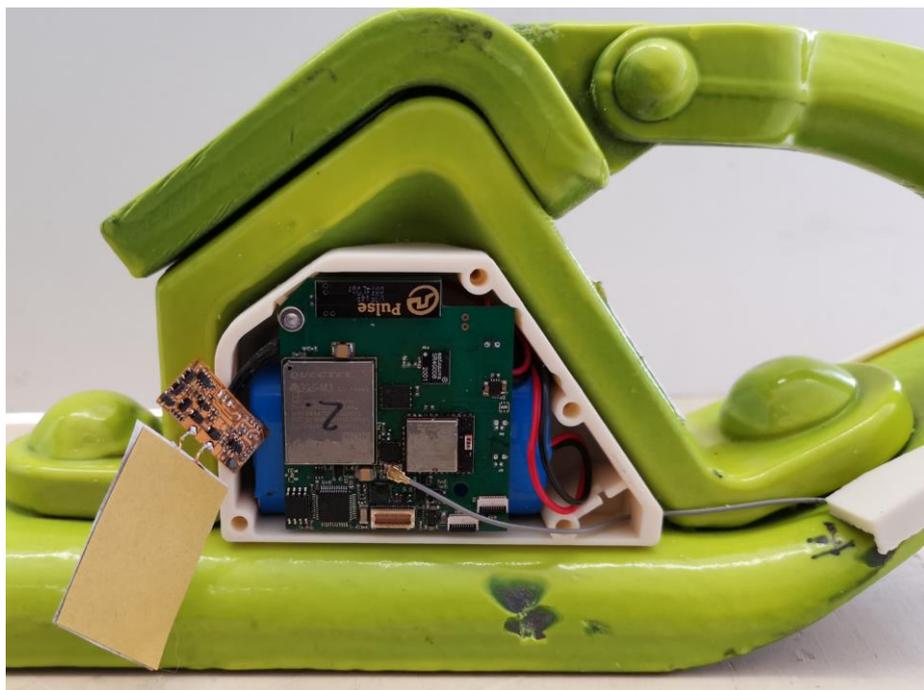


# Smarte Sicherungsmittel für Eisenbahnwaggons SmartBlock

Ein Projekt finanziert im Rahmen der  
Verkehrsinfrastrukturforschung 2018  
**(VIF 2018)**

Jänner 2022



## Impressum:

### Herausgeber und Programmverantwortung:

Bundesministerium für Klimaschutz  
Abteilung Mobilitäts- und Verkehrstechnologien  
Radetzkystraße 2  
1030 Wien

 Bundesministerium  
Klimaschutz, Umwelt,  
Energie, Mobilität,  
Innovation und Technologie

ÖBB-Infrastruktur AG  
Praterstern 3  
1020 Wien



### Für den Inhalt verantwortlich:

Rail Expert Consult GmbH  
Praterstraße 25/27  
1020 Wien

**RAIL** *Expert Consult*

CargoMon Systems GmbH  
Prinz Eugen Straße 70/2/2.1.A  
1040 Wien



### Programmmanagement:

Österreichische Forschungsförderungsgesellschaft mbH  
Thematische Programme  
Sensengasse 1  
1090 Wien



# Smarte Sicherungsmittel für Eisenbahnwaggons SmartBlock

Ein Projekt finanziert im Rahmen der  
Verkehrsinfrastrukturforschung  
(VIF2018)

**AutorInnen:**

**Stefan SCHMIDT**

**Hans WAGNER**

**Luis Enrique GUTIERREZ SUBIRATS**

**Stefan MAHLKNECHT**

**Auftraggeber:**

Bundesministerium für Klimaschutz

ÖBB-Infrastruktur AG

**Auftragnehmer:**

Rail Expert Consult GmbH

CargoMon Systems GmbH

## INHALTSVERZEICHNIS

1	Ziele und Ergebnisse.....	8
1.1	Zielsetzung des Forschungsprojekts .....	8
1.2	Inhaltliche Adaptierungen und Abgrenzungen .....	9
1.2.1	Adaptierungen .....	9
1.2.2	Abgrenzungen .....	9
1.3	Zielerreichung.....	10
2	Ergebnisse Forschungsprojekt .....	11
2.1	Arbeitspaket 1: Projektmanagement.....	11
2.2	Arbeitspaket 2: Konzept .....	12
2.2.1	Anforderungen und Systemarchitektur .....	12
2.2.2	Software .....	16
2.2.3	Hardware.....	19
2.2.3.1	Frontend Plattform.....	19
2.2.3.2	Sensorik am Hemmschuh .....	19
2.3	Arbeitspaket 3: Umsetzung .....	20
2.3.1	Software .....	21
2.3.1.1	Frontend .....	21
2.3.1.2	Backend .....	22
2.3.1.3	Scannen der Schienenfahrzeugnummer .....	22
2.3.2	Hardware.....	23
2.3.2.1	Variante 2 .....	25
2.3.2.2	Variante 3 .....	26
2.3.2.3	Variante 1 .....	26

2.4	Arbeitspaket 4: Erprobung .....	28
2.4.1	Erprobungsphasen .....	28
2.4.2	Unterstützende Tools .....	31
2.4.2.1	Update Funktionalität der Software .....	31
2.4.2.2	Ladegerät .....	31
2.4.3	Datenauswertungen .....	32
2.4.3.1	Scannen der Schienenfahrzeugnummer .....	32
2.4.3.2	Energieverbrauch .....	35
2.5	Arbeitspaket 5: Revision .....	38
2.5.1	Hardware .....	38
2.5.2	Software .....	38
2.6	Arbeitspaket 6: Empfehlung .....	39
3	Umsetzungsempfehlungen zur Verwertung des Status Quo der Projektergebnisse.....	40
3.1	Allgemeines / Abgrenzung.....	40
3.2	Technische Aspekte .....	40
3.2.1	Scannen der Schienenfahrzeugnummer .....	40
3.2.2	Scannen der HS - ID .....	41
3.2.3	Integration in die IT-Infrastruktur des Eisenbahnunternehmens .....	41
3.2.4	Schnittstelle Hemmschuh – Backend .....	41
3.2.5	Beeinflussung durch äußere Bedingungen.....	41
3.2.6	Bedienplattform .....	42
3.2.6.1	Hardware .....	42
3.2.6.2	Software .....	42
3.2.6.3	Minimierung manueller Eingaben am User Interface.....	43

3.2.7	Zulassung des HS mit Loch.....	44
3.2.8	Automatisierung.....	44
3.3	Betriebliche Aspekte.....	45
3.3.1	Anwendungsbereiche .....	45
3.3.2	Bediener / Rollen .....	46
3.3.3	Betriebliche Prozesse.....	46
3.3.4	Ausbildungen / Schulungen / Unterweisungen .....	47
3.3.5	Wartung, Instandhaltung, Störungsmanagement .....	47
3.3.6	Arbeitnehmerschutz.....	48
3.4	Weitere Aspekte .....	48
3.4.1	Kostenschätzung .....	48
4	Umsetzungsempfehlungen zur Verwertung der Projektergebnisse im Rahmen weiterführender Untersuchungen.....	50
4.1	Allgemeines / Abgrenzung.....	50
4.2	Technische Aspekte .....	50
4.2.1	Scannen der Schienenfahrzeugnummer .....	50
4.2.2	Scannen der HS - ID .....	51
4.2.3	Integration in die IT-Infrastruktur des Eisenbahnunternehmens .....	52
4.2.4	Schnittstelle Hemmschuh – Backend .....	55
4.2.5	Beeinflussung durch äußere Bedingungen.....	56
4.2.6	Bedienplattform .....	58
4.2.6.1	Hardware .....	58
4.2.6.2	Software .....	59
4.2.6.3	Minimierung manueller Eingaben am User Interface.....	60
4.2.6.4	Anpassung an derzeit bestehende Handlungsabläufe .....	60

4.2.7	Zulassung des HS mit Loch.....	61
4.2.8	Automatisierung des Systems .....	62
4.3	Betriebliche Aspekte.....	62
4.3.1	Anwendungsbereiche .....	62
4.3.2	Bediener / Rollen .....	63
4.3.3	Betriebliche Prozesse.....	63
4.3.4	Ausbildungen / Schulungen / Unterweisungen .....	64
4.3.5	Wartung, Instandhaltung, Störungsmanagement .....	64
4.3.6	Arbeitnehmerschutz.....	65
4.4	Weitere Aspekte .....	66
4.4.1	Kostenschätzung .....	66

## 1 ZIELE UND ERGEBNISSE

Einleitend soll die Zielsetzung des Projekts erläutert werden und es soll dargelegt werden, wie die Ergebnisse des Forschungsprojekts SmartBlock im Kontext einer zukünftigen Umsetzung bzw. im Kontext eines späteren Rollouts einzuordnen und zu bewerten sind.

### 1.1 Zielsetzung des Forschungsprojekts

Die ursprüngliche, vom Auftraggeber definierte Zielsetzung des Forschungsprojekts kann folgendermaßen zusammengefasst werden:

*„Management-System für Sicherungsmittel, welches alle Informationen über gelegte/entfernte Hemmschuhe und angezogene/gelöste Handbremsen bei einer zentralen Stelle zusammenführt.“* **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.**

Eine zusätzliche, wichtige Vorgabe war die Beschränkung der Betrachtungen auf die Sicherung und Entsicherung von stillstehenden, endgültig abgestellten Schienenfahrzeugen.

Das genannte System sollte im Rahmen des Forschungsprojekts konzipiert, und dessen technische Machbarkeit mit Hilfe von Demonstratoren untersucht und bewertet werden.

Vom Auftraggeber wurde dafür die in Abbildung 1 dargestellte Systemarchitektur vorgeschlagen.



**Abbildung 1: Ursprüngliche, vom Auftraggeber ÖBB vorgeschlagene Systemarchitektur**

Quelle: Sicherungsmittel Management – Funktionale Anforderungen für das Projekt „smarter Hemmschuh“ / 2019  
07 16 Funktionale Anforderungen Sicherungsmittel Management FREIGEGERBEN\_neu

Weiters wurden seitens des Auftraggebers erste Anforderungen an das umzusetzende System, sowie an die neu zu konzipierenden, smarten, Hemmschuhe definiert.

Für weitere Details zur ursprünglichen Zielsetzung des Projekts wird auf **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.** verwiesen.

## 1.2 Inhaltliche Adaptierungen und Abgrenzungen

### 1.2.1 Adaptierungen

Die ursprüngliche Zielsetzung des Forschungsprojekts wurde in folgenden Bereichen adaptiert:

- Die vom Auftraggeber vorgeschlagene Architektur wurde insofern erweitert, als dass der Hemmschuh mit zusätzlicher Sensorik ausgestattet wurde, die eine Vielzahl neuer Funktionen ermöglicht. Für diese Sensorik wurde eine neue Schnittstelle zur Kommunikation mit dem Backend / Server des Systems definiert, siehe dazu auch Abbildung 5.
- Die durch den Auftraggeber vorgegebenen Basisanforderungen an das System wurden auf Basis der neuen Schnittstelle ergänzt, wodurch ein erheblicher Mehraufwand in den Bereichen Konzeption, Umsetzung und Tests entstand.
- Die Handbremse kann als Sicherungsmittel in der umgesetzten Plattform erfasst werden, vertiefende Untersuchungen wurden jedoch neben dem Shift an Ressourcen aus einer Vielzahl von weiteren Gründen verworfen, siehe dazu auch Kapitel 3 und 4.

### 1.2.2 Abgrenzungen

Es muss grundsätzlich festgehalten werden, dass trotz der Erreichung aller Projektziele kein System vorliegt, das im aktuellen Status direkt operativ zum Einsatz kommen kann. Mit den limitierten zeitlichen und finanziellen Ressourcen des Forschungsprojekts wurde die Machbarkeit des neuen Systems demonstriert, die weiteren Schritte hin zu einer tatsächlichen Umsetzung werden in den Kapiteln 3 und 4 erläutert.

Die wesentlichen Abgrenzungen des Auftraggebers wurden beibehalten, diese wurden nur marginal ergänzt bzw. adaptiert:

- Es wurden ausschließlich Sicherungs- und Entsicherungsvorgänge für endgültig abgestellte Schienenfahrzeuge betrachtet.
- Die Sicherstellung der Bedienbarkeit des Systems wurde mitbetrachtet, der Fokus lag hier aber vor allem auf der technischen Funktion der Endgeräte und auf der

Ausprägung der Applikation hinsichtlich der Minimierung von Mehraufwand in den Arbeitsabläufen bei den Sicherungs- und Entsicherungsvorgängen für endgültig abgestellte Schienenfahrzeuge (z.B. möglichst wenige Eingaben am GUI nötig). Die tatsächliche Ausprägung der Endgeräte bzw. Bedienplattform muss nicht jener des Forschungsprojekts entsprechen (Smartphon, Tablet), womit auch eine vertiefende Betrachtung von Usability Aspekten (z.B. Bildschirmgröße, Input Controls, Lesbarkeit bei hoher Sonneneinstrahlung, etc.) nicht zielführend war.

### **1.3 Zielerreichung**

Das Kernziel des Projekts, die Konzeption eines Management Systems für Sicherungsmittel endgültig abgestellter Schienenfahrzeuge und die Untersuchung von dessen technischer Machbarkeit mit Hilfe von Demonstratoren, wurden erreicht. Es wurden weitere, vertiefende und über den Projektantrag hinausgehende Funktionen umgesetzt und ebenfalls bewertet. Die technische Machbarkeit des Systems konnte gezeigt werden. In den Umsetzungsempfehlungen wird vorwiegend auf technische Aspekte eingegangen. Der Fokus wurde zugunsten der technischen Betrachtungen in Abstimmung mit dem Auftraggeber im Laufe des Projekts sukzessive weg von betrieblichen und organisatorischen Prozessen der ÖBB Infrastruktur AG genommen, da eine Neubewertung oder Neudefinition solcher Prozesse von außen nur schwer möglich ist. Stattdessen wurden Experten der langfristigen Digitalisierungsprojekte des Auftraggebers in den Statusmeetings eingebunden. Diese wiederum haben sichergestellt, dass die Erkenntnisse des Forschungsprojekts in die langfristigen Strategien des Auftraggebers einfließen, in dem wesentliche Erkenntnisse in Form von Diskussionsgrundlagen und ersten Anforderungen in Projektmeetings z.B. bei PORTHOS mitgenommen wurden. Prozesse werden damit für SmartBlock nicht redundant definiert, und diese Einbettung in langfristige Strategien ist für die Verwertung der Projektergebnisse zielführend.

## 2 ERGEBNISSE FORSCHUNGSPROJEKT

In diesem Kapitel werden die Ergebnisse des Forschungsprojekts SmartBlock entlang der einzelnen Arbeitspakete detailliert aufbereitet.

### 2.1 Arbeitspaket 1: Projektmanagement

Die Kernaufgaben des Projektmanagements (Koordination der wissenschaftlichen und technologischen Aktivitäten der Projektpartner) wurden über die gesamte Projektlaufzeit durchgeführt. Besprechungen wurden zumindest monatlich zwischen den teilnehmenden Projektpartnern und den ÖBB abgehalten, oft sogar häufiger. Abstimmungen zwischen den Ansprechpersonen der einzelnen Projektpartner fanden oft sogar mehrmals pro Woche und mehrmals täglich statt, sodass sowohl die Bietergemeinschaft als auch die ÖBB über den aktuellen Stand des Projektverlaufs in Kenntnis gesetzt werden konnten. Im Rahmen der Berichtslegung an die FFG wurden zwei Zwischenberichte und der Endbericht erstellt.

Wie bereits beschrieben, wurde in umfassenden Gesprächen mit den entsprechenden Experten auf Seiten des Auftraggebers ÖBB angestrebt, eine noch intensivere Einbettung des Projekts SmartBlock in den Themenkomplex Digitalisierung bei den ÖBB zu erreichen. Damit wurde sichergestellt, dass die Ergebnisse des Forschungsprojekts an den richtigen Schnittstellen platziert werden und somit einer weiteren Verwertung zugeführt werden können. Die Aufwände im Arbeitspaket 1 waren dadurch jedoch vor allem aufgrund der folgenden Tatsachen im Vergleich zu ähnlichen Projekten sehr hoch:

- Vielzahl der Teilnehmer in den einzelnen Projektmeetings: Es wurden immer wieder Experten aus anderen Projekten und Umsystemen hinzugezogen, um etwaige Schnittstellen des Systems SmartBlock zu diskutieren und zu evaluieren. Alleine der Koordinationsaufwand für die Terminfindung zu den Meetings stieg dadurch enorm.
- Durch die sukzessive Einbindung zusätzlicher Experten über die gesamte Projektlaufzeit entstanden weiters große Aufwände in der Einführung der Kollegen in die Thematik bzw. in das neue System. Neben den inhaltlichen Experten zu technischen Belangen waren auch Experten zu Themen wie Arbeitnehmerschutz oder Datenschutz eingebunden. Auch gab es seitens des Auftraggebers eine Änderung des Projektleiters, und personelle Änderungen auf Seiten der Auftragnehmer, was ebenfalls zu koordinativem Mehraufwand führte.
- Die Sicherstellung der Einbettung von SmartBlock in zukünftige und bereits eingeleitete ÖBB-seitige Entwicklungen bedingte auch die Einbindung und

Abstimmung mit weiteren Firmen bzw. externen Lieferanten. So wurde zum Beispiel der Hemmschuh-Lieferant eingebunden, und es wurden bestehende Lösungen zur Erfassung der Schienenfahrzeugnummer untersucht, um ggf. ÖBB-seitige Synergien heben zu können (z.B. Abstimmung mit dem Lieferanten zur Erfassung der Schienenfahrzeugnummern an den Zuglaufcheckpoints).

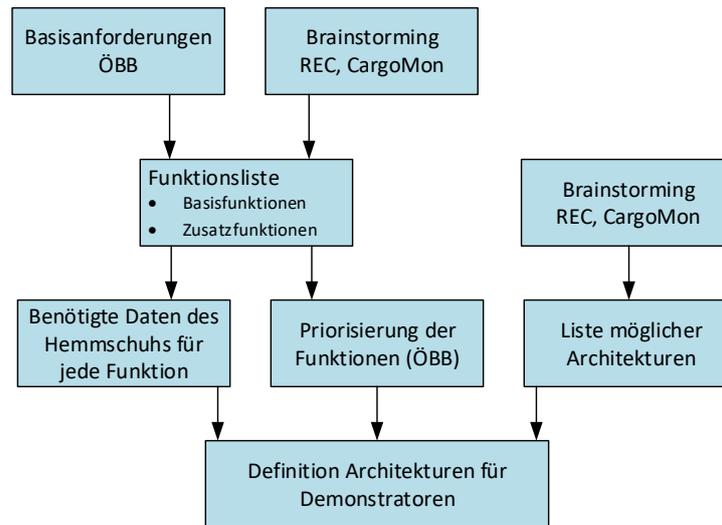
- Koordination der Feldtests: Die Feldtests fanden in mehreren Iterationen am Bahnhof Arnoldstein (Kärnten) statt. Obwohl dieser Bahnhof aus betrieblicher Sicht grundsätzlich gut geeignet war, ergaben sich erhebliche Aufwände durch die geografische Entfernung (Reisezeiten, Verbringung mehrerer schwerer Hemmschuh-Demonstratoren, etc.), oder auch durch die Umbauarbeiten an den Gleisanlagen im Bahnhof, die teilweise im Projektzeitraum durchgeführt wurden.

## **2.2      Arbeitspaket 2: Konzept**

Arbeitspaket 2 umfasste als wesentliche Punkte die Definition von Systemanforderungen, die Ableitung einer Systemarchitektur sowie die Konzeption von Hardware und Software zur Umsetzung des Systems in Form einer Demonstrator Plattform.

### **2.2.1    Anforderungen und Systemarchitektur**

Auf Basis der vom Auftraggeber bereits vor Projektstart in den Regionen erhobenen grundlegenden Anforderungen wurden mögliche Funktionen des Systems SmartBlock analysiert. Diese wurden mit weiteren möglichen Funktionen ergänzt und es wurden die dafür benötigten Daten unterschiedlicher Sensoren sowie deren benötigte Intervalle erhoben. Abbildung 2 zeigt die gewählte methodische Vorgehensweise.



**Abbildung 2: Methodische Vorgehensweise zur Architekturdefinition des Systems SmartBlock**

Die praktische Umsetzung dieser Methodik ist in Abbildung 3 auszugsweise illustriert.

Priorität		Benötigte Daten des Hemmschuhs			
		HS-ID	Lage am Gleis, Orientierung	GPS Position	Batteriestatus
	<b>GRUNDFUNKTIONEN (aus Basisanforderungen des Auftraggebers ÖBB)</b>				
	Erfassung HS-ID durch Applikation	bei Bedienung	nein	nein	nein
	Statuserkennung nur bei Annäherung möglich	bei Bedienung	nein	nein	nein
	Live-Statusanzeige (bei Änderungen durch Bediener)	bei Bedienung	nein	nein	nein
	Live-Statusanzeige (bei allen Events, z.B. HS kippt)	bei Bedienung	bei Lageänderung	bei Lageänderung	nein
	Ständige Info an Dispo-Stelle (bei Änderungen durch Bediener)	bei Bedienung	nein	nein	nein
	Ständige Info an Dispo-Stelle (bei allen Events, z.B. HS kippt)	bei Bedienung	bei Lageänderung	bei Lageänderung	nein
	"Abfahrtsbereitschaftsmeldung"	bei Bedienung	nein	nein	nein
	Visualisierung in Listenform	bei Bedienung	nein	nein	nein
	<b>WEITERE DENKBARE FUNKTIONEN</b>				
	Visualisierung (geo)grafisch (Voraussetzung: digitale Streckenkarte)	bei Bedienung	bei Bedienung	bei Bedienung	nein
	Visualisierung eigene Position	nein	nein	nein	nein
	Monitoring Batteriestatus	nein	nein	nein	kontinuierlich
	Ausfallerkennung: Sensorik	bei Bedienung	bei Bedienung	bei Bedienung	nein
	Ausfallerkennung: Schnittstelle zur DB / NB-IoT Modul	nein	nein	nein	kontinuierlich
	Plausibilisierung: HS richtig aufgelegt (oder nur eingescannt und)	nein	bei Bedienung	nein	nein

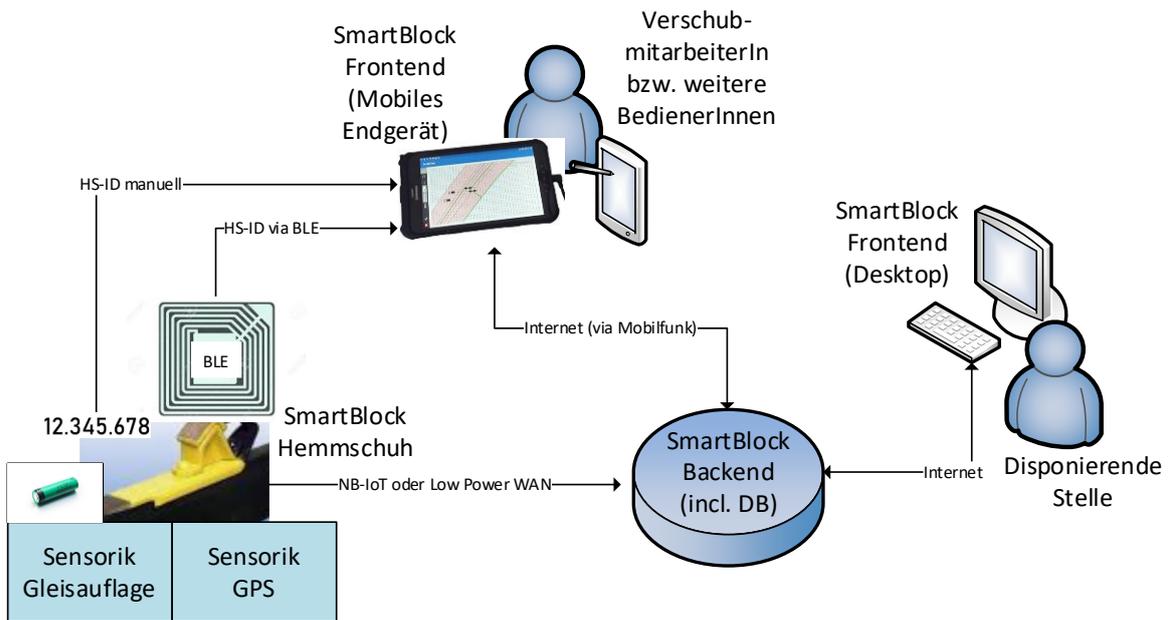
**Abbildung 3: Vorgehensweise zur Erhebung möglicher Funktionen von SmartBlock (Ausschnitt)**

Diese Funktionen wurden auf mögliche Varianten der Architektur von SmartBlock gemappt und in einer Matrix mit weiteren nicht funktionalen Anforderungen ergänzt. Das Ergebnis ist ausschnittsweise in Abbildung 4 dargestellt und ist die Entscheidungsgrundlage für die schlussendlich gewählte Architektur.

	Architekturvariante					
	A	B	C	D	E	F
<b>Vor- und Nachteile der Architektur</b>						
Kostengünstig	1	2	2	3	4	5
einfache Austauschbarkeit / Nachrüstung	1	2	2	3	3	5
Erfüllung Umweltbedingungen	1	1	1	2	2	2
Lebensdauer/Wartungsintervall 6 Jahre	1	1	1	3	3	1
keine (regelmäßige) Stromversorgung	1	1	1	1	1	1
<b>Umsetzbare Funktionen</b>						
1 Erfassung HS-ID	✓	✓	✓	✓	✓	✓
2 Stuserfassung bei Annäherung	✓	✓	✓	✓	✓	✓
3 Live-Statusanzeige (Bediener)	✓	✓	✓	✓	✓	✓
5 Info an Dispo-Stelle (Bediener)	✓	✓	✓	✓	✓	✓
7 Abfahrbereitschaftsmeldung	✓	✓	✓	✓	✓	✓
8 Visualisierung in Listenform	✓	✓	✓	✓	✓	✓
16 Plausibilisierung: Richtiger HS entfernt	✓	✓	✓	✓	✓	✓
21 Visualisierung Plausibilisierungen	✓	✓	✓	✓	✓	✓
10 Visualisierung eigene Position	✓	✓	✓	✓	✓	✓
14 Plausibilisierung: HS richtig aufgelegt	-	-	✓	✓	✓	✓
15 Plausibilisierung: HS wirklich entfernt	-	-	✓	✓	✓	✓
11 Monitoring Batteriestatus	-	-	-	✓	✓	✓
13 Ausfallerkennung: Schnittstelle	-	-	-	✓	✓	✓
17 Erkennung: HS entfernt, nicht gescannt	-	-	-	✓	✓	✓
18 Erkennung: HS aufgelegt, nicht gescannt	-	-	-	✓	✓	✓
4 Live-Statusanzeige (Events)	-	-	-	-	✓	✓
6 Info an Dispo-Stelle (Events)	-	-	-	-	✓	✓
9 Visualisierung (geo)grafisch	-	-	-	-	✓	✓
12 Ausfallerkennung Sensorik	-	-	-	-	✓	✓
19 Erkennung: Diebstahl	-	-	-	-	✓	✓
20 Plausibilisierung: HS am richtigen Gleis	-	-	-	-	✓	✓

**Abbildung 4: Matrix als Entscheidungsgrundlage zur SmartBlock Architektur**

Die für das System SmartBlock gewählte Architektur ist in Abbildung 5 dargestellt. Die möglichen Übertragungstechnologien für die Schnittstelle zwischen Hemmschuh und Backend wurden hinsichtlich Energiebedarf, Security-Aspekten, Kosten und weiteren Eigenschaften untersucht und bewertet.



**Abbildung 5: SmartBlock Architektur**

Auf Basis der Anforderungsspezifikation und der Systemarchitektur wurde weiters eine einfache Sicherheitsbetrachtung des Systems durchgeführt (Hazard Log). Dieses Gefährdungslogbuch entspricht der Vorgehensweise nach dem Stand der Technik und kommt als Werkzeug auch bei Zertifizierungen nach den einschlägigen Normen zum Einsatz.

Das Gefährdungslogbuch zeigt die wesentlichen Gefährdungen und deren Auswirkungen in den derzeitigen Prozessen der Sicherung und Entsicherung endgültig abgestellter Schienenfahrzeuge auf. Diese werden mit den Maßnahmen durch das System SmartBlock ergänzt. Das Gefährdungslogbuch zeigt, dass mit den durch das System SmartBlock umgesetzten Maßnahmen eine wesentliche Reduktion der Gefährdungen möglich ist. Zu diesen Maßnahmen zählen unter anderem auch Plausibilisierungsfunktionen, die auf Basis von Meldungen von Sensordaten direkt vom Hemmschuh an das Backend arbeiten (siehe Kapitel 2.2.2).

Das Gefährdungslogbuch dient bei einer späteren Umsetzung des Systems SmartBlock als Grundlage für weitere, vertiefende Betrachtungen der Safety-Aspekte. Auszugsweise zeigt Abbildung 6 die Vorgehensweise im Rahmen des Gefährdungslogbuchs.

Entität (Mitarbeiter oder Element)	Titel der Gefährdung	Gefährdungsbeschreibung	Gefährdungsursache	Isolierte Auswirkung	Auswirkung Bahnbetrieb	Ursache (Mitarbeiter / Element)	Risiko	Technische Maßnahmen durch SmartBlock	Betriebliche Maßnahmen durch SmartBlock	SP	ST	Risiko	Nachweis	Status	Bemerkung	Abshätzung der zu erwartenden Gefährdungsreduktion
MA Vershub	Öffnen der falschen HB (nicht gekuppelte Schienenfahrzeuge)	fälschliche Sicherung lokales Schienenfahrzeug, weiteres Schienenfahrzeug nicht ausreichend gesichert	menschlicher Fehler	HB bleibt angezogen	Entrollen Schienenfahrzeuge; Engleistung Schienenfahrzeuge	2	D	untragbar vorbehaltlich Klärung ARAMS-D Prüfung Fahrzeugnummer <-> Wagenliste; Plausibilisierung durch HS Events mit Sendezeiten in das Backend.	Bedenrühmhandlungen gemäß Bedienungsanweisung SmartBlock	2	C	tolerierbar	Dokumentation, Logging und Auswertung von entsprechenden Bedienrühmhandlungen und Ereignissen im Backend bei Erprobung/Betrieb	offen	Engleistung eher unwahrscheinlich, da die Ereignisliste (Heißläufer -> Lichtbuch -> Engleistung) vorab durch Detektion unterbrochen werden kann; falsche HB gelöst und Fahrzeugnummer über zu lösenden HB gesammelt; Plausibilisierung schlagf. falsch; falsche HB gelöst und Fahrzeugnummer die nicht zu lösenden HB gesammelt passt nicht zum Auftrag (Zustandsetzt) ohne SmartBlock. Wahrscheinlichkeit <math>P(X) < 10^{-6}</math> mit SmartBlock. Wahrscheinlichkeit HB beim Auflagen nicht gesamt = Fehler fällt nicht auf = Fehler fällt beim Entrollen nicht auf weil sich MA auf die aktuelle Liste verlassen = Wahrscheinlichkeit <math>P(X) < 10^{-6}</math>	bis zu 100% bei Annahme <math>P(X) < 10^{-6}</math> (siehe Bemerkung)
MA Vershub	Entfernen eines HS registrieren bzw. nicht gesamte Anzahl an HS entfernt	lokales Schienenfahrzeug fälschlicherweise gesichert	menschlicher Fehler	HS bleibt liegen	Engleistung Schienenfahrzeuge	2	D	untragbar Auftragsfassung und Statusfassung des HS via Frontend; Prüfung auf fertige Auftragsbearbeitung anhand Status im Backend	Bedenrühmhandlungen gemäß Bedienungsanweisung SmartBlock	2	C	tolerierbar	Dokumentation, Logging und Auswertung von entsprechenden Bedienrühmhandlungen und Ereignissen im Backend bei Erprobung/Betrieb	offen	Engleistung eher unwahrscheinlich, da die Ereignisliste (Heißläufer -> Lichtbuch -> Engleistung) vorab durch Detektion unterbrochen werden kann; Jahre SmartBlock. Wahrscheinlichkeit <math>P(X) < 10^{-6}</math> mit SmartBlock. Wahrscheinlichkeit HB beim Anfahren nicht gesamt = Fehler fällt nicht auf = Fehler fällt beim Entrollen nicht auf weil sich MA auf die aktuelle Liste verlassen =	bis zu 100% bei Annahme <math>P(X) < 10^{-6}</math> (siehe Bemerkung)
MA Vershub	Öffnen einer HB registrieren bzw. nicht gesamte Anzahl der HB geöffnet	lokales Schienenfahrzeug fälschlicherweise gesichert	menschlicher Fehler	HB bleibt angezogen	Engleistung Schienenfahrzeuge	2	D	untragbar Auftragsfassung und Statusfassung des HS via Frontend; Prüfung auf fertige Auftragsbearbeitung anhand Status im Backend	Bedenrühmhandlungen gemäß Bedienungsanweisung SmartBlock	2	C	tolerierbar	Dokumentation, Logging und Auswertung von entsprechenden Bedienrühmhandlungen und Ereignissen im Backend bei Erprobung/Betrieb	offen	Engleistung eher unwahrscheinlich, da die Ereignisliste (Heißläufer -> Lichtbuch -> Engleistung) vorab durch Detektion unterbrochen werden kann; Jahre SmartBlock. Wahrscheinlichkeit <math>P(X) < 10^{-6}</math> mit SmartBlock. Wahrscheinlichkeit HB beim Anfahren nicht gesamt = Fehler fällt nicht auf = Fehler fällt beim Entrollen nicht auf weil sich MA auf die aktuelle Liste verlassen =	bis zu 100% bei Annahme <math>P(X) < 10^{-6}</math> (siehe Bemerkung)
MA Vershub	HS wird auf falschem Material entfernt	fälschliche Sicherung lokales Schienenfahrzeug, weiteres Schienenfahrzeug nicht ausreichend gesichert	menschlicher Fehler	HS bleibt liegen	Entrollen Schienenfahrzeuge; Engleistung Schienenfahrzeuge	3	D	untragbar vorbehaltlich Klärung ARAMS-D Prüfung Fahrzeugnummer <-> Wagenliste; Plausibilisierung durch HS Events mit	Bedenrühmhandlungen gemäß Bedienungsanweisung SmartBlock	3	C	untragbar	Dokumentation, Logging und Auswertung von entsprechenden Bedienrühmhandlungen und Ereignissen im Backend bei Erprobung/Betrieb	offen	fälscher HS entfernt und falsche HB entfernt und Fahrzeugnummer des	bis zu 100%

Abbildung 6: Gefährdungslogbuch SmartBlock (Auszug)

## 2.2.2 Software

Für die Umsetzung der Applikation am Frontend (Tablet und Smartphone) wurde die Toolchain ausgewählt, ein Navigationskonzept erarbeitet und in Abstimmung mit den Experten des Auftraggebers umgesetzt. Die Erarbeitung des Navigationskonzepts wird in Abbildung 7 illustriert.

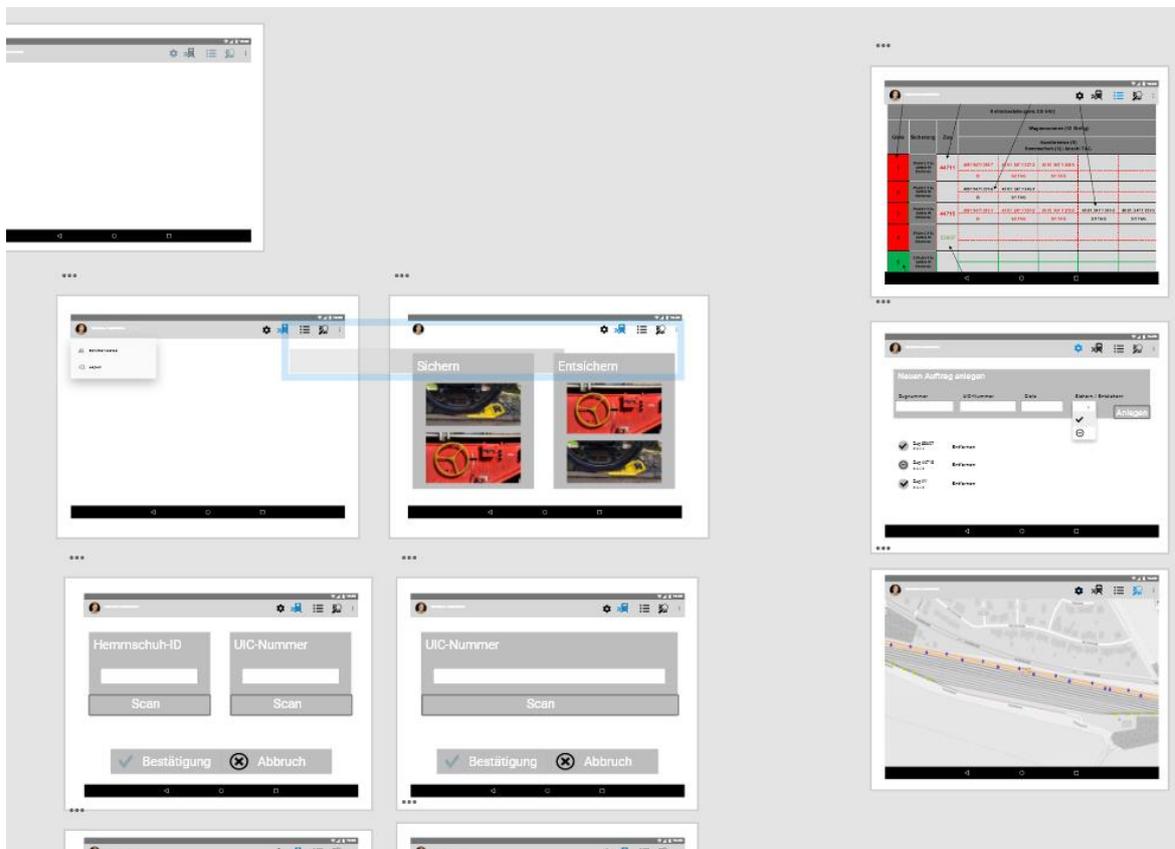
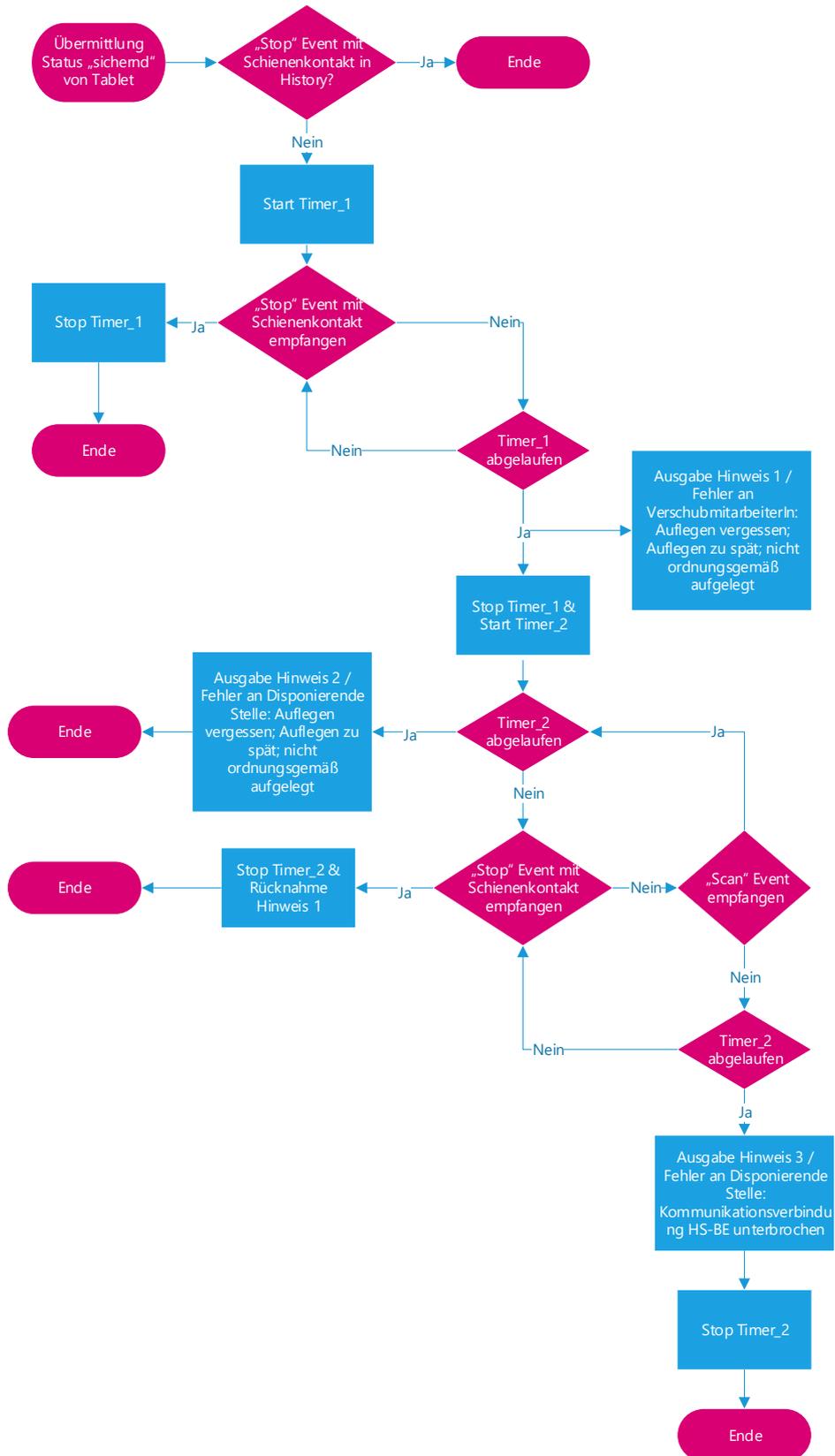


Abbildung 7: Erarbeitung Navigationskonzept

Weiters wurden für die Umsetzung der Software im Rahmen der Anforderungserhebung Plausibilisierungsfunktionen erarbeitet. Diese dienen dazu, die Bedienhandlungen am Frontend und an den Hemmschuhen zu plausibilisieren: Von der Sensorik am Hemmschuh wird erkannt, ob dieser sich aktuell auf einem Schienenkopf befindet oder nicht. Es kann dadurch zum Beispiel erkannt werden, wenn ein Hemmschuh auf einem Gleis aufgelegt wird, die entsprechende Meldung an das System aber ausbleibt. Ebenfalls kann der umgekehrte Fall erkannt werden (es wird eine Meldung an das System gesendet, dass der Hemmschuh zum Sichern aufgelegt wurde, das Auflegen des Hemmschuhs wurde aber tatsächlich vergessen).

Die Plausibilisierungsfunktionen generieren Hinweismeldungen an die BedienerInnen des Systems, sofern solche Inkonsistenzen erkannt werden. Sie sind als unterstützende Funktion zu sehen und übernehmen im Kontext des Systems keine Sicherheitsverantwortung. Dennoch sind durch die Gleiserkennung und die zugehörige Schnittstelle zum Backend eine Reihe von Funktionen umsetzbar, die einen wesentlichen Mehrwert bieten können.

Beispielhaft ist eine solche Plausibilisierungsfunktion in Abbildung 8 dargestellt. Eine Reihe weiterer Funktionen wurde im Anforderungsdokument definiert.



**Abbildung 8: Beispiel einer Plausibilisierungsfunktion im Backend**

Aufgrund der im Laufe des Projekts kontinuierlich weiterentwickelten Funktionen und auf Basis der Erkenntnisse aus den Demonstratoren und den Feldtests, scheint eine Überarbeitung der im Zuge von AP2 erstellten Anforderungsspezifikation zukünftig sinnvoll.

## **2.2.3 Hardware**

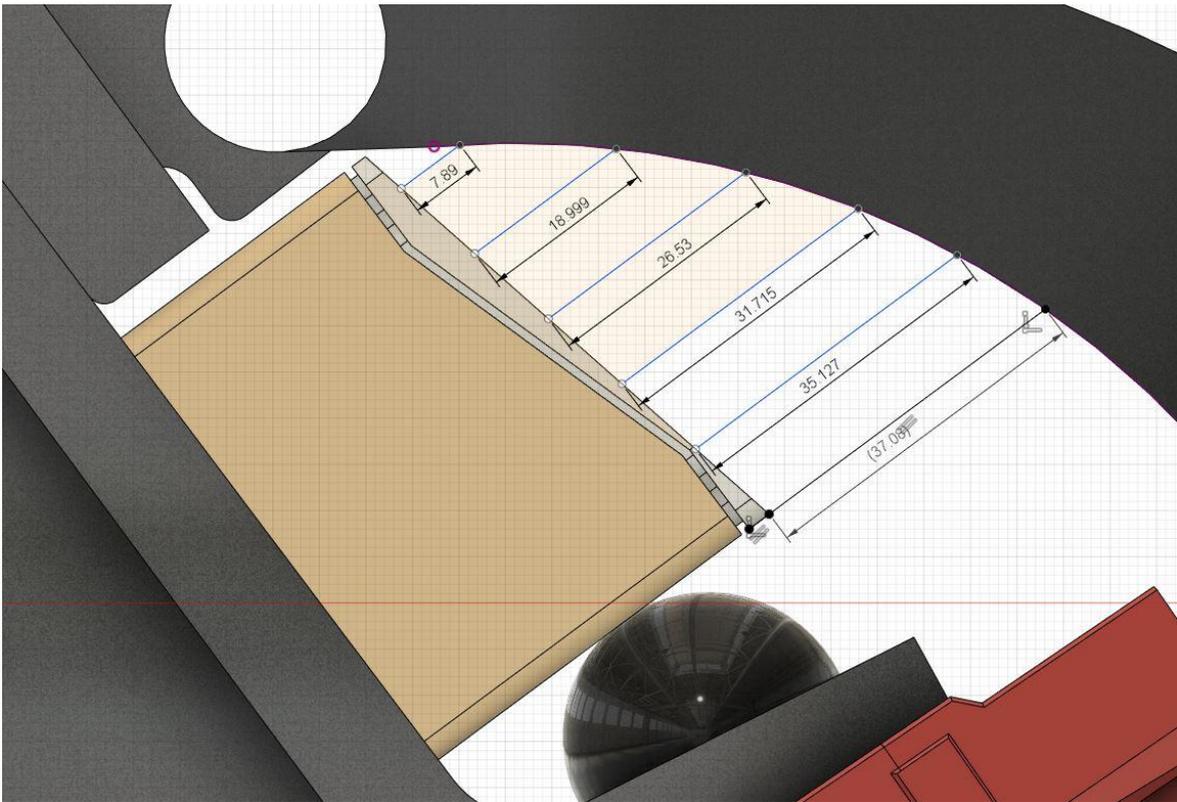
### **2.2.3.1 Frontend Plattform**

Die für die Umsetzung des Frontend gewählte Hardwareplattform (Tablet und Smartphone) wurde im Rahmen des Projekts grundsätzlich als Mittel zum Zweck für die Umsetzung der Demonstrator Plattform und die Evaluierung der technischen Machbarkeit des Systems gesehen. Für einen Einsatz des Systems als Standalone Anwendung scheinen diese Plattformen geeignet (siehe Kapitel 3.2.6), grundsätzlich sollte jedoch eine Integration der SmartBlock Funktionen mit bestehenden und zukünftigen Plattformen (z.B. MoTis, siehe Kapitel 4.2.6) angestrebt werden. Die Bedienkonzepte und Softwaremodule wurden im Rahmen des Projekts bereits so modular entwickelt und vom Design her bereits teilweise an bestehende Bedienplattformen angelehnt, dass die Basis für eine spätere Integration grundsätzlich gegeben ist.

### **2.2.3.2 Sensorik am Hemmschuh**

Die am Hemmschuh benötigten Sensoren wurden aus den Anforderungen an das System bzw. aus den definierten Funktionen abgeleitet. Bestehende Lösungen der Firma CargoMon wurden hier fundamental adaptiert, um den Anforderungen von SmartBlock zu genügen.

Für die Integration der Sensorik am Hemmschuh im Gehäuse wurden mehrere Ansätze untersucht, die auch praktisch umgesetzt und evaluiert wurden. Basis war dabei jeweils eine Diskussion in den Expertenmeetings und eine anschließende Konzeption und Ausführung des Gehäuses mit Hilfe von CAD Programmen. Ein zentrales Kriterium war dabei die Handhabbarkeit des Hemmschuhs mit integriertem Gehäuse, die Experten des Arbeitnehmerschutzes seitens des Auftraggebers waren hier kontinuierlich eingebunden. Abbildung 9 zeigt beispielhaft die Konzeption einer Variante des Gehäuses in einem CAD Programm, die jeweils die Basis für die Umsetzung mittels 3D Druck war.



**Abbildung 9: Konzeption Sensorikgehäuse am Hemmschuh**

Für jeden Hemmschuh wurde eine eindeutige ID vergeben (UID), die sowohl im Sensormodul gespeichert und über Bluetooth Low Energy (BLE) auslesbar ist, als auch auf einem Sticker in menschenlesbarer Form am HS angebracht ist. Die Anbringung am Sticker ist aus zwei Gründen nötig:

- Soll eine Hemmschuh-ID an der Tablet- oder Smartphone Applikation erfasst werden, so wird den BedienerInnen eine Liste der in der Nähe befindlichen HS-IDs angezeigt. Der für die Sicherung ausgewählte HS muss aus dieser Liste ausgewählt werden, somit muss die ID auch am HS selbst ablesbar sein.
- Fällt die Sensorik am HS aus (Fehlfunktion, Energieversorgung unterbrochen, etc.), so kann der HS weiterhin im System SmartBlock verwendet werden: Als Fallbacklösung kann die ID manuell erfasst werden, indem die ID vom Sticker abgelesen und in der Tablet- oder Smartphone Applikation eingegeben wird.

### **2.3 Arbeitspaket 3: Umsetzung**

Im Rahmen von Arbeitspaket 3 wurden die Konzepte für die Software (sowohl die Frontendapplikation am Tablet und am Smartphone, als auch die Backendapplikation samt

Datenbank und den entsprechenden Schnittstellen), und die Konzepte für Sensorik und Gehäuse am Hemmschuh, praktisch umgesetzt.

## 2.3.1 Software

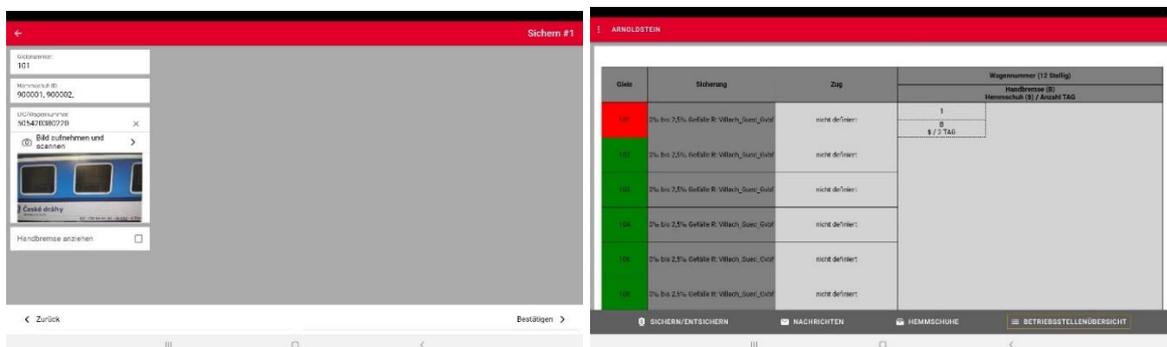
Die im Rahmen des Projekts entwickelte Software stellt den frühen Status eines Prototyps (Demonstrator) dar. Bei einem Einsatz des entwickelten Systems als Standalone Applikation gemäß Kapitel 3 sollten jedoch weitere Tests durchgeführt werden.

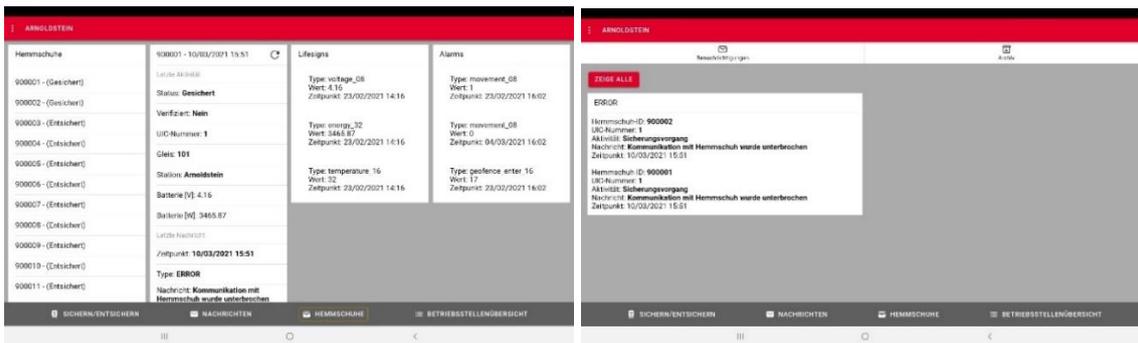
### 2.3.1.1 Frontend

Die Frontend Applikation wurde für Smartphones, Tablets und Desktops entwickelt und auf den mobilen Plattformen (Smartphone und Tablet) im Rahmen längerer Testphasen erprobt. Die am Frontend umgesetzten Funktionsblöcke sind unter anderem:

- Login / Logout
- Rollenbasierte Screens (Je nach Rechten bzw. Rollen der angemeldeten BedienerInnen stehen unterschiedliche Funktionen zur Verfügung)
- Kommunikation mit dem Backend (Benachrichtigungen, Statusmeldungen, etc.)
- Logging
- Scan der Hemmschuh-ID via Bluetooth Low Energy (BLE)
- Scan der Schienenfahrzeugnummer (Kamera und OCR Library zur Schrifterkennung)

Abbildung 10 zeigt beispielhaft vier Screens aus der Frontend Applikation. Die Screens, Benutzerführung, Navigationskonzept und Funktionen wurden mit den Experten des Auftraggebers ÖBB in zwei Workshops abgestimmt und konnten auf Basis der Erkenntnisse aus den Feldtests im Zuge der Revision (AP5) weiter optimiert werden.





**Abbildung 10: Beispielscreens aus der Frontend Anwendung**

### 2.3.1.2 Backend

Die wesentlichen, am Backend umgesetzten Funktionsblöcke sind unter anderem:

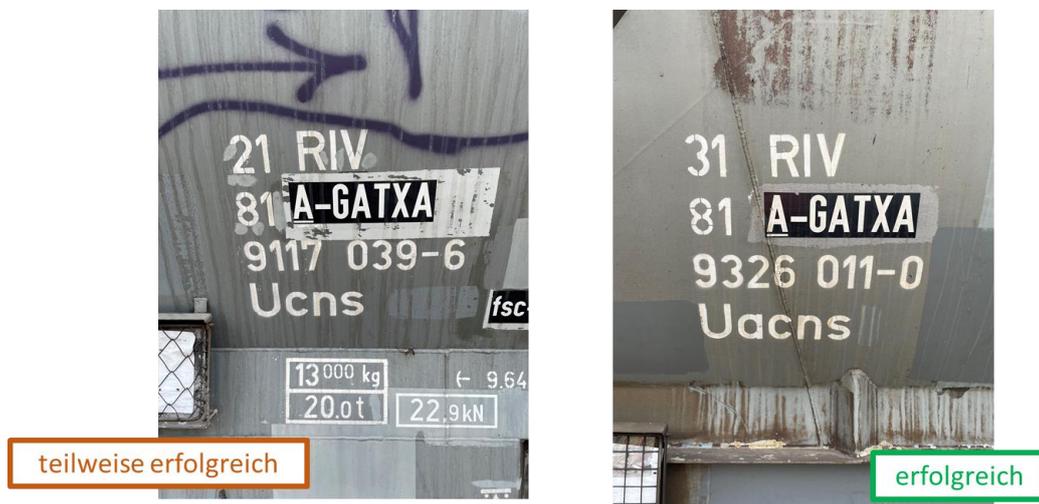
- Entity-Relationship Modell
- Datenbank
- REST API für den Datenbankzugriff
- Schnittstelle zum CargoMon Backend für den Empfang von Sensordaten
- Authentifizierung
- Plausibilisierungsfunktionen (siehe Kapitel 2.2.2)

### 2.3.1.3 Scannen der Schienenfahrzeugnummer

Das Scannen der Schienenfahrzeugnummer dient dazu, die ID des Hemmschuhs mit der Schienenfahrzeugnummer zu verknüpfen, bei der er am Gleis aufgelegt wird, und diese Verknüpfung in der Datenbank des Systems zu hinterlegen.

Technisch gesehen handelt es sich bei dieser Funktionalität um ein Optical Character Recognition (OCR) Verfahren. Die Funktionalität ist wie folgt sowohl auf das Frontend als auch das Backend verteilt: Mit der Kamera des Smartphones (Frontend) wird die Schienenfahrzeugnummer fotografiert. Das Foto wird an das Backend übertragen, wo die rechenintensiven Operationen zur Erkennung der Schienenfahrzeugnummer im Bild ausgeführt werden. Das Ergebnis und ein zugehöriger Konfidenzwert (Maß dafür, mit welcher Wahrscheinlichkeit die Nummer richtig erkannt wurde) werden zurück an das Frontend übertragen und der BedienerIn angezeigt. Kann kein Ergebnis geliefert werden oder ist dieses falsch, so hat die BedienerIn die Möglichkeit, ein neues Foto aufzunehmen oder die Schienenfahrzeugnummer manuell einzugeben.

Zur Erfassung der Schienenfahrzeugnummern in der Frontend Anwendung mittels Optical Character Recognition (OCR) wurden Softwarelizenzen gekauft und die Lösung der Firma Intlab d.o.o.<sup>1</sup> eingebunden. Die Ergebnisse der Labortests mit Beispielfotos lieferten vielversprechende Ergebnisse. Im Rahmen der Feldtests wurde allerdings festgestellt, dass hier durchaus weitere Optimierungen möglich sind und Sinn machen. Im Zuge der Revision (siehe Kapitel 2.5) wurde der Algorithmus mit dem genannten Framework iterativ durchlaufen, um Verbesserungen zu erzielen, für weiterführende Arbeiten und die Limitierungen des aktuell angewandten Frameworks siehe auch Kapitel 3.2.1 und 4.2.1. Abbildung 11 zeigt zwei mit der Kamera des Smartphones aufgenommene Fotos unterschiedlicher UIC Schienenfahrzeugnummern. Es ist ersichtlich, dass schon kleine Unterschiede über Erfolg oder Misserfolg bei der Erkennung der Nummer entscheiden können.



**Abbildung 11: Scannen der UIC Schienenfahrzeugnummer**

### 2.3.2 Hardware

Die Eckdaten der in Abbildung 14 dargestellten, für das Projekt umgesetzten Sensorik lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- 2G/4G NB-IoT + CAT-M1 Mobilfunk
- GPS/Galileo/Glonass
- Bluetooth Low Energy
- Drahtloses Laden nach Qi Standard

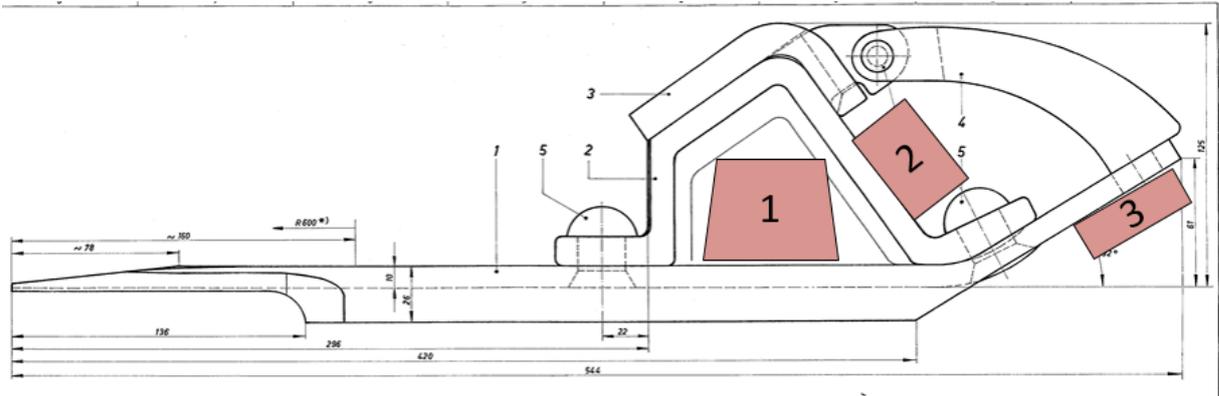
<sup>1</sup> <https://www.intlab.com/en/products/intlab-uic>

- Beschleunigungssensorik für Bewegungserkennung und Schockdetektion
- Erkennung Auflage am Gleiskörper
- Geschätzte Wiederaufladungshäufigkeit: Alle 6 Monate



**Abbildung 12: Umsetzung der Hemmschuh-Sensorik**

Für die Integration der Sensorik und des zugehörigen Gehäuses am Hemmschuh wurden mehrere Varianten umgesetzt und bewertet. Erste Einschätzungen erfolgten dabei mit den entsprechenden Experten des Auftraggebers in theoretischen Betrachtungen (siehe Abbildung 13) und in kurzen praktischen Tests. Die unterschiedlichen Varianten wurden schlussendlich auch mit Verschubpersonal im Rahmen längerer praktischer Erprobungsphasen getestet (siehe dazu auch Kapitel 2.4.1 und Kapitel 2.5).



**Abbildung 13: Varianten zur Positionierung der Sensormodule**

Im Folgenden sollen die drei wesentlichen, in Abbildung 13 dargestellten Ansätze mit deren Vor- und Nachteilen erläutert werden.

### 2.3.2.1 Variante 2

Variante 2 für die Umsetzung des Sensormoduls (siehe Abbildung 14) bietet grundsätzlich eine optimale Platzierung des Sensors zur Erkennung der Schiene. Als nicht umsetzbar erwies sich diese Variante jedoch aufgrund des verbleibenden Platzes zum Umfassen des Griffs mit den spezifischen Schutzhandschuhen und aufgrund der mechanischen Beanspruchung der Hemmschuhe.



**Abbildung 14: Umsetzung Variante 3 des Sensormoduls**

Nach Rücksprache und Diskussion mit den Experten des Arbeitnehmerschutzes wurde als nächster Ansatz Variante 3 verfolgt.

### 2.3.2.2 Variante 3

Bei diesem Ansatz (siehe Abbildung 15) erfolgte eine Aufteilung der Sensorik und Energieversorgung auf zwei Gehäuse und deren Anbringung in den seitlichen Ausnehmungen des Hemmschuhs, links und rechts. Obwohl die Position des Sensors für die Erkennung der Schiene optimal ist, ist sie aus Sicht der mechanischen Beanspruchung in der Praxis immer noch nicht umsetzbar (Handhabung durch Verschubpersonal: Werfen, Fallenlassen ins Gleisbett, etc.; Beanspruchung bei z.B. Auffahren von Schienenfahrzeugen auf gesicherte Schienenfahrzeuge; Mitschleifen und „Flattern“ des Hemmschuhs gegen den Schienenkopf, etc.). Auch die in Abbildung 15 erkennbare, exponierte Kabelverbindung zwischen Gleissensor und Hauptmodul ist aus den genannten Gründen nicht umsetzbar.



**Abbildung 15: Umsetzung Variante 3 des Sensormoduls**

### 2.3.2.3 Variante 1

Bei dieser Variante wird das Sensormodul analog zu Variante 3 in den seitlichen Ausnehmungen verbaut und ist somit gegen mechanische Beanspruchung weitestgehend geschützt. Der Gleissensor wird in einem kleinen Loch durch die Sohle des Hemmschuhs verbaut und ist für die Erkennung des Schienenkopfes optimal platziert. Der Sensor kann Metall bis 4 mm entfernt erkennen. Das Loch mit dem Sensor wird auf der Unterseite mit Zwei-Komponenten-Kleber verklebt.

Wie aus Abbildung 16 ersichtlich, wurde auch überprüft, ob der Gleissensor bei Verwahrung des Hemmschuhs in einem Hemmschuhständer aus Metall fälschlicherweise die Erkennung einer Schiene meldet. Der Abstand (roter Pfeil in Abbildung 16) war aber offenbar groß genug, so dass es hier zu keinen Problemen kam.

Der wesentliche Nachteil dieser Variante besteht in der mechanischen Veränderung des Hemmschuhs und der damit verbundenen Thematik einer Neuzulassung durch eine §40-Person gemäß Eisenbahngesetz (siehe dazu auch Kapitel 3.2.7 und Kapitel 4.2.7).

Dennoch erscheint sie die einzige praxistaugliche Variante für die Umsetzung der Gleiserkennung, und sollte damit im Fokus weiterer Betrachtungen stehen.



**Abbildung 16: Umsetzung Variante 1 des Sensormoduls**

Basierend auf der weiter untersuchten Variante 1 für die Platzierung des Sensormoduls wurde der Sticker mit der menschenlesbaren HS-ID an der in Abbildung 17 gezeigten Position angebracht.



**Abbildung 17: Positionierung Sticker mit HS-ID**

## 2.4 Arbeitspaket 4: Erprobung

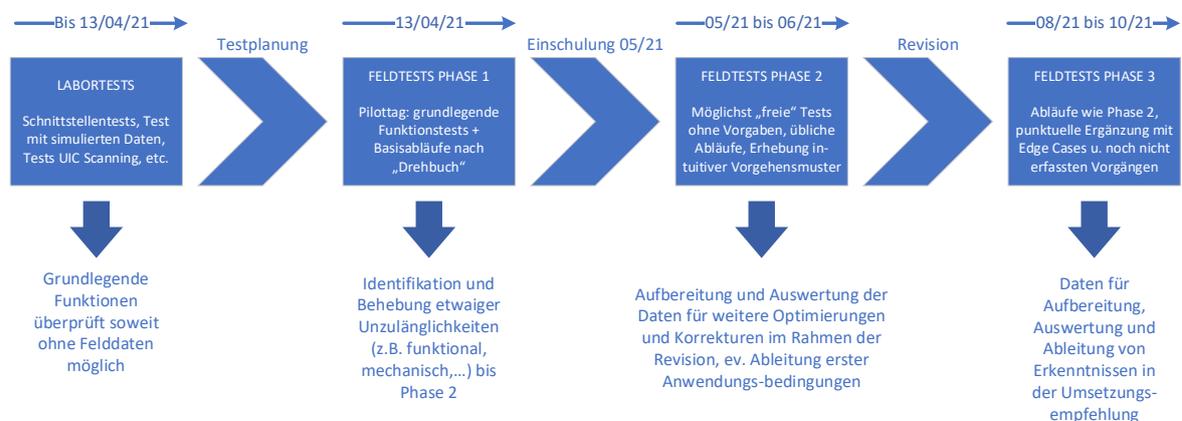
Für die Erprobung im Rahmen von Feldtests wurden mehrere unterschiedliche Ausführungen von Hemmschuhen konzipiert und als Demonstratoren mit unterschiedlichem Funktionsumfang umgesetzt.

### 2.4.1 Erprobungsphasen

Die Umsetzung dieses Arbeitspakets wurde im Rahmen mehrerer Dokumente detailliert ausgearbeitet. Abbildung 18 zeigt die Strukturierung der einzelnen Phasen der Erprobung. Die wesentlichen Dokumente, die diese Erprobung begleiteten, sind:

- Testkonzept: gibt Rahmen (zeitlich, organisatorisch, etc. vor),
- Testspezifikation: detaillierte Beschreibung der Testfälle,
- Testbericht: Dokumentation der Ergebnisse,

wobei die genannten Dokumente an Standards (Vorgehen aus CENELEC V-Modell, Begriffe und Definitionen aus IEEE Standards) angelehnt wurden, und für den vorliegenden Zweck vom Umfang her angepasst wurden.



**Abbildung 18: Strukturierung von Arbeitspaket 4**

Die 4 in Abbildung 18 gezeigten Phasen des Arbeitspakets 4 gestalten sich im Detail wie folgt:

#### 1. Labortest

Labortests wurden vor den Feldtests unter kontrollierten Bedingungen durchgeführt. Sofern für die Tests von Schnittstellen erforderlich, wurden Eingangsdaten nachgestellt bzw. simuliert. Im Rahmen der Labortests wurden Tests aus den folgenden Kategorien durchgeführt:

- Grundlegende Funktionstests der Sensorik am Hemmschuh
- Grundlegende Funktionstests der Frontend Applikation (insbesondere auch HMI und OCR Funktion der mobilen App)
- Grundlegende Funktionstests der Backend Applikation
- Tests der Schnittstelle HS <-> Backend
- Tests der Schnittstelle HS <-> Frontend
- Tests der Schnittstelle Frontend <-> Backend

## 2. Feldtest Phase 1 (Pilotphase)

Die erste Phase der Feldtests stellt die Pilotphase dar, in welcher durch die Systementwickler einerseits grundlegende technische Funktionen überprüft wurden, und weiters eine kleine Anzahl vordefinierter Szenarien nach genauem Ablauf bzw. Drehbuch durchgespielt wurde. Damit wurde folgender Zweck verfolgt:

- Prüfung grundlegender technischer Funktionen: Bevor die Komponenten des Systems SmartBlock an die BedienerInnen übergeben und diesen überlassen wurden, wurde sichergestellt, dass die technischen Grundfunktionen gegeben sind. Dies betrifft sowohl mechanische Aspekte (z.B. hält die Sensorik bestimmten mechanischen Beanspruchungen stand), als auch technisch-funktionale Themen (z.B. ist über das Mobilfunknetz vor Ort ein qualitativ ausreichender Verbindungsaufbau für die Kommunikation zum Backend möglich).
- Test vordefinierter Szenarien: Diese verfolgten den Zweck, die einwandfreie Funktion des Systems möglichst auch für Fälle zu überprüfen, die in den Labortests nicht nachgestellt werden konnten. Aufgetretene Fehler konnten so vor Phase 2 der Feldtests noch behoben werden.

## 3. Feldtest Phase 2

Nach Durchführung der Pilotphase und Aufarbeitung und Einarbeitung der dabei gewonnenen Erkenntnisse erfolgte die zweite Phase der Feldtests, in welcher das Vershubpersonal vor Ort nach einer Einschulung die Komponenten des Systems SmartBlock bediente.

Für Phase 2 der Feldtests wurden die Testfälle nicht im Detail beschrieben bzw. vorgegeben. Es sollten die Abläufe und Bedienhandlungen möglichst offengelassen werden, um Erkenntnisse darüber zu gewinnen, ob eine intuitive Verwendung des Systems leicht oder schwer möglich ist. Es konnten somit Aussagen darüber getroffen werden, ob das System gut in die bestehenden Abläufe der Sicherung und Entsicherung von endgültig

abgestellten Schienenfahrzeugen integrierbar ist, bzw. wo weitere Anpassungen und Verbesserungen durchgeführt werden müssen, um die bestehenden Abläufe nicht ineffizienter zu machen oder diese zu erschweren.

Erkannte Muster bzw. Handlungsabläufe, die so identifiziert wurden, können in Folge in die Definition von Anwendungsbedingungen einfließen.

Da für diese Phase keine detaillierten Schritte für die Abläufe vorgegeben wurden, wurde darauf geachtet, dass für die Auswertung und Nachvollziehbarkeit ein möglichst detailliertes Logging von Daten erfolgt, bzw. dass alle für den Erkenntnisgewinn nötigen Daten auch entsprechend protokolliert sind.

#### 4. Feldtest Phase 3

Diese Tests erfolgten unter Einbezug der Erkenntnisse aus Phase 2. Die aus Phase 2 gewonnenen Erkenntnisse wurden systematisch aufbereitet und analysiert. Auf Basis dieser Analyse wurden Adaptierungen und Optimierungen an den einzelnen Komponenten des Systems SmartBlock umgesetzt (siehe auch Kapitel 2.5).

Die Testfälle erstreckten sich grundsätzlich über unterschiedliche Witterungsverhältnisse, wie in Abbildung 19 erkennbar ist. Die schlussendlich in den Fokus gerückte Lösung, bei welcher der Sensor für die Gleiserkennung in einem Loch durch die Sohle des Hemmschuhs platziert wird, konnte jedoch noch nicht bei extremen Witterungsverhältnissen getestet werden.



**Abbildung 19: Feldtests im Winter**

## 2.4.2 Unterstützende Tools

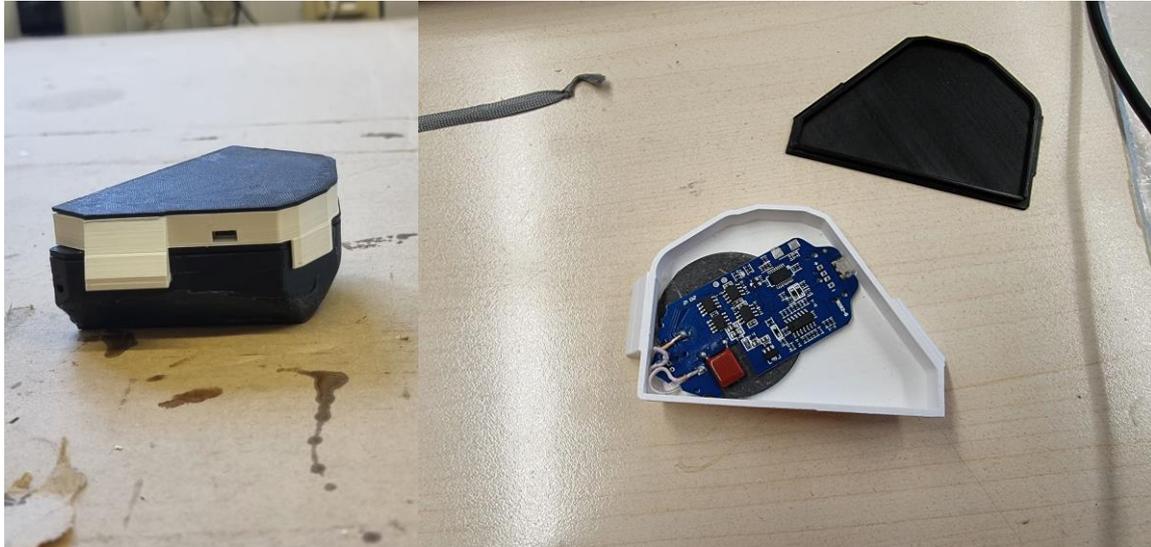
### 2.4.2.1 Update Funktionalität der Software

Im Rahmen der Entwicklung der Software für das Frontend (Tablet und Hemmschuh) wurde die von Google unterstützte Update Funktionalität für Apps implementiert. Diese ermöglichte Remote Updates der Applikation, die aufgrund der geografischen Entfernung zum Bahnhof Arnoldstein (Kärnten) eine wesentliche Erleichterung darstellten.

### 2.4.2.2 Ladegerät

Aufgrund der geografischen Entfernung zum Bahnhof Arnoldstein, in dem das System erprobt wurde, war auch eine Verbringung der Hemmschuhe bzw. der dort integrierten Module zu den Auftragnehmern mit erheblichem Aufwand verbunden. Um ein schnelles und einfaches Laden der Akkus der Sensormodule sicherzustellen, wurden deshalb eigens entwickelte Ladegeräte zur Verfügung gestellt (siehe Abbildung 20). Das Ladegerät funktioniert kabellos. Der Ladevorgang beginnt, sobald das Ladegerät auf den Sensor

gelegt wird, wobei dieses mittels eines Magneten am HS in der richtigen Position haften bleibt. Das Ladegerät kann drahtlos bis zu 5 Watt an Leistung übertragen, womit eine vollständige Ladung bis zu 7 Stunden dauert. Die Ladeleistung lässt sich in Zukunft auf bis zu 15 Watt optimieren.

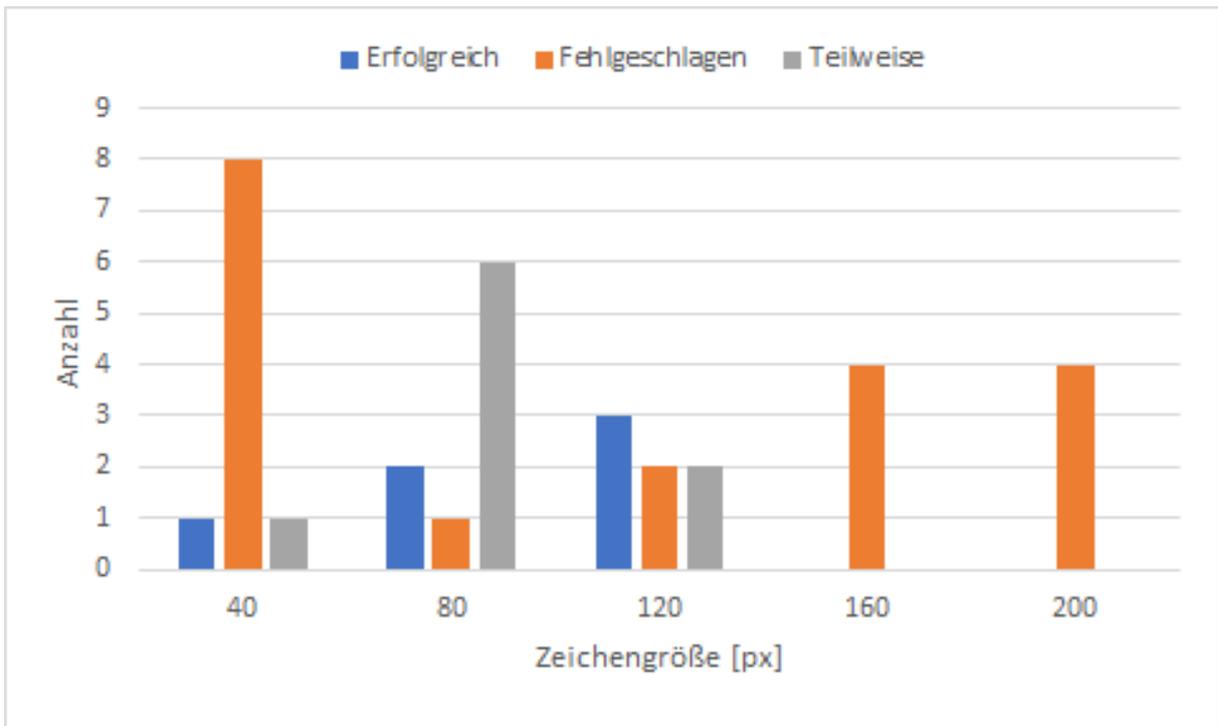


**Abbildung 20: Ladegerät für Sensorikmodul**

## 2.4.3 Datenauswertungen

### 2.4.3.1 Scannen der Schienenfahrzeugnummer

Abbildung 21 zeigt die Erfolgsrate der Scanning Funktionalität in Abhängigkeit von der Zeichengröße der Schienenfahrzeugnummer in den aufgenommenen Bildern. Aus dieser ersten Auswertung ist klar ersichtlich, dass die Erkennung der Schienenfahrzeugnummer für Pixelgrößen zwischen 80 und 120 Pixeln am besten funktioniert.



**Abbildung 21: Erfolgsrate der Scanning Funktionalität in Abhängigkeit von der Zeichengröße**

Basierend auf dieser ersten Auswertung wurde der Algorithmus im Rahmen der Revision (siehe Kapitel 2.5) optimiert. Es wurden die aufgenommenen Bilder in mehreren Iterationen skaliert, um pro aufgenommenem Bild jeweils mehrere Versuche der Erkennung mit unterschiedlichen Pixelgrößen durchführen zu können. Die entsprechenden Ergebnisse sind in Abbildung 22 dargestellt.

Auflösung		Auflösung			
800x1080	Scan #1	1440x1080	Scan #1		
	Start		27.08.2021 06:26	Start	31.08.2021 06:23
	Ende		27.08.2021 06:26	Ende	31.08.2021 06:23
	Delta		00:00:08	Delta	00:00:17
	60 FullRecognized			60 FullUnrecognized	
			80 FullUnrecognized		
			100 FullRecognized		
	Scan #2		Scan #2		
	Start		Start		
	27.08.2021 06:26		02.09.2021 05:48		
	Ende		02.09.2021 05:48		
	27.08.2021 06:26		02.09.2021 05:48		
	Delta		Delta		
	00:00:16		00:00:09		
	60 FullUnrecognized		60 FullRecognized		
	80 FullUnrecognized				
	100 FullUnrecognized				
	Scan #3		Scan #3		
	Start		Start		
	27.08.2021 06:27		09.09.2021 05:54		
	Ende		09.09.2021 05:54		
	27.08.2021 06:27		09.09.2021 05:54		
	Delta		Delta		
	00:00:16		00:00:07		
	60 FullUnrecognized		60 FullRecognized		
	80 FullUnrecognized				
	100 FullUnrecognized				
	Scan #4		Scan #4		
	Start		Start		
	27.08.2021 07:05		11.09.2021 06:40		
	Ende		11.09.2021 06:40		
	27.08.2021 07:05		11.09.2021 06:40		
	Delta		Delta		
	00:00:06		00:00:10		
	60 FullRecognized		60 FullRecognized		
	Scan #5		Scan #5		

Start	15.09.2021 14:56	Start	15.09.2021 14:47
Ende	15.09.2021 14:56	Ende	15.09.2021 14:48
Delta	00:00:06	Delta	00:00:10
60 FullRecognized		60 FullRecognized	
Scan #6			
Start	22.09.2021 11:55		
Ende	22.09.2021 11:55		
Delta	00:00:18		
60 Partial			
80 Partial			
100 FullRecognized			

**Abbildung 22: Erkennung der Schienenfahrzeugnummer in Abhängigkeit von der Auflösung des Bildes und der Zeichengröße**

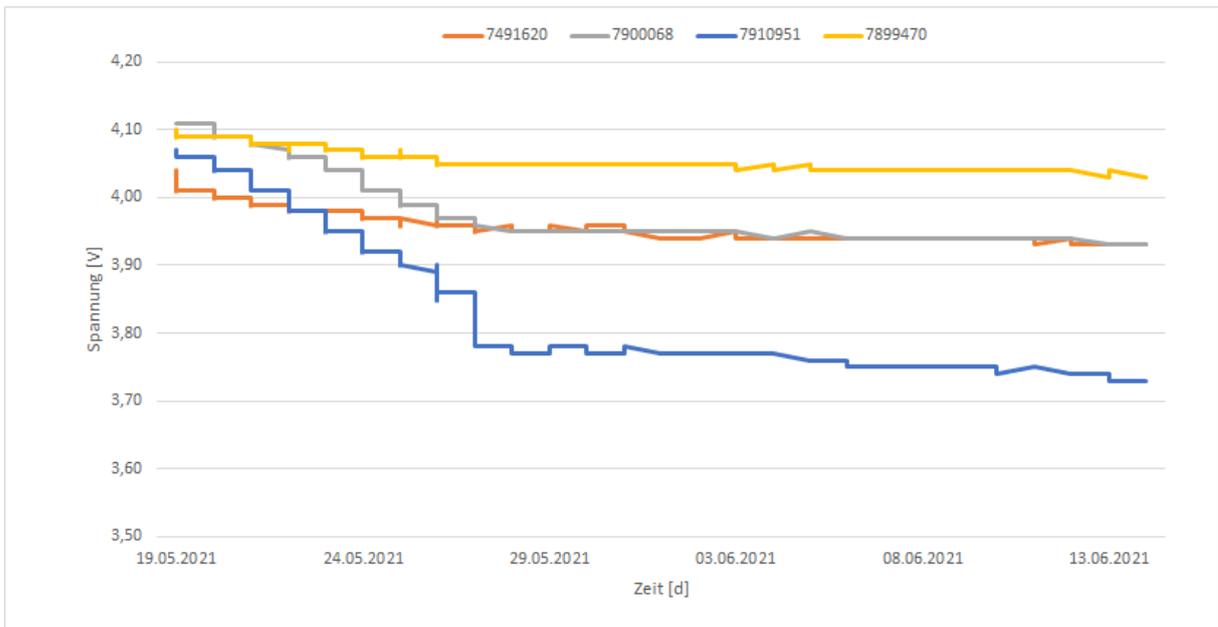
Aus der Aufstellung in Abbildung 22 ist ersichtlich, dass bei jedem Scanvorgang mehrere Iterationen mit unterschiedlich Zeichengrößen durchlaufen werden (60, 80 und 100 Pixel). Verläuft die Erkennung schon bei der Iteration mit 60 oder 80 Pixel erfolgreich, so kann an der entsprechenden Stelle abgebrochen werden. Wird die Schienenfahrzeugnummer bei keiner der drei Pixelgrößen richtig erkannt, so gilt der Scanvorgang insgesamt als fehlgeschlagen.

Abbildung 22 zeigt bei einem vergleichsweise kleinen Datensatz schon, dass die Iterationen die Erfolgsrate steigern können und dass die Auflösung von 1440x1080 Pixel vermutlich bessere Ergebnisse erwarten lässt als jene von 800x1080 Pixel.

Im Rahmen der Versuche zur Erkennung der Schienenfahrzeugnummer wurden weiters auch sehr spezifische Probleme erkannt: Nicht nur die Verschmutzung der Wagenanschriftentafel ist ein Problem, sondern z.B. auch Reflektionen von der Wagenanschriftentafel an neuen Kesselwagen.

#### 2.4.3.2 Energieverbrauch

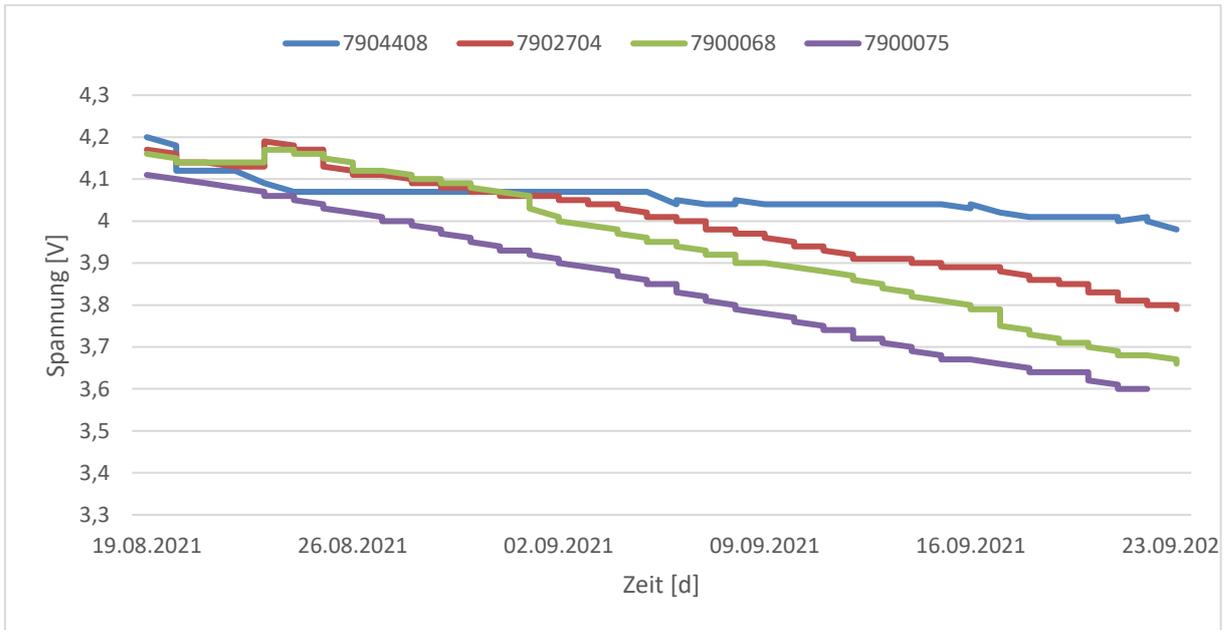
Abbildung 23 visualisiert die in den einzelnen Akkus von 4 HS verbleibende Restspannung über die Dauer von ca. einem Monat. Die IDs der HS sind über den Verläufen angegeben und jeweils den Farben zugeordnet. Eine Umrechnung in den verbleibenden Akkustand in % ist über die in Abbildung 25 gezeigte Kurve möglich.



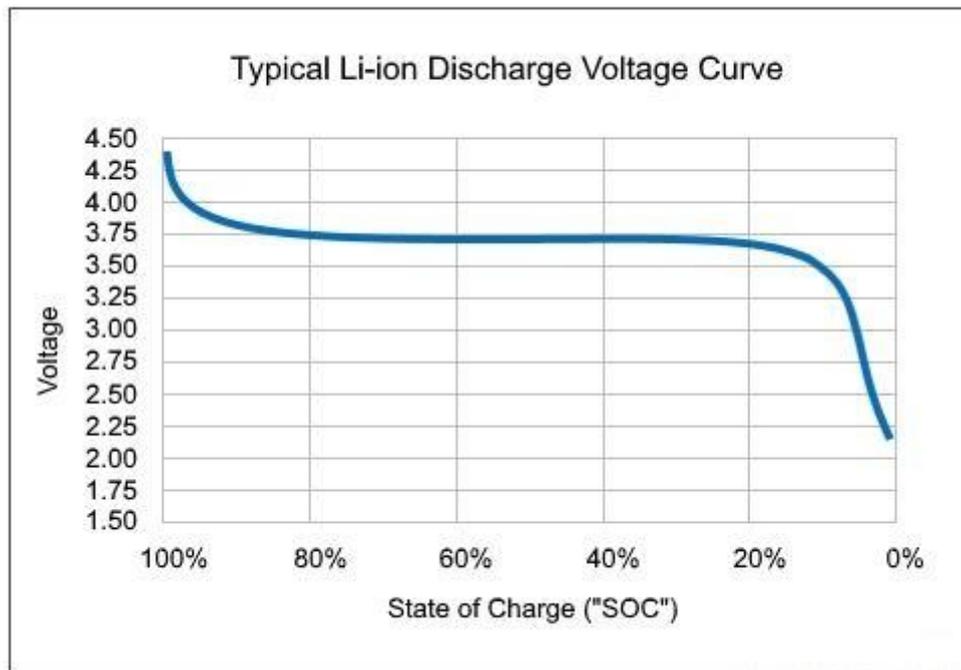
**Abbildung 23: Verlauf Akkustand der Sensormodule über einen Zeitraum von ca. 1 Monat**

Abbildung 24 zeigt die Verläufe der Restspannung von 4 HS nach einer ersten Optimierung. Der Spannungsabfall liegt in derselben Größenordnung wie jener in Abbildung 23, erstreckt sich nun aber über etwa den doppelten Zeitraum.

Mit weiteren Optimierungen, die vor allem die energieaufwändige GPS-Sensorik betreffen müssten, kann ein Wartungsintervall von etwa 6 Monaten anvisiert werden (siehe dazu auch Kapitel 3.3.5 und 4.3.5).



**Abbildung 24: Verlauf Akkustand der Sensormodule über einen Zeitraum von ca. 2 Monaten**



**Abbildung 25: Typische Kurve für die Umrechnung der verbleibenden Restspannung auf den Akkustand in % für Lithium-Ionen Akkus**

## 2.5 Arbeitspaket 5: Revision

Im Rahmen von Arbeitspaket 5 wurden die Erkenntnisse aus der ersten Phase der Feldtests in Arnoldstein gesammelt und ausgewertet. Die sich daraus ergebenden, im Rahmen des Projekts machbaren Verbesserungen wurden in mehreren Iterationen umgesetzt. Themen, die im Rahmen des Projekts aus zeitlichen oder technischen Gründen nicht umgesetzt werden konnten, sind für zukünftige Arbeiten im vorliegenden Dokument aufbereitet (siehe Kapitel 3 und Kapitel 4).

### 2.5.1 Hardware

Konkret wurden bezogen auf die Hardware die folgenden Punkte umgesetzt:

- Neben den in Kapitel 2.3.2 beschriebenen Varianten für die Umsetzung des Sensormoduls wurde eine weitere Variante („Achszählerprinzip“) theoretisch untersucht, diskutiert und dokumentiert. Diese wurde jedoch wieder verworfen, da das Wirkprinzip für den Hemmschuh nicht sinnvoll umgesetzt werden kann.
- Die Konfiguration der Sensorik auf den Hemmschuhen wurde sukzessive verbessert und den Anforderungen entsprechend adaptiert. Hierzu zählen Parameter wie die Sensitivität oder die Frequenz der Datenübermittlung einzelner Sensoren.
- Die Höhe für den im Loch durch die Sohle des Hemmschuhs verbauten Sensor wurde empirisch bestimmt. Laut derzeitigen Erkenntnissen liegt sie bei etwa 1 mm. Sie sollte jedoch grundsätzlich noch Gegenstand weiterer Untersuchungen sein.

### 2.5.2 Software

Für die Software wurden Überarbeitungen / Optimierungen in den folgenden Bereichen umgesetzt, und größtenteils über Remote Updates zur Verfügung gestellt:

- Listen nach Bildschirmgröße skalieren
- Neuordnungen von Listen, Listeneinträgen
- Anpassung der Eingabemaske für Schienenfahrzeugnummer (mit Abstand, Bindestrich)
- Optimierung OCR (Scan Schienenfahrzeugnummer) mit vor Ort aufgenommenen Bildern: Anpassen der Parameter, iterativer Algorithmus mit angepasster Größe der Symbolfolge wurde geschrieben

- Beim Entsichern Anzeige neben Gleis ob nur Anprallschutz aufliegt: 2 Hemmschuhe vor Prellbock bleiben (quasi) permanent liegen (Anprallschutz)
- Konfiguration, Plausibilisierungsfunktionen und Timer wurden entsprechend angepasst.

## 2.6 Arbeitspaket 6: Empfehlung

Arbeitspaket 6 des Forschungsprojekt SmartBlock behandelt die Erstellung der vorliegenden Umsetzungsempfehlung. Basierend auf den Ergebnissen des Projekts werden Empfehlungen und Anregungen für weitere Tätigkeiten sowohl zur Umsetzung als Standalone Applikation (siehe Kapitel 3), als auch zur Umsetzung als integrierte Applikation im Rahmen eines größeren Roll Outs (siehe Kapitel 4) gegeben.

Die Empfehlungen basieren grundsätzlich auf den folgenden Säulen:

- Gesammelte Erkenntnisse aus Statusmeetings, Expertenmeetings
- Erkenntnisse und Rückmeldungen des Vershubpersonals nach begleiteten und unbegleiteten Erprobungen
- Auswertung von während den Erprobungsphasen aufgezeichneten Daten

## **3 UMSETZUNGSEMPFEHLUNGEN ZUR VERWERTUNG DES STATUS QUO DER PROJEKTERGEBNISSE**

### **3.1 Allgemeines / Abgrenzung**

Der Einsatz des im Forschungsprojekt SmartBlock konzipierten und umgesetzten Systems ist ausschließlich für die endgültige Sicherung abgestellter Schienenfahrzeuge im Bereich von Normalspurbahnen, ungeachtet der Traktionsart und der eisenbahnsicherungstechnischen Einrichtungen, vorgesehen. Für das Anhalten (Abstoßen/Abrollen) von Schienenfahrzeugen beim Verschub ist SmartBlock auf Grund der Anforderungen des Auftraggebers und der darauf basierenden Ausführung derzeit nicht vorgesehen. Weiters ist bei der endgültigen Sicherung abgestellter Schienenfahrzeuge mit SmartBlock durch Betätigung der Handbremse derzeit ausschließlich durch manuelle Eingabe auf der Bedienplattform mitumfasst. Für eine diesbezügliche Automatisierung wären weitere technische Erprobungen und ggf. Entwicklungen erforderlich. SmartBlock ist derzeit als Informationssystem und nicht als sicherheitsrelevantes System prototypisch umgesetzt. SmartBlock dient als Unterstützung bei der Sicherung endgültig abgestellter Schienenfahrzeuge und kann diesbezüglich Fehler der BedienerInnen offenbaren.

Bestehende Regelungen und Prozesse bei Anwendung des Systems SmartBlock sind gültig, insbesondere die Regelungen zur Sicherung und Entsicherung endgültig abgestellter Schienenfahrzeuge. Die Regelungen und Prozesse werden nur punktuell ergänzt.

### **3.2 Technische Aspekte**

#### **3.2.1 Scannen der Schienenfahrzeugnummer**

Der Vorgang des Scannens der Schienenfahrzeugnummer wird in den Kapiteln 2.3.1.3, 2.4.3.1 und 2.5.2 beschrieben.

Für das Scannen muss derzeit darauf geachtet werden, einen Abstand zur Kamera des Smartphones bzw. Tablets von ca. 1m einzuhalten. Diese Anwendungsbedingung sollte möglichst genau eingehalten werden. Ansonsten ist die manuelle Eingabe am Eingabegerät vorzunehmen (zeitaufwändig). Derzeit ist keine Vorgabe für eine akzeptable Fehlerrate für die automatische Erkennung der Schienenfahrzeugnummer definiert bzw. vorgesehen. Aus den vorliegenden Erfahrungen und Datenauswertungen ist eine Fehlerrate nur grob abschätzbar.

Ist die genannte Anwendungsbedingung auf Dauer nicht praktikabel, oder muss die Schienenfahrzeugnummer zu oft manuell eingegeben werden, so müssen weitere Optimierungen gemäß Kapitel 4.2.1 angedacht werden.

### **3.2.2 Scannen der HS - ID**

Die im Sensormodul konfigurierte HS-ID wird in regelmäßigen Abständen mittels BLE-Technologie als BLE Beacon übertragen. Sollte die BLE-Übertragung nicht funktionieren, so kann die HS-ID direkt vom Sticker am HS abgelesen und manuell am Frontend (Smartphone oder Tablet) eingegeben werden.

Im Gegensatz zur Erkennung der Schienenfahrzeugnummer können hier weitere Untersuchungen bzgl. Fehlerrate entfallen. Da die Technologie Checksummen in Form eines Cyclic Redundancy Check (CRC) verwendet, können Fehler am Übertragungsweg praktisch ausgeschlossen werden.

### **3.2.3 Integration in die IT-Infrastruktur des Eisenbahnunternehmens**

Unter Einhaltung aller Regelungen betreffend Datenschutz und Sicherheit ist eine Integration in die IT-Infrastruktur eines EU möglich. Dabei muss grundsätzlich entschieden werden, wo das Backend des Systems SmartBlock betrieben wird:

- Server intern (z. B. Einbettung in ÖBB Netzwerk)
- Server extern, derzeitige Ausführung (z.B. Anbindung über Online-Schnittstellen)

### **3.2.4 Schnittstelle Hemmschuh – Backend**

Die derzeitige technische Ausführung der Schnittstelle HS – Backend wirkt sich auf die Lebensdauer des Akkupack nur marginal aus. Das von CargoMon entwickelte, vielfach erprobte und für den vorliegenden Anwendungsfall angepasste Übertragungsprotokoll ist bereits hochoptimiert und verschlüsselt die übertragenen Daten. Eine weitere Reduktion der Datenmenge ist nur sehr bedingt möglich.

Eine Optimierung der Energieversorgung der Sensormodule kann somit grundsätzlich nur mehr über die Wahl alternativer Technologien auf Hardwareebene erreicht werden.

### **3.2.5 Beeinflussung durch äußere Bedingungen**

Die derzeit ausgewerteten Ergebnisse der Sensorfunktion, Akkus und der Datenverarbeitung im Zusammenhang mit den äußeren Bedingungen, insbesondere der

praktischen Anwendung im Gleisbereich und die Verwahrung der HS in den vorgesehenen HS-Ständern können grundsätzlich positiv gewertet werden.

Der Einsatz bei unterschiedlichsten Witterungsbedingungen, insbesondere bei Eis am Schienenkopf, ist derzeit allerdings nicht allumfassend erfasst. Für einen Einsatz des Systems im Status Quo sind somit zumindest punktuell Tests unter Extrembedingungen erforderlich.

Grundsätzlich lässt sich jedoch auch eine Anwendbarkeit des Systems bei erschwerten Witterungsbedingungen erwarten: CargoMon verwendet die eingesetzten Akkuzellen bereits in anderen Anwendungen und hat weitgehend positive Erfahrung im Wintereinsatz gesammelt. Es ist mit einem Einbruch der Kapazität in der Größenordnung von bis zu 30% im Laufe der Wintermonate zu rechnen, so dass hier im Vergleich zum Sommer ggf. etwas früher nachgeladen werden muss.

### **3.2.6 Bedienplattform**

#### **3.2.6.1 Hardware**

Als Hardwareplattform für das Frontend wurden im Rahmen des Forschungsprojekts aktuelle Android-basierte Smartphones und Tablets gewählt. Wird das System SmartBlock als Standalone Applikation umgesetzt, so ist eine weitere Verwendung dieser Plattformen durchaus zweckmäßig und sinnvoll. Die Installation der SmartBlock App auf den Diensthandys der BedienerInnen wurde im Rahmen der Feldtests explizit befürwortet, mehrheitlich würden sich das befragte Verschlusspersonal die Applikation auch gerne auf dem privaten Smartphone installieren.

Wird eine Umsetzung des System SmartBlock als integrierte Applikation gemäß Kapitel 4 angedacht, so kann eine weitere Verwendung der Plattformen Smartphone und Tablet ebenfalls Sinn machen, siehe dazu Kapitel 4.2.6.1.

#### **3.2.6.2 Software**

Die im Rahmen des Projekts entwickelte Software stellt den frühen Status eines Prototyps (Demonstrator) dar. Bei einem Einsatz des entwickelten Systems als Standalone Applikation sollten jedenfalls weitere Tests durchgeführt werden, um die einwandfreie Funktion sicherzustellen.

Die Software wurde so entwickelt, dass schon derzeit eine Ausführung auf unterschiedlichen Plattformen möglich ist (Android Smartphones, Android Tablets, Windows Desktop). Eine Ausweitung auf weitere Plattformen ist aufgrund des in der

Entwicklung verwendeten Cross-Plattform Frameworks Ionic<sup>2</sup> vergleichsweise einfach möglich.

Ein Download sowie Updates der Apps sind über die gängigen App Stores möglich. Die Basis-SmartBlock Funktionalitäten können kurzfristig modular weiterentwickelt werden um spezifischen Gegebenheiten (Bedieneranforderungen, örtlich spezifische Besonderheiten) gerecht zu werden:

- Funktionale Erweiterungen (z. B. Gleisbereiche von Anschlussbahnen, gleichzeitige Statusänderung mehrerer HS)
- Anpassung/Erweiterung der Bedienbarkeit der Benutzerschnittstelle

### 3.2.6.3 Minimierung manueller Eingaben am User Interface

Grundsätzlich wird jedenfalls empfohlen, das im Rahmen des Forschungsprojekts umgesetzte Prinzip beizubehalten, das die Minimierung manueller Eingaben an der Smartphone- und Tablet App in den Mittelpunkt stellt. Die Gründe hierfür sind folgende:

- Durch die Reduktion manueller Eingaben kann die Wahrscheinlichkeit von Fehleingaben (z.B. Tippfehlern) minimiert werden.
- Es wird eine zeitliche Optimierung der Prozessabwicklung bei Sicherungs- und Entsicherungsvorgang erreicht.
- Die zeitliche Optimierung bzw. ein geringer Zeitverlust bewirkt weiters eine erhöhte Akzeptanz durch die BedienerInnen, was für die Umsetzung von hoher Bedeutung ist.

Umgesetzt wurde das Prinzip in der Frontend Applikation insofern, als dass durch die BedienerInnen keine manuellen Eingaben erfolgen müssen. Mit Ausnahme der Eingabe von Benutzernamen und Passwort bei Inbetriebnahme der Applikation werden alle relevanten Parameter automatisiert erfasst:

- Erfassung der Schienenfahrzeugnummer über die Kamera: Die BedienerInnen haben die erfasste Schienenfahrzeugnummer dann nur mit einem Klick zu bestätigen.
- Erfassung der HS-ID über BLE: Den BedienerInnen werden die IDs der in der Nähe befindlichen HS in einer Liste angezeigt, dort muss lediglich eine Auswahl getroffen und bestätigt werden.

---

<sup>2</sup> <https://ionicframework.com/>

- Auswahl von Gleisnummern: Grundsätzlich sind auch die Gleisnummern der jeweiligen Betriebsstelle in der Applikation hinterlegt, so dass auch deren Auswahl aus einer vordefinierten Liste erfolgen kann. Die Gleisbezeichnungen wurden dabei aus der jeweiligen Bsb übernommen.

Ist eine automatisierte Erfassung der Eingaben nicht möglich, da z.B. die Schienenfahrzeugnummer nicht erkannt wird oder das Sensormodul ohne Energieversorgung ist und keine HS-ID mehr aussendet, so können diese manuell erfasst werden. Sollen neben den Haupt- und Nebengleisen einer Betriebsstelle auch Gleise z.B. in Anschlussbahnen mitbetrachtet werden, so müssen diese ebenfalls (einmalig) manuell erfasst werden. Die manuelle Erfassung soll jedoch insgesamt eher die Ausnahme als die Regel sein, um die genannten Vorteile bestmöglich auszuschöpfen.

### **3.2.7 Zulassung des HS mit Loch**

Die Ausführung des Hemmschuhs zur Verwendung im System SmartBlock (HS mit Loch für Gleissensor, Integration von Sensorik und Akku sowie Anbringung der HS-ID in menschenlesbarer Form) ist einer Sicherheitsbetrachtung, analog zur bisher im Vershub verwendeten Ausführung des Hemmschuhs, jeweils durch das EU zu unterziehen. Der HS muss weiterhin den hardwarespezifischen Anforderungen für den jeweiligen Einsatzbereich entsprechen.

### **3.2.8 Automatisierung**

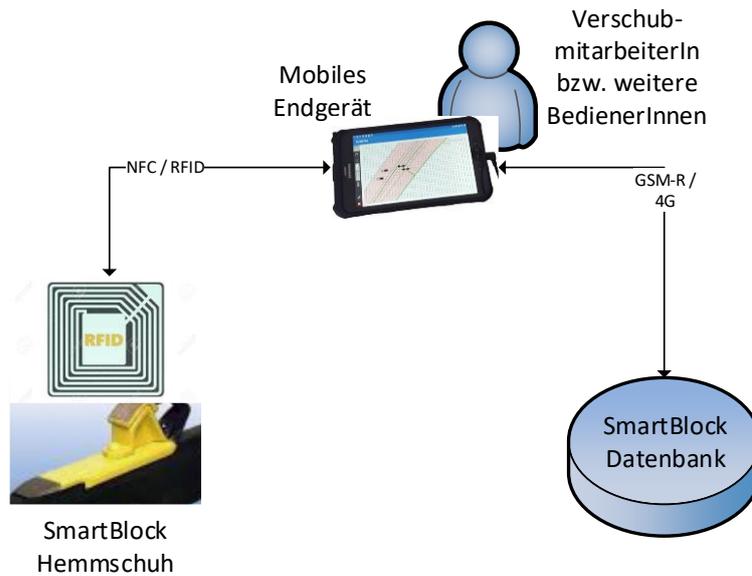
SmartBlock ist derzeit als unterstützendes Hilfssystem für die Sicherung endgültig abgestellter Schienenfahrzeuge ausgeführt und übernimmt keine Sicherheitsverantwortung, die Verantwortung für die korrekte, ordnungsgemäße und vorschriftsmäßige Sicherung und Entsicherung der Schienenfahrzeuge liegt weiterhin bei den zuständigen BedienerInnen. SmartBlock kann jedoch menschliche Fehler bei der Sicherung und Entsicherung endgültig abgestellter Schienenfahrzeuge offenbaren. Beim Status Quo von SmartBlock bzw. bei einer Ausführung als Standalone Applikation ist eine weitere Automatisierung mit Übernahme von Sicherheitsverantwortung durch das System SmartBlock derzeit nicht umsetzbar. Die Gleisbuchhaltung (Eingabe des jeweils relevanten Gleises) muss derzeit manuell über die Bedienplattform erfolgen.

### 3.3 Betriebliche Aspekte

#### 3.3.1 Anwendungsbereiche

SmartBlock ist ausschließlich für die endgültige Sicherung abgestellter Schienenfahrzeuge im Bereich von Normalspurbahnen, ungeachtet der Traktionsart, vorgesehen und konzipiert. Derzeit wird die Anwendung eines „Mischbetriebes/Zwischensicherung“ (Anhalten = Abstoßen/Abrollen, kurzfristige/vorübergehende Sicherung = ohne Bedienung der Bedienplattform von SmartBlock und somit nicht endgültiger Sicherung abgestellter Schienenfahrzeuge) nicht empfohlen da es durch die BedienerInnen zu Missinterpretationen kommen, und dies ggf. zu Gefährdungen führen kann. Weiters müsste in der aktuellen Ausführung der Hemmschuhe eine Strategie zum Umgang mit dem Gleissensor festgelegt werden, der derzeit z.B. beim „Zwischensichern“ eine Hinweismeldung generieren würde, da die Gleisauflage erkannt, aber keine entsprechende Meldung für einen Sicherungsvorgang über die Bedienplattform abgesetzt wird.

Eine Konfiguration des Systems SmartBlock mit Ausführung des HS ohne Gleissensor würde jener in Abbildung 26 entsprechen. Der HS wäre in einer solchen Konfiguration nur mit einem NFC oder RFID -Tag zum Auslesen der HS-ID ausgerüstet. Die Sensorik zur Gleiserkennung fehlt, somit ist im Vergleich zu Abbildung 5 auch keine Schnittstelle zwischen HS und Backend umgesetzt. Es entfällt damit eine Umsetzung der in Kapitel 2.2.2 beschriebenen Plausibilisierungsfunktionen und somit einige wesentliche Funktionen des Systems. Eine potenzielle Verwendung des Systems in einem „Mischbetriebes/Zwischensicherung“ ist jedoch in dieser Konfiguration leichter umzusetzen. Die beschriebene Gefahr von Missinterpretationen durch die BedienerInnen bleibt weiterhin gegeben und sollte vertiefend untersucht werden.



**Abbildung 26: Konfiguration des Systems SmartBlock ohne Sensormodul**

Die Anwendung von SmartBlock ist jedenfalls jeweils durch das EU in den relevanten Bsb gesondert aufzunehmen bzw. zu regeln.

### 3.3.2 Bediener / Rollen

Das EU hat festzulegen (z. B. SNNB, Bsb) in welchen Betriebsstellen welches qualifizierte und kompetente Eisenbahnpersonal, versehen mit den entsprechenden BedienerInnen-ID's, SmartBlock zu bedienen bzw. zu verwenden hat. Dazu ist zu unterscheiden in:

- Anwendung von SmartBlock vor Ort samt HS-Bedienung und Bedienung des Frontends (Smartphone, Tablet)
- Kontrolle/Überwachung (z. B. Verifizierung von Betriebszuständen, Störungen, etc.) über Tablet oder Desktop Applikation,
- sowie Wartung und Pflege des Datenmanagement mittels Administratorenrechten.

### 3.3.3 Betriebliche Prozesse

Grundsätzlich sind die vom EU vorgegebenen Prozesse und Regelungen (z.B. Dienstvorschriften, Dienstanweisungen, Bedienungsanweisungen) für die Anwendung von HS einzuhalten.

Im Gegensatz zu den aktuell eingesetzten HS sind die mit Sensormodulen ausgestatteten HS explizit nicht zu verwenden für die folgenden Tätigkeiten bzw. sind folgende Regeln nicht sinnvoll anwendbar:

- Anhalten (Abstoßen/Abrollen) von Schienenfahrzeugen beim Verschub
- Anwärmen des HS im Winterbetrieb
- Vorgehensweise im Störfall

Für die Anwendung von SmartBlock sind vom EU ergänzende bzw. zu ändernde Prozesse und Regelungen für den Regel- sowie Störfall (z.B. klar definierte Rückfallebenen für Hard- und Software) zu entwickeln und in den relevanten betrieblichen Dienstvorschriften bzw. sonstigen betrieblichen Unterlagen sowie ggf. in den SNNB aufzunehmen, sowie eine jeweils betriebsstellenspezifische aktuelle Bedienungsanweisung für SmartBlock aufzulegen. Diesbezüglich sind dem betroffenen Eisenbahnpersonal diese Ergänzungen/Änderungen nachweislich zur Kenntnis zu bringen.

### **3.3.4 Ausbildungen / Schulungen / Unterweisungen**

Bei Ausbildung, Schulungen und Unterweisungen von qualifiziertem und kompetentem Eisenbahnpersonal ist auf die ergänzenden bzw. zu ändernden Prozesse und Regelungen, einschließlich Bedienungsanweisung(en), bei der Anwendung von SmartBlock besonders zu achten und diese sind nachweislich zur Kenntnis zu bringen.

### **3.3.5 Wartung, Instandhaltung, Störungsmanagement**

In der derzeitigen Ausführung des Systems SmartBlock sollten die Akkus der Sensormodule je nach Konfiguration und Häufigkeit der Beanspruchung etwa alle 3 bis 6 Monate wieder aufgeladen werden. Die Anzahl der möglichen Ladezyklen der Akkus liegt zwischen 300 und 500. Nach dieser Anzahl an Wiederaufladungen muss der Akku getauscht werden.

Für die hardware-spezifischen Wartungs- und Instandhaltungsintervalle sowie für den Wartungsbedarf nach Störungen sind unter Berücksichtigung der Zulassungsergebnisse „HS mit Loch“ die vorhandenen bzw. ergänzenden Vorgaben, insbesondere bei mechanischer Beschädigung bzw. Abnutzung, einzuhalten.

Die Kontrolle bzw. Überwachung der aktuellen Akkuzustände und spezifischen Störungsmeldungen der HS erfolgt mittels Meldungen an das Backend. Die aktuellen Zustände und Störungsmeldungen können über das Frontend (Tablet- oder Desktop Applikation) eingesehen werden. Das Wiederaufladen der Akkus erfolgt derzeit mit dem eigens entwickelten Ladegerät gemäß Kapitel 2.4.2.2. Die Ladedauer von derzeit maximal 7 Stunden lässt sich bei Bedarf noch um das 2 bis 3fache reduzieren.

### 3.3.6 Arbeitnehmerschutz

Bei Anwendung von SmartBlock sind aus Sicht des ArbeitnehmerInnenschutzes die Prozesse, Regelungen und Kennzeichnungen für die Anwendung von herkömmlichen HS sowie die ergänzenden bzw. zu ändernden Prozesse und Regelungen für die Anwendung von SmartBlock einzuhalten. Ergänzend dazu wird empfohlen die mit Sensormodulen ausgestatteten HS, um eine eindeutige Unterscheidung zu den herkömmlichen HS zu gewährleisten und einer diesbezüglichen Verwechslung vorzubeugen, mit einem gesonderten Farbanstrich/Warnanstrich zu versehen.

## 3.4 Weitere Aspekte

### 3.4.1 Kostenschätzung

Zieht man die aktuelle Version der Smartblock Sensorik in Betracht und berücksichtigt einige Optimierungen für eine Serienproduktion, so kann man voraussichtlich mit folgenden indikativen Kosten für die Aufrüstung eines HS mit dem Sensormodul rechnen:

Kostenposten	Indikativer Stückpreis
Kosten Bill Of Material	85 €
Kosten Fertigung	60 €
Kosten Montage auf HS <sup>3</sup>	45 €
Summe	190 €

**Tabelle 1: Kostenschätzung HS-Aufrüstung**

Zum Aufladen der HS werden Ladeköpfe benötigt (siehe Kapitel 2.4.2.2) die direkt durch Anschluss an der Steckdose oder alternativ mit einer Powerbank versorgt werden können. Die Kosten für eine Powerbank belaufen sich von ca. €50 bis mehrere hundert € je nach Leistung.

Die Kosten für den Ladeadapter für jeden HS setzen sich aus Kabel, Ladeelektronik und Antenne zusammen und belaufen sich auf €400 bis €500. Je nach Anzahl dieser Adapter

---

<sup>3</sup> Inkludiert Bohren, Einkleben, Versiegeln und finale Tests

können die Akkus der Sensormodule von mehreren oder weniger HS gleichzeitig aufgeladen werden.

## **4 UMSETZUNGSEMPFEHLUNGEN ZUR VERWERTUNG DER PROJEKTERGEBNISSE IM RAHMEN WEITERFÜHRENDER UNTERSUCHUNGEN**

### **4.1 Allgemeines / Abgrenzung**

Der Einsatz des im Forschungsprojekt SmartBlock konzipierten und umgesetzten Systems ist ausschließlich für die endgültige Sicherung abgestellter Schienenfahrzeuge im Bereich von Normalspurbahnen, ungeachtet der Traktionsart und der eisenbahnsicherungstechnischen Einrichtungen, vorgesehen. Für das Anhalten (Abstoßen/Abrollen) von Schienenfahrzeugen beim Verschub ist SmartBlock auf Grund der Anforderungen des Auftraggebers und der darauf basierenden Ausführung derzeit nicht vorgesehen. Weiters ist bei der endgültigen Sicherung abgestellter Schienenfahrzeuge mit SmartBlock durch Betätigung der Handbremse derzeit ausschließlich durch manuelle Eingabe auf der Bedienplattform mitumfasst. Für eine diesbezügliche Automatisierung wären weitere technische Erprobungen und ggf. Entwicklungen erforderlich. SmartBlock ist derzeit als Informationssystem und nicht als sicherheitsrelevantes System prototypisch umgesetzt. SmartBlock dient als Unterstützung bei der endgültigen Sicherung abgestellter Schienenfahrzeuge und kann diesbezüglich Fehler der BedienerInnen offenbaren.

Bestehende Regelungen und Prozesse bei Anwendung des Systems SmartBlock sind gültig, insbesondere die Regelungen zur Sicherung und Entsicherung endgültig abgestellter Schienenfahrzeuge. Die Regelungen und Prozesse werden nur punktuell ergänzt.

SmartBlock kann bei Durchführung vorbereitender und begleitender Sicherheitsbetrachtungen zur Integration in zukünftige sicherheitsrelevante Systeme für die automatisierte Betriebsführung weiterentwickelt werden um bei der endgültigen Sicherung (Entsicherung) abgestellter Schienenfahrzeuge eine Optimierung der Betriebsabläufe zu erreichen und Gefährdungen zu vermeiden.

### **4.2 Technische Aspekte**

#### **4.2.1 Scannen der Schienenfahrzeugnummer**

Der Vorgang des Scannens der Schienenfahrzeugnummer wird in den Kapiteln 2.3.1.3, 2.4.3.1 und 2.5.2 beschrieben.

Für das Scannen muss derzeit darauf geachtet werden, einen Abstand zur Kamera des Smartphones bzw. Tablets von ca. 1m einzuhalten. Diese Anwendungsbedingung sollte

möglichst genau eingehalten werden. Ansonsten ist die manuelle Eingabe am Eingabegerät vorzunehmen (zeitaufwändig). Derzeit ist keine Vorgabe für eine akzeptable Fehlerrate für die automatische Erkennung der Schienenfahrzeugnummer definiert bzw. vorgesehen. Aus den vorliegenden Erfahrungen und Datenauswertungen ist eine Fehlerrate nur grob abschätzbar. Soll das System SmartBlock großflächig Anwendung finden, so sollte eine akzeptable Fehlerrate unter Einbindung der BedienerInnen empirisch ermittelt werden.

Für eine weitere Minimierung der Fehlerrate bei der Erkennung der Schienenfahrzeugnummer sind folgende Themen zu berücksichtigen: Systeme zur Erkennung der Schienenfahrzeugnummer sind bei den ÖBB im Kontext der Zuglaufcheckpoints bereits im Einsatz. Eine Abstimmung mit den zuständigen Personen seitens ÖBB, sowie mit den Lieferanten der dort im Einsatz befindlichen technischen Lösungen sind im Rahmen des Forschungsprojekts Abstimmungen erfolgt. Bei den Zuglaufcheckpoints existieren im Gegensatz zum Anwendungsfall SmartBlock jedoch eine Reihe von Randbedingungen, die die Erkennung der Schienenfahrzeugnummern wesentlich erleichtern: Es handelt sich um fixe Installationen mit im Vergleich konstanteren Lichtverhältnissen, bekannten Winkeln und Abständen zu den Kameras, bekannte Auflösungen in den Bildern, besser vorhersehbare Position und Größe der Schienenfahrzeugnummern in den Bildern, sowie gegebenenfalls auch mehrere (Stereo)Bilder, die zur Erkennung verwendet werden können.

Aufgrund dieser Voraussetzungen scheint es zwar sinnvoll, mit den Lieferanten der Lösungen in den Zuglaufcheckpoints weiter Synergien zu suchen, und die dortigen Lösungen für den Anwendungsfall SmartBlock anzupassen sowie zu optimieren, ggf. müssen aber auch weitere externe Experten eingebunden werden, um substantielle Verbesserungen der Fehlerrate zu erreichen.

#### **4.2.2 Scannen der HS - ID**

Die im Sensormodul konfigurierte HS-ID wird in regelmäßigen Abständen mittels BLE-Technologie als BLE Beacon übertragen. Sollte der BLE-Übergang nicht funktionieren, so kann die HS-ID direkt vom Sticker am HS abgelesen und manuell am Frontend (Smartphone oder Tablet) eingegeben werden.

Im Gegensatz zur Erkennung der Schienenfahrzeugnummer können hier weitere Untersuchungen bzgl. Fehlerrate entfallen. Da die Technologie Checksummen in Form

eines Cyclic Redundancy Check (CRC) verwendet, können Fehler am Übertragungsweg praktisch ausgeschlossen werden.

Für eine großflächige Anwendung des Systems SmartBlock sollte noch weiter untersucht werden, ob die derzeitige Anbringung der HS-ID in menschenlesbarer Form in Form von Stickern durch effizientere Alternativen (wie z.B. Lasergravur) ersetzt werden kann oder ob eine redundante Ausführung (z.B. zwei Sticker an unterschiedlichen Stellen) sinnvoll ist. Dabei sollten die folgenden Aspekte betrachtet werden:

- Kosten
- Haltbarkeit bei unterschiedlichen äußeren (Witterungs-)Bedingungen
- Lesbarkeit z.B. bei Verschmutzung oder schlechten Lichtverhältnissen
- Wartungsaspekte: Soll die HS-ID für den Hemmschuh fix vergeben werden, oder soll z.B. bei Tausch des Sensormoduls eine neue HS-ID vergeben werden können?

#### **4.2.3 Integration in die IT-Infrastruktur des Eisenbahnunternehmens**

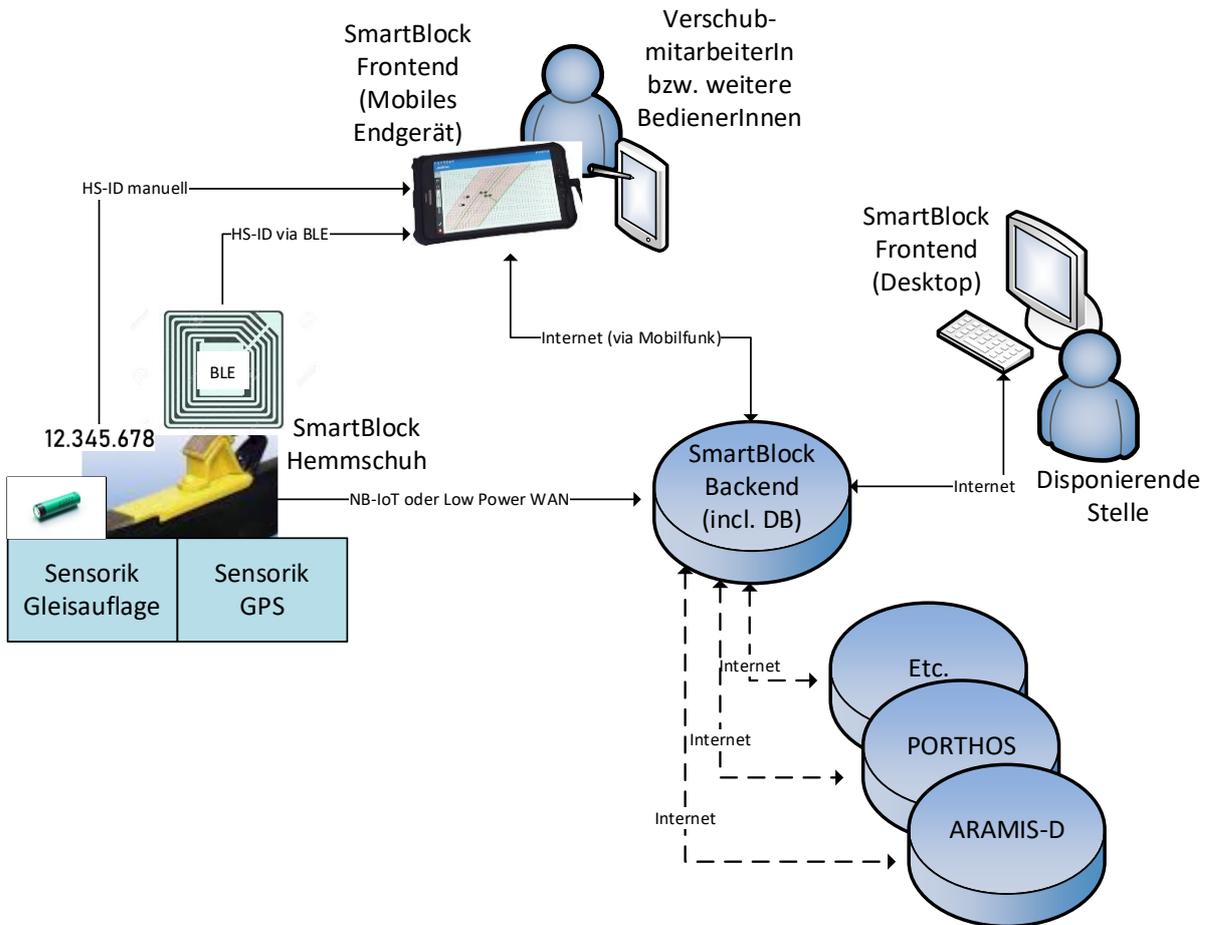
Bei einer Umsetzung des Systems SmartBlock als integrierte Applikation wird die Einbettung des SmartBlock Backends in die ÖBB-interne IT-Infrastruktur empfohlen. Damit sind eine Anbindung und Integration in und mit bestehenden und zukünftigen Systemen möglich. In den Diskussionen im Rahmen der Projektmeetings mit den jeweiligen ÖBB-seitigen Experten wurden dabei die folgenden Schnittstellen und resultierenden Synergien angedacht:

- Infra.TIS:
  - Infra.TIS kann Zugnummer, Zeitstempel, Schienenfahrzeugnummer und Betriebsstelle liefern.
  - Schienenfahrzeugreihenfolge wird durch Infra.TIS garantiert.
  - Keine Garantie gibt es für die Gleisbuchhaltung (richtiges Gleis nicht gewährleistet, Schienenfahrzeuge können schon auf anderen Gleisen stehen und Meldung an Infra.TIS ist noch nicht erfolgt bzw. erfolgt nicht).
  - Daten aus Infra.TIS zur Integration von SmartBlock in den Prozess Abfahrbereitschaft sind nicht flächendeckend verfügbar und werden vermutlich auch nicht überall umgesetzt.
  - Infra.Tis kann somit unter zusätzlichem Aufwand teilweise als Zwischenlösung verwendet werden, die technische Möglichkeit zur Umsetzung einer Gleisbuchhaltung besteht.

- **PORTHOS:**
  - Nachfolgesystem für Infra.TIS mit diversen weiteren Daten und Zusatzfunktionen (z. B. auch die Disposysteme von Wien Zvbf, Villach Süd, ... sollen integriert werden).
  - PORTHOS wird für die digitalisierte Zugvorbereitung derzeit entwickelt, zukünftig soll das Sichern und Entsichern endgültig abgestellter Schienenfahrzeuge in PORTHOS (aktuell abrufbarer Status der Schienenfahrzeugsicherung) integriert werden.
  - Obwohl die Einbindung von Sicherungsmitteln erst mit PORTHOS 3.0 vorgesehen ist (Zeithorizont 2024/25) stellen die Ergebnisse aus SmartBlock einen wertvollen Input dar.
  - Klassische Gleisbuchhaltung der ÖBB über PORTHOS-Schnittstelle realistisch frühestens 2023.
  - Das Scannen der Schienenfahrzeugnummer ist in PORTHOS als Bestandteil projektiert.
  - PORTHOS kann weiters für Authentifizierung genutzt werden: Anmeldung z.B. mit Zug-nummer, in Zukunft wird PORTHOS als Authentifizierungsserver genutzt bzw. soll eine Anmeldung gebündelt erfolgen. BenutzerInnen sollen sich nicht an mehreren Systemen separat anmelden müssen (Single Sign On, SSO).
- **ARAMIS-D:**
  - System zur Zugverfolgung und Disposition
  - Daten werden über einen Webclient zur Verfügung gestellt, diese Schnittstelle könnte ggf. adaptiert werden.
  - Datenfluss nur unidirektional von innen nach außen möglich.
  - Vor allem für zusätzliche Daten zur Gleisbuchhaltung ist ARAMIS-D interessant, könnte zukünftig mit anderen Systemen in einer Schnittstelle bzw. in einem Datenservice für SmartBlock kombiniert werden.
  - Künftig ist für die Gleisbuchhaltung grundsätzlich PORTHOS die am besten geeignete Datenquelle, ARAMIS-D erfasst aktuell lediglich Hauptgleise in den Betriebsstellen.
- **TIM:**

- Bei ÖBB Produktion wurde ein Projekt gestartet, um das System TIM (Triebfahrzeugführer Information Management) dahingehend aufzurüsten, dass die jeweils relevante Wagenliste an den Tzfz elektronisch übermittelt werden kann, um in dieser die Schienenfahrzeuge an welchen Wagensicherungsmittel angebracht wurden zu dokumentieren.
- Eventuell kann auch dieses System für (zusätzliche) Daten genutzt werden.
- Infra Info Hub:
  - Offene Schnittstelle zu Infra.TIS bzw. dem Nachfolger PORTHOS und ARAMIS-D, etc.
  - Prinzipiell wäre ein Zugriff über diese Schnittstelle möglich. Für eine Umsetzung der SmartBlock Funktionalität als integriertes System sollten jedoch direkte Zugriffe auf die bereitgestellten Systeme und Informationen erfolgen.

Abbildung 27 zeigt die mögliche Integration von SmartBlock in die derzeitige bzw. zukünftige IT-Landschaft der ÖBB. Die strichlierten Verbindungen bzw. Schnittstellen sind dabei als optionale, zukünftige Erweiterungen zu sehen, um die bereits angedachten oder sonstige neue Funktionen zu realisieren.



**Abbildung 27: Integration von SmartBlock in die derzeitige bzw. zukünftige IT-Landschaft der ÖBB**

#### 4.2.4 Schnittstelle Hemmschuh – Backend

Die derzeitige technische Ausführung der Schnittstelle HS – Backend wirkt sich auf die Lebensdauer des Akkupack nur marginal aus. Das von CargoMon entwickelte, vielfach erprobte und für den vorliegenden Anwendungsfall angepasste Übertragungsprotokoll ist bereits hochoptimiert und verschlüsselt die übertragenen Daten. Eine weitere Reduktion der Datenmenge ist nur sehr bedingt möglich.

Wie bereits in Abschnitt 3.2.4 ausgeführt, kann eine Optimierung der Energieversorgung der Sensormodule grundsätzlich nur mehr über die Wahl alternativer Technologien auf Hardwareebene erreicht werden. Für einen großflächigen Rollout des Systems können solche Optimierungen angedacht werden. Es wären längerfristige Untersuchungen erforderlich, ob die Integration von Gateways zielführend erscheint (z. B. Maste und Stromversorgung in Betriebsstellen vorhanden).

Da andere Übertragungstechnologien als 2G/4G NB-IoT eine dedizierte Infrastruktur benötigen, oder die vorhandene Infrastruktur (z.B. WLAN Access Points) nicht leicht zugänglich ist und für jeden Standort eigens zu konfigurieren wäre, wäre der einzige Vorteil einer dedizierten Infrastruktur vermutlich der etwas geringere Energieverbrauch. Selbst dieser würde aber ein Aufladen der Akkus auf Dauer auch nicht ersetzen, sondern die Wartungsintervalle nur etwas verlängern.

Erscheinen alternative Übertragungstechnologien und die zugehörige Infrastruktur dennoch sinnvoll, so ist auch noch die Grundsatzentscheidung zwischen proprietären und offenen Standards zu treffen, die die weithin bekannten Vor- und Nachteile mit sich bringt.

#### **4.2.5 Beeinflussung durch äußere Bedingungen**

Wie bereits in Abschnitt 3.2.5 ausgeführt, ist der Einfluss von äußeren Bedingungen bis dato nur so weit untersucht und mit positiven Ergebnissen hinterlegt, dass dieser einen Einsatz des Systems SmartBlock als Standalone Applikation in der aktuellen Ausführung grundsätzlich rechtfertigen kann. Für einen großflächigen Einsatz sollten jedoch die folgenden Aspekte vertieft untersucht und entsprechende Erfahrungswerte aus der Praxis gesammelt werden, wobei diese Untersuchungen nicht zwingend lange Zeiträume vor dem tatsächlichen Einsatz, sondern auch einzelne Phasen im Rahmen eines mehrstufigen Rollouts darstellen können:

- Hemmschuh-Mechanik («Abschliff» - Dauer, bis Loch «zugeschliffen» ist, Mängel an Halterung)
- Funktionalität der Sensorik – Ausfallsicherheit  
Generelle Beeinflussung des HS (insbesondere des Sensormoduls und dessen Integration / Befestigung am HS) durch Witterung, insbesondere durch Feuchtigkeit, Hitze, Frost, Eis und Schnee
- Lesbarkeit Display je nach zukünftig gewählter Plattform für die Bedienung des Systems (Spiegelungen, Abnutzung durch Witterung und Staub)
- Batterieverbrauch (Beeinflussung durch Anwendung des HS mit Sensormodul und durch Witterungseinflüsse)
- Verwahrung der HS mit Sensormodul in HS-Ständern unterschiedlichster Ausführungen
- Lademöglichkeiten/-varianten für Akkus der Sensormodule

- Position und Ausführung der menschenlesbaren HS-ID am Hemmschuh (siehe Kapitel 4.2.2).

Der Gleissensor kann laut derzeitigem Erkenntnisstand etwa 0,5mm bis max. 1,5mm im Loch hochgesetzt werden, um vor Verschleiß geschützt zu sein. Speziell zur Festlegung der Höhe des Gleissensors im Loch muss jedoch noch weiter untersucht werden, welcher Wert optimal ist. Dieser Wert hängt grundsätzlich von den folgenden Parametern ab:

- Abschleifen der HS - Sohle: Das tatsächliche Ausmaß beim endgültigen Sichern abgestellter Schienenfahrzeuge ist quantitativ noch nicht erfasst und auch von den Experten seitens ÖBB nur schwer einzuschätzen. Im besten Fall werden Werte für unterschiedliche Einsatzhäufigkeit und Einsatzfälle (und somit Beanspruchungen) erfasst.
- Verschlussmaterial: Der Gleissensor ist aktuell in einem Epoxidharz-Gehäuse versiegelt, das ihn immun gegen das Eindringen von Wasser, Staub und Schmutz macht. Es wurden Tests durchgeführt, bei denen der Sensor mit Wasser und verschiedenen Arten von Fett bedeckt war, und weiters auch mit Fett mit Metallspänen. Grundsätzlich wurde die Zuverlässigkeit der Ergebnisse des Sensors durch keine dieser Bedingungen beeinträchtigt. Langzeituntersuchungen bzgl. Verschmutzung, Temperaturen, Luftfeuchtigkeit, Ausmaß des Materialabriebs, etc. sind jedoch noch ausständig.
- Sensorkalibrierung: Grundsätzlich ist der Sensor nur über längere Zeiträume empfindlich gegen Temperatureinflüsse. Im Rahmen weiterer Untersuchungen sollten dennoch Daten dazu erfasst werden, ob z.B. in den Wintermonaten andere Kalibrierungen für den Sensor sinnvoll sind, die z.B. Remote durchgeführt werden könnten.
- Lochbohrung: Im Rahmen einer Sicherheitsbetrachtung (siehe Abschnitt 4.2.7) muss geklärt werden, welcher Durchmesser für die Bohrung des Lochs maximal möglich ist bzw. welcher Spielraum dafür vorhanden ist.

Da alle genannten Punkte in Wechselwirkung bzw. gegenseitiger Abhängigkeit stehen, sind dafür die optimalen Kompromisse zu finden und zu definieren.

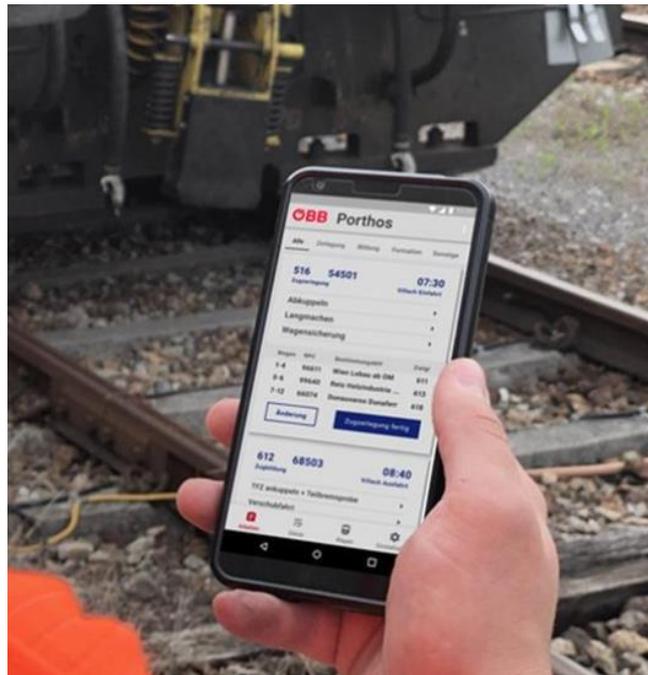
## 4.2.6 Bedienplattform

### 4.2.6.1 Hardware

Grundsätzlich erfolgt die Bedienung des Systems am Frontend aktuell mit Smartphone oder Tablet. Bei einer etwaigen zukünftigen Integration von sicherheitsrelevanten Systemen für die automatisierte Betriebsführung (PORTHOS, MoTis, EVA, etc.) ist eine Vielzahl von Aspekten der Usability zu betrachten und die Anwendbarkeit in der Praxis sicherzustellen. Dazu zählen unter anderem:

- Handhabbarkeit der Plattform in den Bedienungsabläufen: Verwahrungsmöglichkeiten, Gewicht und Größe, Integration in Arbeitsabläufen z.B. bei Verwendung von spezifischen Schutzhandschuhen, etc.
- Äußere Bedingungen: Berücksichtigung unterschiedlicher Temperaturen, Luftfeuchtigkeit, Nässe und Trockenheit, Sonneneinstrahlung, etc.
- Display: Schriftgrößen, Farben, Formen, Spiegelung bei Sonneneinstrahlung, Lesbarkeit bei Nacht, etc.
- Funktionale Aspekte: Menüführung, Navigationskonzepte, Verständlichkeit und intuitive Bedienbarkeit, etc.

Grundsätzlich gibt es seitens des Auftraggebers ÖBB Bestrebungen, die Anzahl der durch das relevante Personal mitgeführten Endgeräte zu reduzieren. Eine Möglichkeit der Umsetzung von SmartBlock wäre somit die Integration der Funktionalität in bestehende Bedienplattformen von EVA, MoTis, etc. Aufgrund der bereits in Kapitel 3.2.6.1 erwähnten, grundsätzlich hohen Akzeptanz der aktuell verwendeten Plattformen Smartphone und Tablet sowie auf Basis der offenbar bereits erfolgten Arbeiten und Überlegungen zum Einsatz solcher Plattformen auch in weiteren Anwendungen wie PORTHOS (siehe Abbildung 28) erscheint jedoch der umgekehrte Weg sinnvoller: Eine zukünftige, integrierte Bedienplattform auf Basis von Smartphone und/oder Tablet kann die Funktionalitäten von PORTHOS und SmartBlock, sowie weitere Funktionalitäten bereits bestehender Systeme wie MoTis oder EVA, GMS-R Handy, Taschenlampe, etc. zusammenführen.



**Abbildung 28: Smartphone als Bedienplattform für das System zur digitalen Zugvorbereitung (PORTHOS)<sup>4</sup>**

#### 4.2.6.2 Software

Wie bereits in Abschnitt 3.2.6.2 beschrieben, stellt die im Rahmen des Projekts entwickelte Software den frühen Status eines Prototyps (Demonstrator) dar, für den jedenfalls weitere funktionale Tests nötig sind. Die Entwicklung erfolgte jedoch schon derart modular, dass auch einer Umsetzung von SmartBlock als integrierte Applikation zumindest eine Orientierung an den vorhandenen Funktionsblöcken möglich ist. Durch die modulare System- und Softwarearchitektur ist auch die komplette Weiterverwendung einzelner Funktionsblöcke denkbar.

Dazu wären bei einer zukünftigen Integration von SmartBlock in sicherheitsrelevante Systeme für die automatisierte Betriebsführung weiterentwickelte technische und betriebliche Prozesse zu berücksichtigen.

Als erste Schritte in diese Richtung wurden im Rahmen der Projektbesprechungen die folgenden Ideen diskutiert:

<sup>4</sup> Quelle: <https://infrastruktur.oebb.at/de/geschaeftpartner/schienennetz/kundenservice-schienennetz/aktuelles-sn/digitale-zukunft/digitalisierung-betrieblicher-prozesse>

- Integration von SmartBlock in einen weiterentwickelten, digitalisierten Prozess der Abfahrbereitschaft: SmartBlock kann die vollständige Entfernung aller relevanten Wagensicherungsmittel im Zuge des Prozesses überwachen und melden, sobald diese abgeschlossen ist.
- Integration in den Prozess der Reihungskontrolle der derzeit über MoTIS durchgeführt wird: Dort könnten bei jedem Schienenfahrzeug die aktuell gelegten HS sichtbar gemacht werden.

Analog zu Abschnitt 3.2.6.2 können sonstige funktionale Erweiterungen auch bei der Umsetzung von SmartBlock als integrierte Applikation kurzfristig modular weiterentwickelt werden um spezifischen Gegebenheiten (Bedieneranforderungen, örtlich spezifische Besonderheiten) gerecht zu werden. Als Beispiel können örtlich fix am Gleis verbleibende HS genannt werden, die als Anprallschutz dienen: Diese HS könnten (später auch in PORTHOS) dem Gleis zugeordnet werden, und nicht den Schienenfahrzeugen. Die Unterscheidung, ob die HS innerhalb des Wagenzuges liegen oder nicht wurde im Rahmen der Projektmeetings als positiv bewertet und sollte zukünftig umgesetzt werden.

#### 4.2.6.3 Minimierung manueller Eingaben am User Interface

Auch bei einer Umsetzung von SmartBlock als integrierte Applikation wird jedenfalls empfohlen, das im Rahmen des Forschungsprojekts umgesetzte Prinzip beizubehalten, das die Minimierung manueller Eingaben an der Smartphone- und Tablet App in den Mittelpunkt stellt. Die Gründe hierfür sind in Abschnitt 3.2.6.3 bereits erläutert und die dort beschriebenen, in der aktuellen Version der Bedienplattform bereits umgesetzten Prinzipien sollten möglichst auch bei einer Migration auf andere Plattformen oder bei einer Zusammenführung mit bestehenden Plattformen wie MoTIS oder EVA berücksichtigt werden.

#### 4.2.6.4 Anpassung an derzeit bestehende Handlungsabläufe

Bei der Umsetzung von SmartBlock als integrierte Applikation ist es neben der Minimierung manueller Eingaben am User Interface weiters wesentlich für die Akzeptanz, personenspezifische Vorlieben bzw. Abläufe in der Bedienung zu unterstützen. Schon in der Konzeption der Applikation wurde darauf Wert gelegt, dass die im System erforderlichen Bedienhandlungen z.B. beim Auflegen eines Hemmschuhs (Scannen der Hemmschuh-ID, Scannen der Schienenfahrzeugnummer, Auflegen des Hemmschuhs) in beliebigen Reihenfolgen unterstützt werden. In den Feldtests wurde das positiv rückgemeldet, da das

Verschubpersonal jeweils tatsächlich unterschiedliche Handlungsabfolgen bevorzugt. Diese Unterstützung sollte somit jedenfalls auch bei einer zukünftigen Integration der SmartBlock Funktionalitäten in andere Bedienplattformen berücksichtigt werden. Sie kann wesentlich zur Steigerung der Akzeptanz und somit zur erfolgreichen Einführung des Systems beitragen.

#### **4.2.7 Zulassung des HS mit Loch**

Die Ausführung des Hemmschuhs zur Verwendung im System SmartBlock (HS mit Loch für Gleissensor, Integration von Sensorik und Akku sowie Anbringung der HS-ID in menschenlesbarer Form) ist einer Sicherheitsbetrachtung, analog zur bisher im Verschub verwendeten Ausführung des Hemmschuhs, jeweils durch das EU zu unterziehen. Der HS muss weiterhin den hardwarespezifischen Anforderungen für den jeweiligen Einsatzbereich entsprechen.

Bei Umsetzung des Systems SmartBlock als integriertes System und einem damit verbundenen großflächigeren Rollout kann angedacht werden, das Loch für die Integration des Gleissensors schon im Herstellungsprozess zu berücksichtigen. Eventuell könnten die HS auch schon mit dem im Loch fertig verklebten Gleissensor geliefert werden. Weiters können mechanische Änderungen definiert werden, die eine einfache Anbringung (und Entfernung) des Gehäuses für die Sensorik ermöglichen. Denkbar wäre z.B. eine Lösung, bei welcher die Sensormodule bzw. das Gehäuse mit einer einfachen „Snap-In“ Lösung befestigt werden. Abhängig davon müsste die menschenlesbare HS-ID ggf. neu platziert werden.

Ein mit diesen mechanischen Änderungen versehener HS müsste für die Verwendung in bestimmten Anwendungsfeldern neu zugelassen werden.

Derzeit befindet sich in dem Loch durch die Sohle des HS die Metalldetektorantenne, die sich in einem kleinen Polycarbonat-Gehäuse befindet. Die Antenne und das Gehäuse sind mit Epoxidharz vergossen. Das gesamte Antennenmodul mit Gehäuse wird mit Zweikomponentenkleber auf den HS geklebt. Zwischen der Antenne und der Außenseite befindet sich eine Schicht aus Polycarbonat, um zu verhindern, dass der Sensor durch Materialabnutzung beeinträchtigt wird.

## 4.2.8 Automatisierung des Systems

Für die Weiterentwicklung zum Zweck einer Automatisierung (z. B. automatische Gleisbuchhaltung, automatisierte Abfahrbereitschaft) wären weiterführende Gefährdungsanalysen und Sicherheitsbetrachtungen vorzunehmen.

Für die automatische Gleisbuchhaltung sind insbesondere die derzeit eingesetzten Positionierungstechnologien (GPS-Sensor) zu ungenau bzw. zu unsicher. Eine für den Anwendungsfall ausreichende Datenqualität kann nur mit zusätzlichen Positionierungstechnologien erreicht werden, wobei neben den technischen Aspekten (Genauigkeit, Verfügbarkeit, Integrität) vor allem auch der Kostenfaktor zu betrachten ist.

## 4.3 Betriebliche Aspekte

### 4.3.1 Anwendungsbereiche

SmartBlock ist grundsätzlich für die endgültige Sicherung abgestellter Schienenfahrzeuge im Bereich von Normalspurbahnen, ungeachtet der Traktionsart, vorgesehen. Für die Anwendung eines „Mischbetriebes/Zwischensicherung“ (Anhalten = Abstoßen/Abrollen, kurzfristige/vorübergehende Sicherung = ohne Bedienung der Bedienplattform von SmartBlock und somit nicht endgültig Sicherung abgestellter Schienenfahrzeuge) wären ergänzende bzw. zu ändernde Prozesse und Regelungen festzulegen, ungeachtet der erforderlichen technischen Weiterentwicklung von SmartBlock, um mögliche Missinterpretationen durch die BedienerInnen und zusätzliche Gefährdungen zu vermeiden. Die Anwendung von SmartBlock ist jeweils durch das EU in den relevanten Bsb gesondert aufzunehmen bzw. zu regeln. Bei der endgültigen Sicherung abgestellter Schienenfahrzeuge durch SmartBlock wäre die Sicherung durch Betätigung der Handbremse gesondert zu betrachten und zu entwickeln bzw. ausschließlich durch manuelle Eingabe auf der Bedienplattform vorzunehmen.

Wie bereits in Abschnitt 3.3.1 ausgeführt, besteht ein grundlegender Widerspruch zwischen der Verwendung des HS mit Gleissensor und den Anwendungsbereichen „Mischbetrieb/Zwischensicherung“. Da ohne den Gleissensor wie in Abschnitt 3.3.1 bereits beschrieben eine Reihe wichtiger Funktionen verlorengelht, könnten mögliche Lösungswege im Grenzbereich zwischen diesen beiden zu finden sein:

Soll der „smarte HS“ gemäß SmartBlock auch zum „Zwischensichern“ verwendet werden, so sind jedenfalls weitere Untersuchungen am smarten HS zur Stoß- und Ruckfestigkeit

durchzuführen. Weitere Aspekte des Systems SmartBlock, wie die Plausibilisierungsfunktionen, müssen grundlegend überdacht und neu bewertet werden. Eine Kombination aus „smartem HS“ (mit Loch und Gleissensor gemäß SmartBlock) und „selbstzerstörendem HS“ gemäß einem anderen Forschungsprojekt könnte in allen Anwendungsfällen zum Einsatz kommen. Das Loch durch die Sohle des HS könnte dabei entlang einer Sollbruchstelle platziert werden, die im Falle des „Abhemmens“ schlagend wird. Für eine solche Konfiguration des HS müssten jedoch die anvisierten Einsatzgebiete zusammen mit den Eigenschaften der jeweiligen Betriebsstellen nochmals eingehend untersucht werden. De facto wären alle Aspekte des Systems SmartBlock nochmal neu zu betrachten, und vor allem die Thematik der Zulassung des HS mit Loch (siehe Abschnitt 4.2.7) müsste noch wesentlich intensiver behandelt werden als nur für den derzeit anvisierten Anwendungsfall der Sicherung und Entsicherung endgültig abgestellter Schienenfahrzeuge.

### **4.3.2 Bediener / Rollen**

Das EU hat festzulegen (z. B. SNNB, Bsb) in welchen Betriebsstellen welches qualifizierte und kompetente Eisenbahnpersonal, versehen mit den entsprechenden BedienerInnen-ID`s, SmartBlock zu bedienen bzw. zu verwenden hat. Dazu ist zu unterscheiden in:

- Anwendung von SmartBlock vor Ort samt HS-SmartBlock und Bedienplattform
- Kontrolle/Überwachung (z. B. Verifizierung von Betriebszuständen, Störungen, etc.) über Tablet oder Desktop Applikation,
- sowie Wartung und Pflege des Datenmanagement mittels Administratorenrechten.

Im Rahmen weiterer Automatisierungsschritte des Systems sollte ggf. eine vertiefte Gegenüberstellung der Rollen aus Sicht des Systems SmartBlock (BedienerInnen draußen am Smartphone und HS, BedienerInnen drinnen für „Überwachung“ bzw. Datenmanagement, Administrator) mit bereits vorhandenen Rollen erfolgen, um ein möglichst effizientes und praktikables Mapping zwischen den jeweiligen Aufgaben zu erreichen.

### **4.3.3 Betriebliche Prozesse**

Grundsätzlich sind die vom EU vorgegebenen Prozesse und Regelungen (z.B. Dienstvorschriften, Dienstanweisungen, Bedienungsanweisungen) für die Anwendung von HS einzuhalten.

Im Gegensatz zu den aktuell eingesetzten HS sind die mit Sensormodulen ausgestatteten HS explizit nicht zu verwenden für die folgenden Tätigkeiten bzw. sind folgende Regeln nicht sinnvoll anwendbar:

- Anhalten (Abstoßen/Abrollen) von Schienenfahrzeugen beim Vershub
- Anwärmen des HS im Winterbetrieb
- Vorgehensweise im Störfall

Für die Anwendung von SmartBlock sind vom EU ergänzende bzw. zu ändernde Prozesse und Regelungen für den Regel- sowie Störfall (z.B. klar definierte Rückfallebenen für Hard- und Software) zu entwickeln und in den relevanten betrieblichen Dienstvorschriften bzw. sonstigen betrieblichen Unterlagen sowie ggf. in den SNNB aufzunehmen, sowie eine jeweils betriebsstellenspezifische aktuelle Bedienungsanweisung für SmartBlock aufzulegen. Diesbezüglich sind dem betroffenen Eisenbahnpersonal diese Ergänzungen/Änderungen nachweislich zur Kenntnis zu bringen.

Bei einer technischen und betrieblichen Weiterentwicklung in Bezug auf die Anwendung des HS mit Sensormodul für das Anhalten (Abstoßen/Abrollen) von Schienenfahrzeugen beim Vershub und die Anwendung der Handbremse als Sicherungsmittel als vollinhaltlicher Bestandteil des Systems SmartBlock ist sinngemäß vorzugehen.

#### **4.3.4 Ausbildungen / Schulungen / Unterweisungen**

Bei Ausbildung, Schulungen und Unterweisungen von qualifiziertem und kompetentem Eisenbahnpersonal ist auf die ergänzenden bzw. zu ändernden Prozesse und Regelungen, einschließlich Bedienungsanweisung(en), bei der Anwendung von SmartBlock besonders zu achten und diese sind nachweislich zur Kenntnis zu bringen.

#### **4.3.5 Wartung, Instandhaltung, Störungsmanagement**

Für die hardwarespezifischen Wartungs- und Instandhaltungsintervalle sowie für den Wartungsbedarf nach Störungen sind unter Berücksichtigung der Zulassungsergebnisse „HS mit Loch“ die vorhandenen bzw. ergänzenden Vorgaben, insbesondere bei mechanischer Beschädigung bzw. Abnutzung, einzuhalten.

Die Kontrolle bzw. Überwachung der aktuellen Akkuzustände und spezifischen Störungsmeldungen der HS erfolgt mittels Meldungen an das Backend. Die aktuellen Zustände und Störungsmeldungen können über das Frontend (Tablet- oder Desktop Applikation) eingesehen werden. Das Wiederaufladen der Akkus erfolgt derzeit mit dem

eigens entwickelten Ladegerät gemäß Kapitel 2.4.2.2. Die Ladedauer von derzeit maximal 7 Stunden lässt sich bei Bedarf noch um das 2 bis 3fache reduzieren.

Bei Weiterentwicklung der Software und entsprechenden Adaptierungen des Datenmanagement ist es mit dem Vorhalten einer entsprechenden Datenbasis vergleichsweise einfach möglich, den nächsten Aufladezeitpunkt im Sinne einer Predictive Maintenance sehr genau zu planen.

Im Zuge eines großflächigen Rollouts des Systems SmartBlock kann weiters angedacht werden, die örtlich vorhandene Energieversorgung, differenziert nach Indoor- oder Outdoorversorgung, zu nutzen (z. B. 50 Hz Versorgung, Solaranlage, etc.). Dazu wäre die Möglichkeit von eigenen induktiven HS-Ständern ebenfalls zu untersuchen. Alternativ könnte eine effizientere Form des kabellosen Ladens eingeführt werden, indem die Sensoren mit einem tragbaren Ladegerät wieder aufgeladen werden. Eine andere Möglichkeit besteht darin, die Batteriekontakte nach außen zu legen, hier bräuchte man jedoch eine Gummiabdeckung, die das ganze Design komplizierter und damit teurer macht. Diese Methode wäre noch effizienter, birgt aber im Falle von Schnee und Eis viel mehr Probleme.

Abschließend soll erwähnt werden, dass die Vergabe von HS-IDs ganz generell eine Inventarisierung der HS erlaubt. Die IDs und damit die HS können z.B. auch Betriebsstellen oder Regionen zugeordnet werden, und ermöglichen einen aktuellen Überblick darüber, wie viele HS tatsächlich im Einsatz sind, wie viele verloren gegangen sind, Berechnungen zur durchschnittlichen Lebensdauer etc.

#### **4.3.6 Arbeitnehmerschutz**

Bei Anwendung von SmartBlock sind aus Sicht des ArbeitnehmerInnenschutzes die Prozesse, Regelungen und Kennzeichnungen für die Anwendung von herkömmlichen HS sowie die ergänzenden bzw. zu ändernden Prozesse und Regelungen für die Anwendung von SmartBlock einzuhalten. Ergänzend dazu wird empfohlen die HS mit Sensormodul und die zugehörigen HS-Ständer, um eine eindeutige Unterscheidung zu den herkömmlichen HS zu gewährleisten und einer diesbezüglichen Verwechslung vorzubeugen, mit einem gesonderten Farbanstrich/Warnanstrich zu versehen.

## **4.4 Weitere Aspekte**

### **4.4.1 Kostenschätzung**

Für einen großflächigen Rollout des Systems SmartBlock als integriertes System ist eine detaillierte Kostenanalyse Voraussetzung. Da im Vergleich zur Anwendung von SmartBlock als Standalone Applikation jedoch eine Vielzahl an Parametern noch nicht bekannt bzw. noch nicht abschätzbar ist, soll an dieser Stelle aus Gründen der Seriosität noch keine Kostenschätzung erfolgen.

## ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 1: Ursprüngliche, vom Auftraggeber ÖBB vorgeschlagene Systemarchitektur Quelle: Sicherungsmittel Management – Funktionale Anforderungen für das Projekt „smarter Hemmschuh“ / 2019 07 16 Funktionale Anforderungen Sicherungsmittel Management FREIGEGEBEN_neu.....	8
Abbildung 2: Methodische Vorgehensweise zur Architekturdefinition des Systems SmartBlock.....	13
Abbildung 3: Vorgehensweise zur Erhebung möglicher Funktionen von SmartBlock (Ausschnitt) .....	13
Abbildung 4: Matrix als Entscheidungsgrundlage zur SmartBlock Architektur .....	14
Abbildung 5: SmartBlock Architektur .....	15
Abbildung 6: Gefährdungslogbuch SmartBlock (Auszug).....	16
Abbildung 7: Erarbeitung Navigationskonzept.....	16
Abbildung 8: Beispiel einer Plausibilisierungsfunktion im Backend .....	18
Abbildung 9: Konzeption Sensorikgehäuse am Hemmschuh .....	20
Abbildung 10: Beispielscreens aus der Frontend Anwendung .....	22
Abbildung 11: Scannen der UIC Schienenfahrzeugnummer .....	23
Abbildung 12: Umsetzung der Hemmschuh-Sensorik .....	24
Abbildung 13: Varianten zur Positionierung der Sensormodule .....	25
Abbildung 14: Umsetzung Variante 3 des Sensormoduls .....	25
Abbildung 15: Umsetzung Variante 3 des Sensormoduls .....	26
Abbildung 16: Umsetzung Variante 1 des Sensormoduls .....	27
Abbildung 17: Positionierung Sticker mit HS-ID .....	27
Abbildung 18: Strukturierung von Arbeitspaket 4 .....	28
Abbildung 19: Feldtests im Winter.....	31
Abbildung 20: Ladegerät für Sensorikmodul.....	32
Abbildung 21: Erfolgsrate der Scanning Funktionalität in Abhängigkeit von der Zeichengröße .....	33

Abbildung 22: Erkennung der Schienenfahrzeugnummer in Abhängigkeit von der Auflösung des Bildes und der Zeichengröße.....	35
Abbildung 23: Verlauf Akkustand der Sensormodule über einen Zeitraum von ca. 1 Monat .....	36
Abbildung 24: Verlauf Akkustand der Sensormodule über einen Zeitraum von ca. 2 Monaten .....	37
Abbildung 25: Typische Kurve für die Umrechnung der verbleibenden Restspannung auf den Akkustand in % für Lithium-Ionen Akkus .....	37
Abbildung 26: Konfiguration des Systems SmartBlock ohne Sensormodul.....	46
Abbildung 27: Integration von SmartBlock in die derzeitige bzw. zukünftige IT-Landschaft der ÖBB.....	55
Abbildung 28: Smartphone als Bedienplattform für das System zur digitalen Zugvorbereitung (PORTHOS) .....	59

## TABELLENVERZEICHNIS

Tabelle 1: Kostenschätzung HS-Aufrüstung.....	48
---	----

## ABKÜRZUNGEN, BEGRIFFE UND DEFINITIONEN

Abkürzung / Begriff	Definition / Beschreibung
ARAMIS-D	Advanced Railway Automation, Management and Information System-Disposition
AP	Arbeitspaket
API	Application Programming Interface
BLE	Bluetooth Low Energy
BMK	Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie
Bsb	Betriebsstellenbeschreibung
CAD	Computer-Aided Design
CENELEC	Comite Europeen de Normalisation Electrotechnique (Europäisches Komitee für elektrotechnische Normung)
CRC	Cyclic Redundancy Check
DB	Datenbank
EU	Eisenbahnunternehmen / Überbegriff für Infrastrukturbetreiber und EVU
EVA	Elektronische Versubstraßen Anforderung
EVU	Eisenbahnverkehrsunternehmen
FFG	Österreichische Forschungsförderungsgesellschaft
GPS	Global Positioning System

Abkürzung / Begriff	Definition / Beschreibung
GSM-R	Global System for Mobile Communications – <i>Railway</i>
GUI	Graphical User Interface
HMI	Human Machine Interface
HS	Hemmschuh(e)
ID	Identifikator
IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers
Infra Info Hub	Info Hub - Portal, das als Zugang für Daten der ÖBB-Infrastruktur AG dient
Infra TIS	Train Information System der ÖBB Infrastruktur AG
IT	Informationstechnik
MoTis	Mobiles Transportinformationssystem (Zugdateneingabe)
NFC	Near Field Communication
ÖBB	Österreichische Bundesbahnen
OCR	Optical Character Recognition
PORTHOS	Digitalisierung Zugvorbereitung der ÖBB
REC	Rail Expert Consult GmbH
REST API	Representational State Transfer API
RFID	Radio Frequency Identification
SNNB	Schienennetz-Nutzungsbedingungen

Abkürzung / Begriff	Definition / Beschreibung
SSO	Single Sign On
TIM	Triebfahrzeugführer Informations- Managementsystem
Tfzf	Triebfahrzeugführer
Toolchain	Systematische Sammlung von Werkzeug- Programmen zur Entwicklung von Software
UIC	Union Internationale des Chemins de fer (Internationaler Eisenbahnverband)
UID	Unique Identifier
WLAN	Wireless Local Area Network