Technische Universität Berlin

(1)

Überwachungsstrategien für Kühlguttransporte im Schienengüterverkehr

Friedjof Stork | Fachgebiet Schienenfahrzeuge | Ergebnispräsentation Masterarbeit

Inhalt

- Stand der Technik
- Messkampagne
- Auswertung
- Ausfallszenarien und Alarmprofile
- Elektronische Ladegutüberwachung
- Handlungsempfehlungen
- Schlussfolgerungen

Kühlladeeinheiten für kombinierten Verkehr (KV)

- ISO Kühlcontainer (Reefer-Container)
- Kühlsattelauflieger
- Kühlwechselbrücken

- Integriertes Kühl- und Heizaggregat
- Ca. 80mm Polyurethan Isolation

(2)

(3)

(4)

Energieversorgung von Kühlladeeinheiten

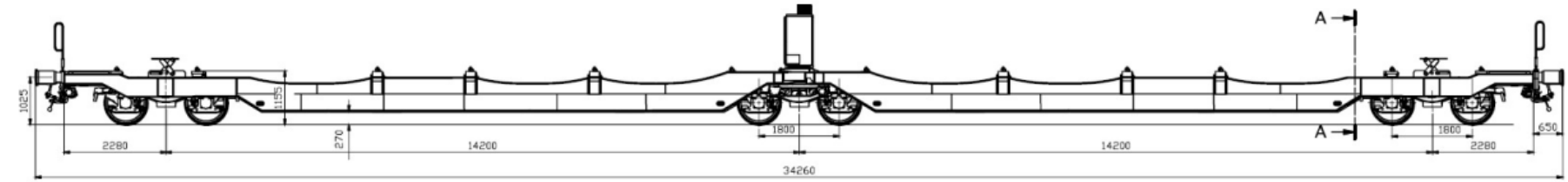
- ISO Kühlcontainer:
  - Externe Einspeisung 380V - 460V mit 50Hz - 60Hz
  - Dieselbetrieben durch Clip-On-Genset
  - Anschluss CEE 4-Pol. 32A 3h

- Kühlsattelauflieger und Kühlwechselbrücken:
  - Dieselmechanisch oder -elektrisch
  - Elektrische Einspeisung möglich
  - Anschluss CEE 5-Pol. 32A 6h

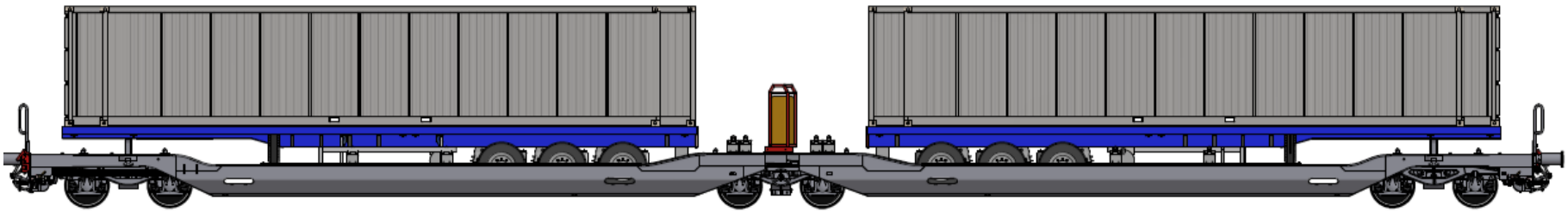
(5)

Energieversorgung von Kühlladeeinheiten - Bahntransport

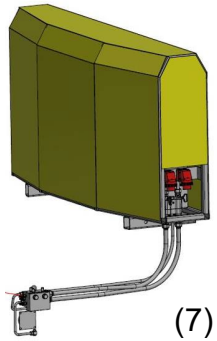
- Dieselbasiert
  - Clip-On-Genset
- Netzbasiert
  - Wascosa e-car®
  - Umrichter an Zugsammelschiene
  - 1~ DC/AC 1000V - 3000V mit 16Hz - 50Hz
  - 3~ AC 400V mit 50Hz
- Akkubasiert
  - SWS-Powerbox®
  - Achsgeneratoren laden Batteriespeicher (18/36/72 kWh)
  - Umrichter generiert 3~ AC 400V mit 50Hz



(6)



(7)



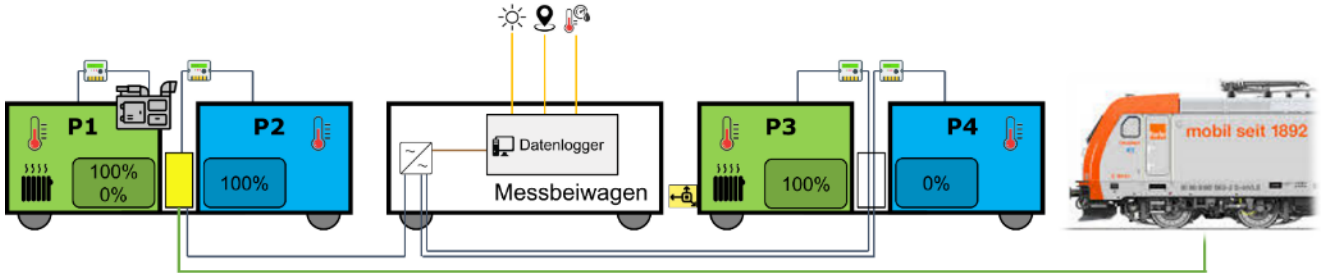
(7)

Messkonzept

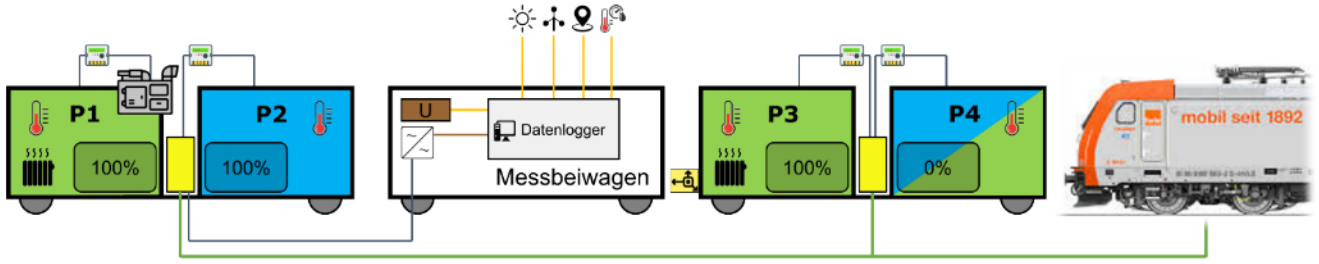
- Messfahrten 16.-21. August 2021 und 08.-13. November 2021
- Hauptforschungsprojekt der Messkampagne: „**Analyse des Energiebedarfs von Kühlcontainern auf der Schiene**“
- Sensitivitätsanalyse von Einflussfaktoren (z.B. Außentemperatur)
- Gefördert durch Deutsches Zentrum für Schienenverkehrsforschung
- Beteiligte:
  - TU Berlin Fachgebiet Schienenfahrzeuge
  - Havelländische Eisenbahn AG
  - Hartmann Rail Consult
  - Wascosa AG
- Daten werden für die Masterarbeit ausgewertet

Messzugkonfiguration

Sommermessung



Wintermessung



400V 50Hz
230V 50Hz
1000V 16,7Hz Zugsammelschiene
Datenkabel Sensoren
Beladung

Genset
Frischecontainer
Eiscontainer
Heizlüfter
400V/230V Umrichter
Wagen-Umrichter
Spannungsausfall - Messbox

GPS Sensor
Temperatur- und Feuchtefühler
Temperaturfühler
Pyranometer
Leistungsmessgerät
Beschleunigungsmessgerät
Windsensor

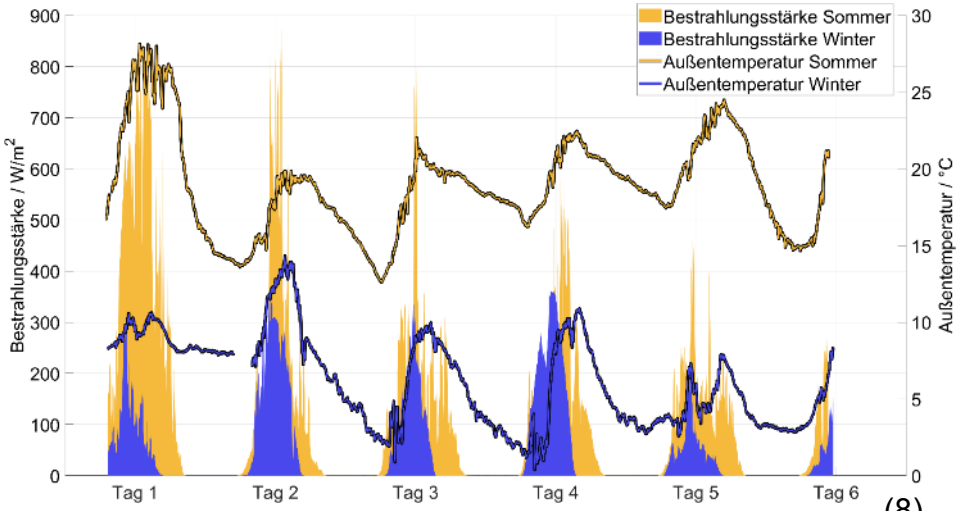
(8)

Messzugkonfiguration

(1)

Allgemeine Erkenntnisse

- Gesamtstrecke: 4315km
- Gesamtdauer: 247h
  - 55,2h Fahrt
  - 162,3h Nachtabstellung



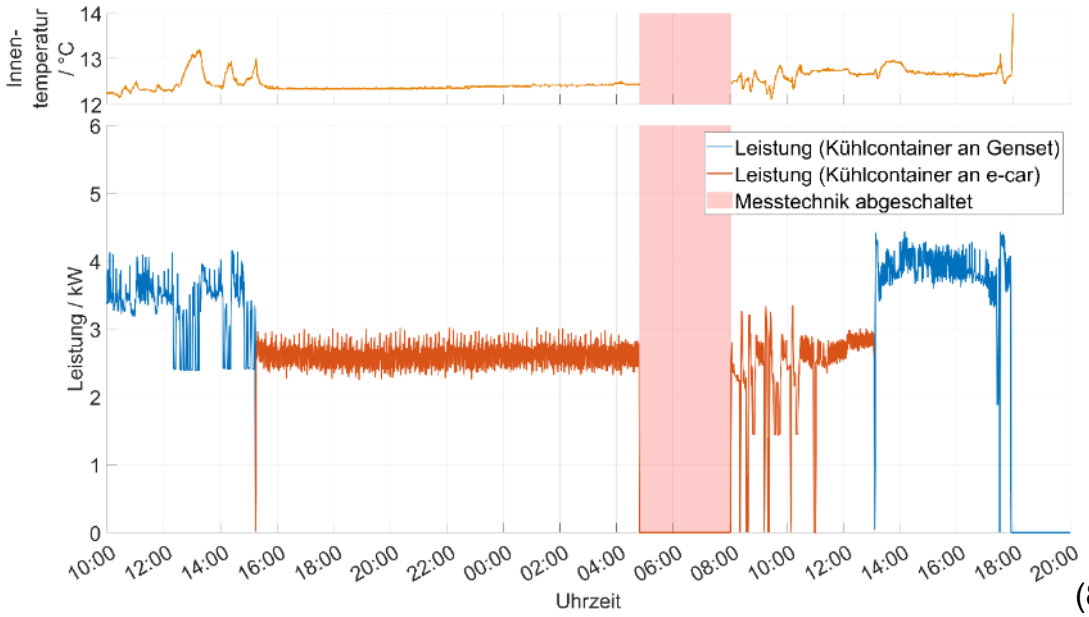
(8)

Setpoint	Beladung	Versorgung	Sommermessung		Wintermessung	
			Mittlere Leistung	95% Abdeckung Leistung	Mittlere Leistung	95% Abdeckung Leistung
13°C	ja	Genset	4.27 kW	4,98 kW	3.14 kW	4,33 kW
13°C	nein	Genset	3.85 kW	4,37 kW	-	-
13°C	ja	e-car	2.89 kW	3,77 kW	1.98 kW	3,01 kW
13°C	nein	e-car	-	-	1.9 kW	3,27 kW
-18 °C	ja	e-car	2.56 kW	4,08 kW	1.1 kW	3,41 kW
-18 °C	nein	e-car	1.85 kW	4,36 kW	1.13 kW	3,56 kW

Leistungsaufnahme Genset ⇔ e-car

Höhere Leistungsaufnahme des Gensets basierend auf:

- Höherer Speisefrequenz (60 Hz statt 50 Hz) → Höhere Drehzahl des Kompressors
- Höhere Eingangsspannung (480 V statt 385 V)



(8)

Versorgungszuverlässigkeit

- P1 (Genset)
  - 99,24%
  - 0,64h Unterbrechung
- P2 (e-car®)
  - 93,56%
  - 15,81h Unterbrechung
- P3/4 (e-car®)
  - 93,78%
  - 15,36h Unterbrechung

Dauer der Spannungsunterbrechungen in Stunden

	Messung August						Messung November					
P1	0	0.06	0.03	0.03	0.03	0.03	0.04	0.27	0.02	0.03	0.03	0.07
P2	4.04	1.55	1.28	1.25	1.36	0.6	0.71	0.56	1.67	1.29	1.07	0.43
P3	4.04	1.55	1.28	1.25	1.36	0.6	0.61	0.44	1.62	1.19	1	0.42
P4	4.04	1.55	1.28	1.25	1.36	0.6	0.61	0.44	1.62	1.19	1	0.42
	16.08.	17.08.	18.08.	19.08.	20.08.	21.08.	08.11.	09.11.	10.11.	11.11.	12.11.	13.11.

(9)

Durchschnittliche Dauer der Unterbrechungen in Minuten

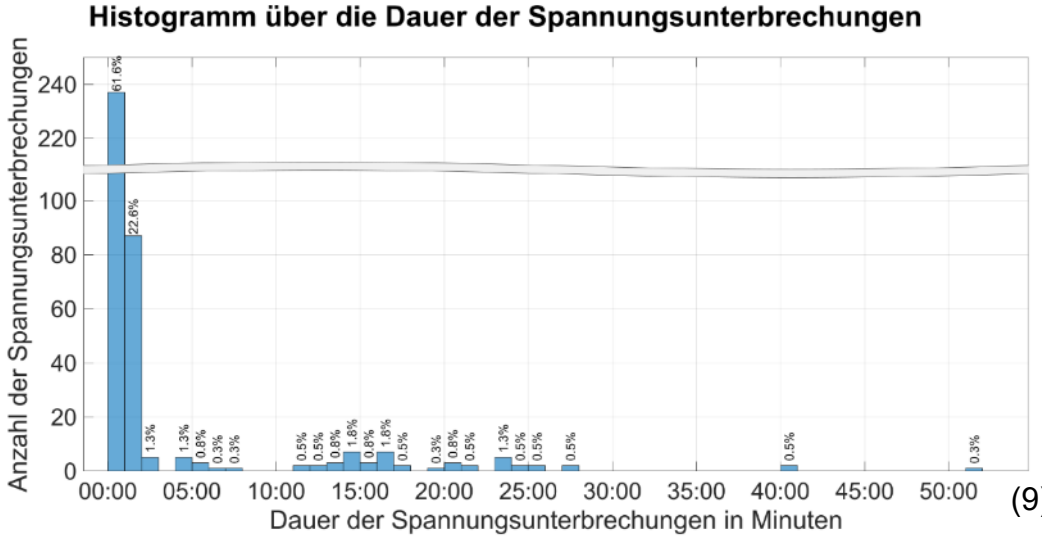
	Messung August						Messung November					
P1	0	1.19	0.79	0.78	0.83	0.78	1.16	1.5	0.74	0.79	0.8	1.11
P2	3.07	3.57	3.06	2.27	2.15	1.21	2.86	1.77	7.72	4.29	4.26	6.49
P3	3.07	3.57	3.06	2.27	2.15	1.21	9.13	3.8	13.85	8.91	7.51	12.45
P4	3.07	3.57	3.06	2.27	2.15	1.21	9.13	3.8	13.85	8.91	7.51	12.45
	16.08.	17.08.	18.08.	19.08.	20.08.	21.08.	08.11.	09.11.	10.11.	11.11.	12.11.	13.11.

(9)

Analyse der Unterbrechungsdauer

- 84,2% der Unterbrechungen sehr kurz (ca. 1-2 Minuten)
  - Schutzstrecken und unbekannte Unterbrechungen
- 11,1% der Unterbrechungen kurz (10-25 Minuten)
  - Fahrtrichtungswechsel und Anschluss an Zugvorheizanlage
- 0,8% länger als 30 Minuten

- Umlade-Vorgang im KV-Terminal deutlich länger
- Empfehlung dafür maximal 4 Stunden



(9)

Anzahl Versorgungsunterbrechungen

- 81 protokollierte Unterbrechungen im Messfahrt Protokoll
  - Schutzstrecken
  - Fahrtrichtungswechsel (Kopf machen)
  - Anschluss an externe Zugvorheizanlage
  - Lokstörung
- Große Abweichung zur realen Anzahl von Unterbrechungen
- P3/P4 im November keine Abweichung
- Grund von 80% bzw. 57% der Unterbrechungen unbekannt

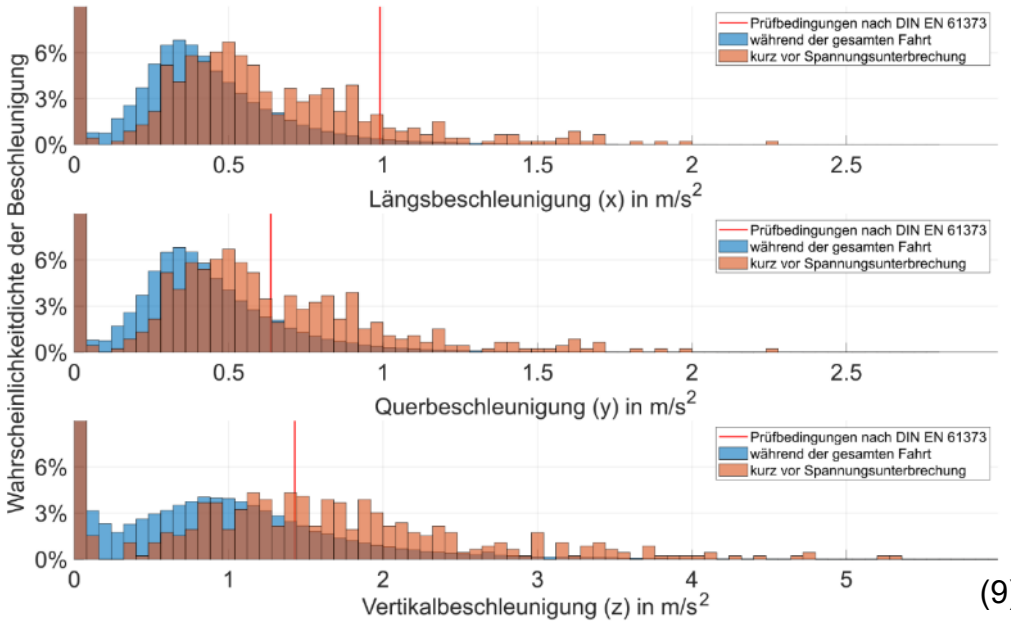
Anzahl der Spannungsunterbrechungen

	Messung August						Messung November					
	16.08.	17.08.	18.08.	19.08.	20.08.	21.08.	08.11.	09.11.	10.11.	11.11.	12.11.	13.11.
P1	1	4	3	3	3	2	2	12	3	3	3	4
P2	79	26	25	33	38	30	15	19	13	18	15	4
P3	79	26	25	33	38	30	4	7	7	8	8	2
P4	79	26	25	33	38	30	4	7	7	8	8	2

(9)

Beschleunigungsanalyse

- Analyse jeweils 2s vor Unterbrechung
- y- und z-Richtung, viele Werte oberhalb der Prüfbedingungen
- Große Beschleunigungen ca. 2- bis 4-mal wahrscheinlicher als Durchschnitt
- Deutet auf technischen Defekt oder gelöste Steckverbindung hin
- Tendenz erkennbar aber keine klare Korrelation

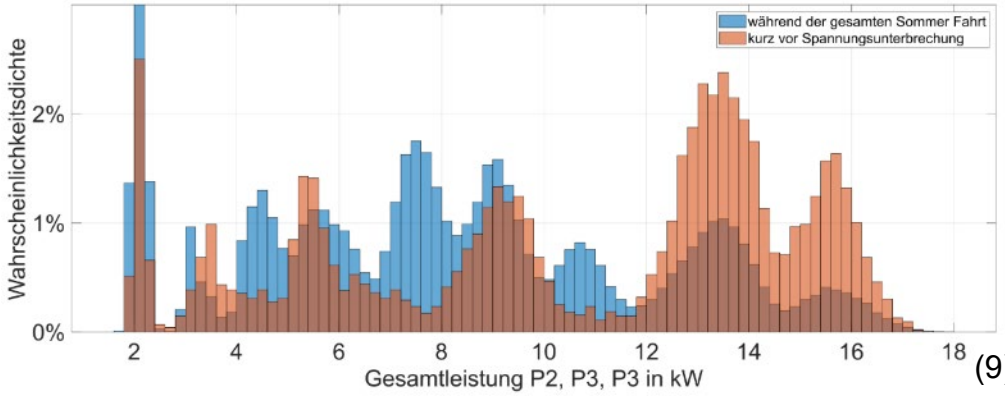


(9)

Leistungsanalyse

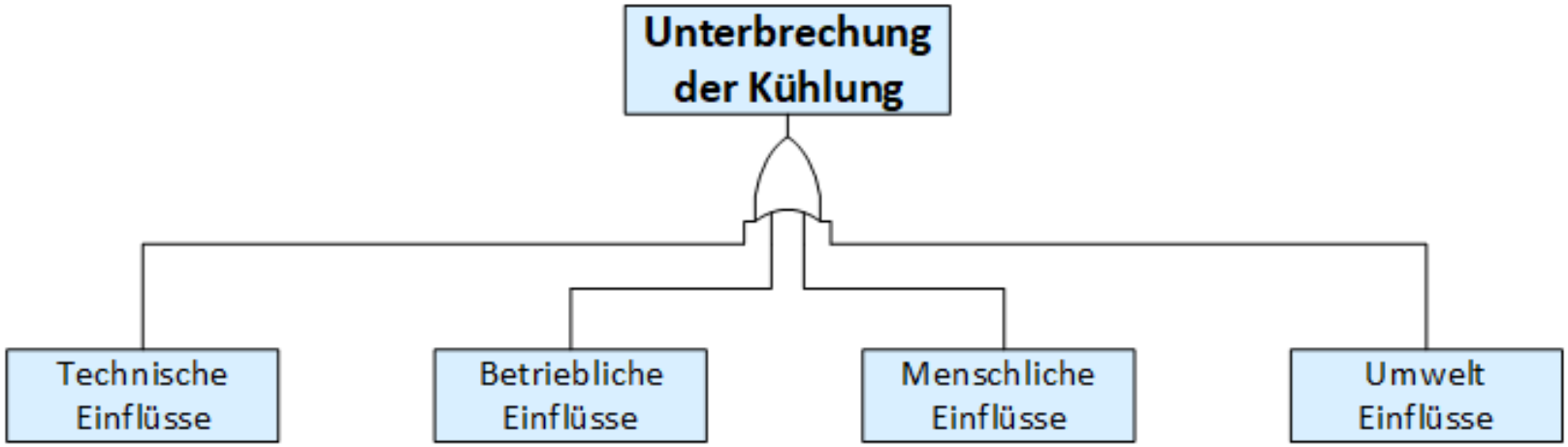
- Nur August Messfahrt, da drei Container an einem Umrichter
- Hohe Leistung 30s vor Unterbrechung 2- bis 4-mal wahrscheinlicher als Durchschnittsleistung
- Deutet auf Überlast Abschaltung hin
- Umrichter für 2x 15kVA dimensioniert – kein Betrieb an Leistungsgrenze

- Tendenz erkennbar aber unterhalb der Leistungsgrenze



(9)

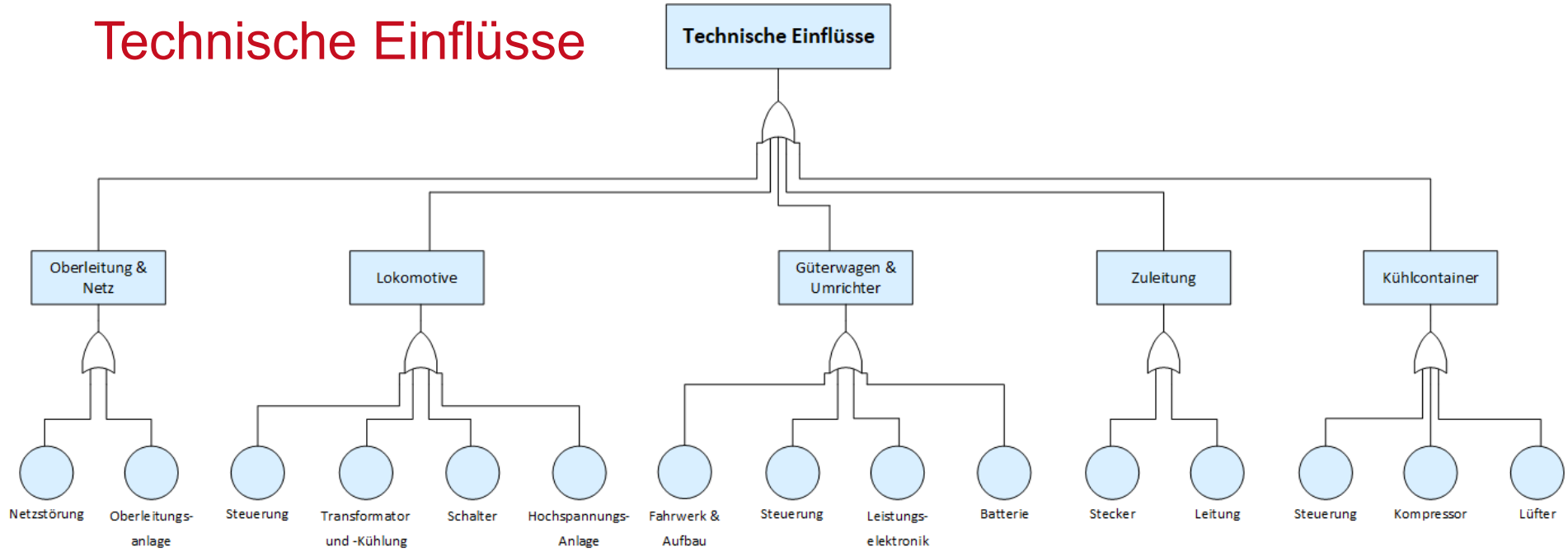
Ausfallszenarien



Alarmprofile

- Alarme werden an Disponenten gemeldet
  - Möglichst zeitnahe Meldung
  - Keine Fehlalarme
- Präzise Alarmprofile verknüpfen mehrere Datenquellen
- Datenquellen können sein:
  - Status Energieversorgung
  - Temperatur
  - Ort
  - Fahrplan
  - weitere

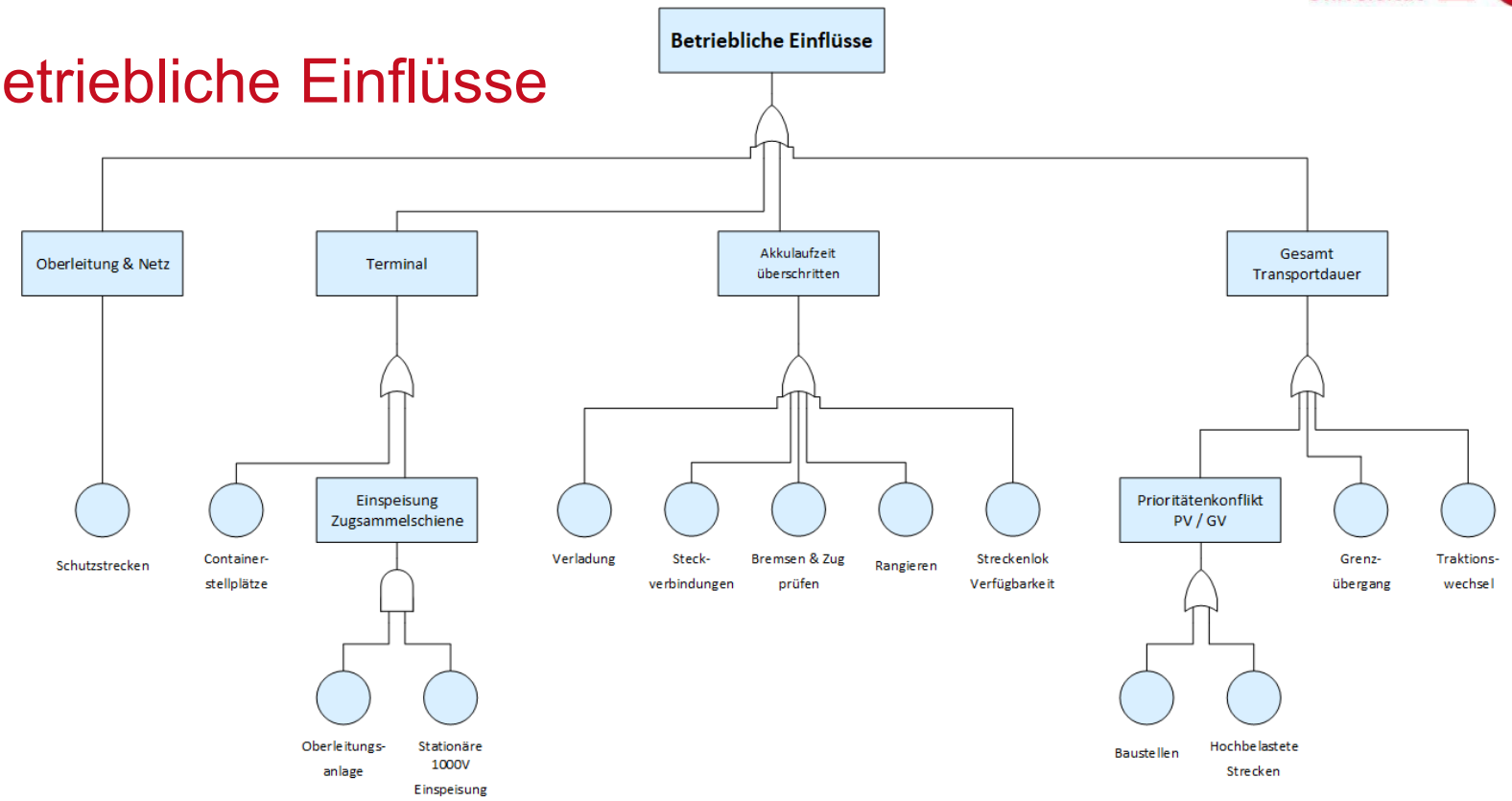
Technische Einflüsse



Datenquellen für Alarmprofile:

- Infrastrukturbetreiber, Loksteuerung, Güterwagen-Telematik, Umrichter, Batteriemanagementsystem, Kühlcontainersteuerung

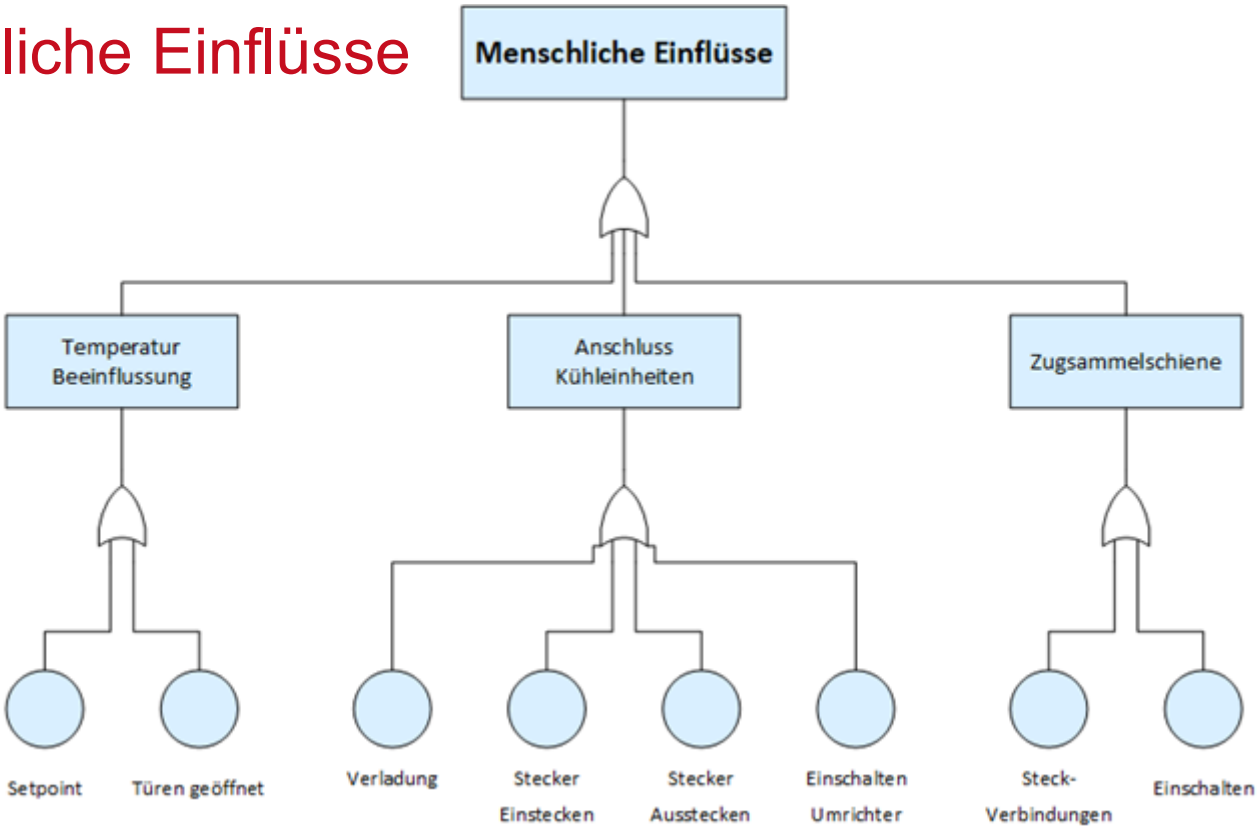
Betriebliche Einflüsse



Datenquellen für Alarmprofile:

- Fahrplan, Zugposition, Güterwagen-Telematik, Umrichtersteuerung, Batteriemanagementsystem, Kühlcontainersteuerung

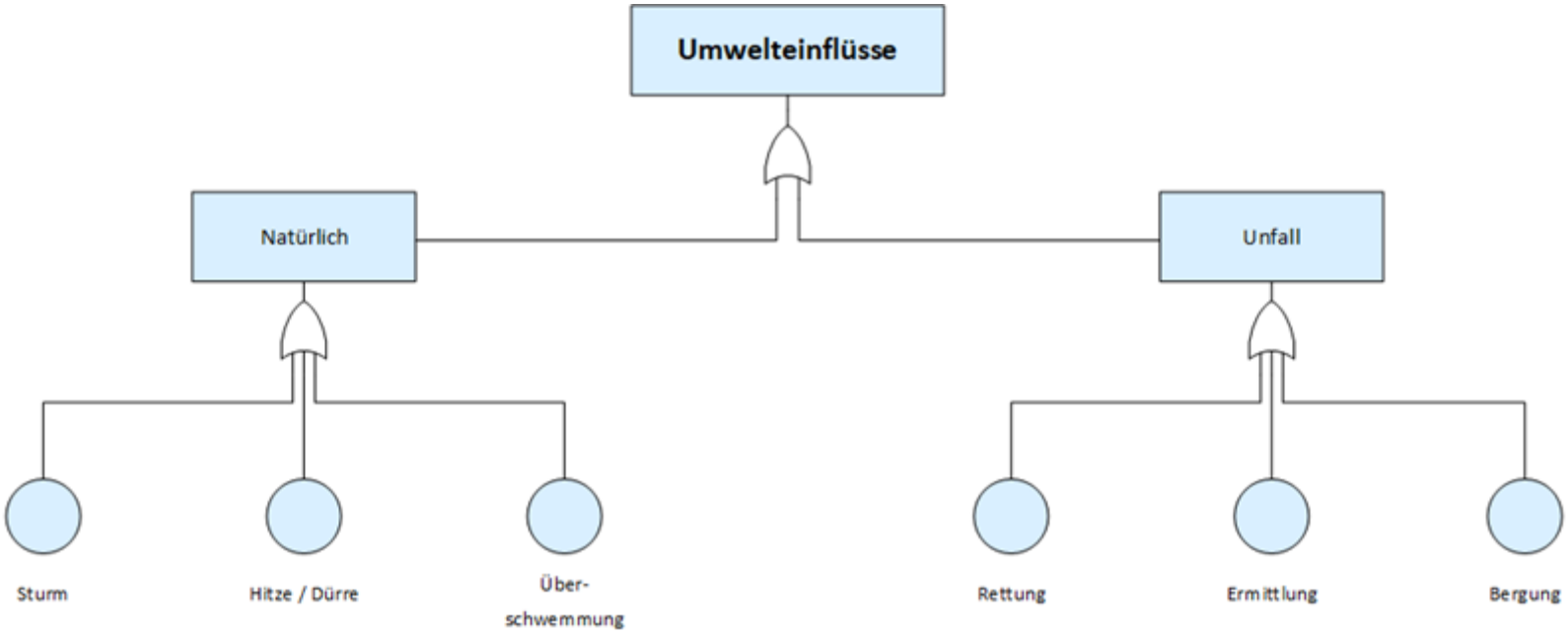
Menschliche Einflüsse



Datenquellen für Alarmprofile:

- Kühlcontainersteuerung, Türüberwachung, Steckerüberwachung, Umrichtersteuerung, Loksteuerung

Umwelteinflüsse



Datenquellen für Alarmprofile:

- Wetterdaten, Infrastrukturbetreiber, Zugposition, Loksteuerung, Güterwagen-Telematik, Kühlcontainersteuerung

Anforderungen an temperaturgeführte Transporte

EU Verordnung 852/2004 (EG), DIN EN 12830 und der Verordnung über tiefgefrorene Lebensmittel (TLMV)

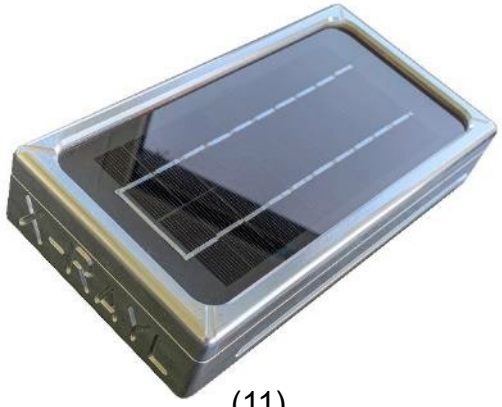
- Überwachung der Beförderungstemperatur
- Aufbewahrung der Messwerte über mindestens ein Jahr
- Ein mal jährlich Temperaturschreiberprüfung

- Datenlogger zwischen der Ware
- Protokollierung durch Kühlmaschinensteuerung

(10)

Telematikgeräte im Transportsektor

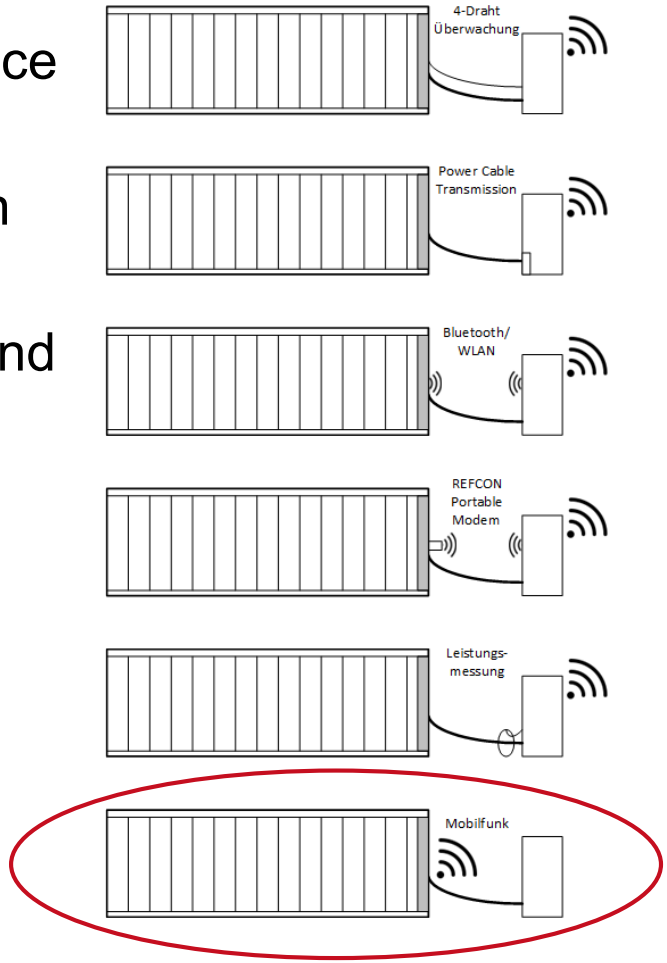
- Geräte zur Überwachung von
  - LKW Zugmaschinen und Trailer, PKW, e-Scooter etc.
  - Güterwagen und Lokomotiven
  - Ladungsträger und Container
- Bestandteile:
  - Autarke oder Abhängige Energieversorgung
  - Rechen und Speichereinheit
  - Kommunikationseinheit (Mobilfunk, Satellit)
  - Positionsbestimmung
  - Sensorik



(11)

Maritime Überwachungssysteme für Kühlcontainer

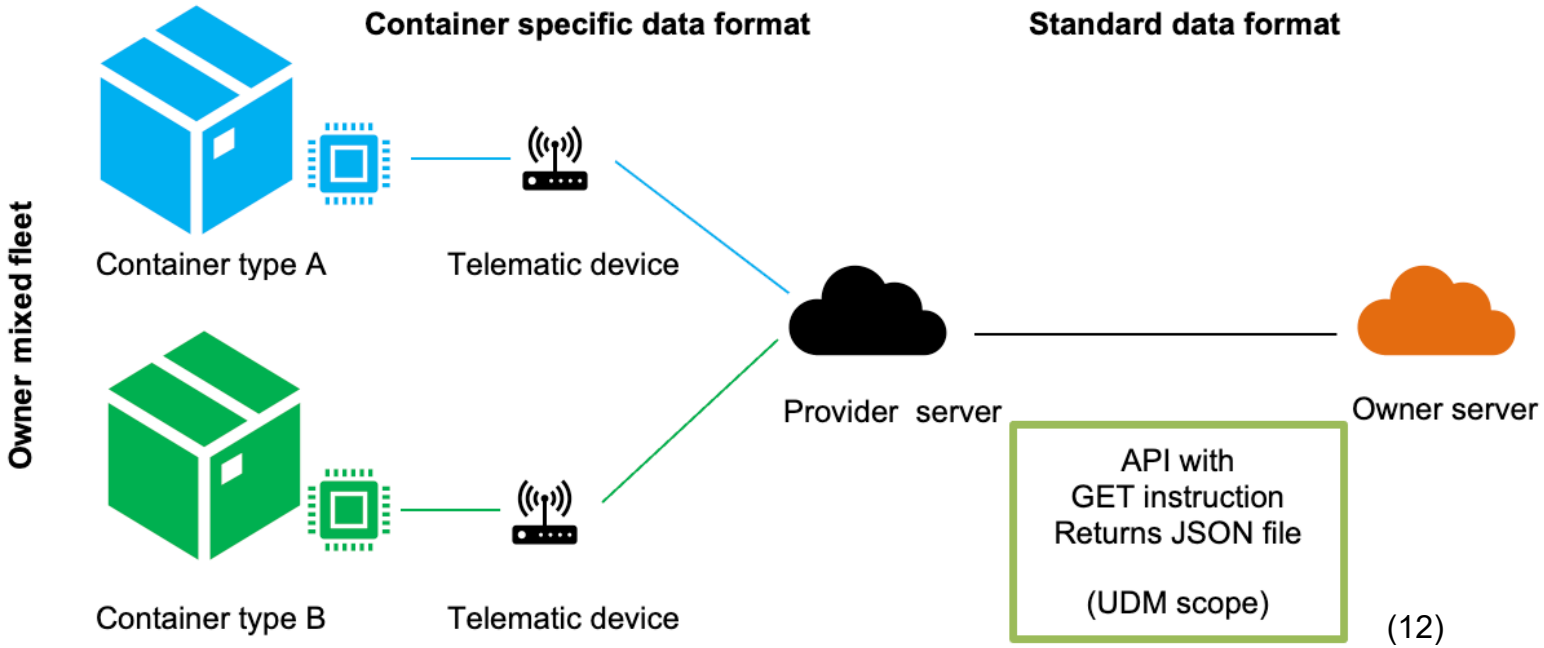
- Zentrale Überwachung im Cargo-Office eines Schiffs
- Viele Systeme, mit Unterschiedlichen Standards
- Abwägung zwischen Kompatibilität und Informationsgehalt
- Oft wirtschaftliche Entscheidung



Favorisierte Lösung

(9)

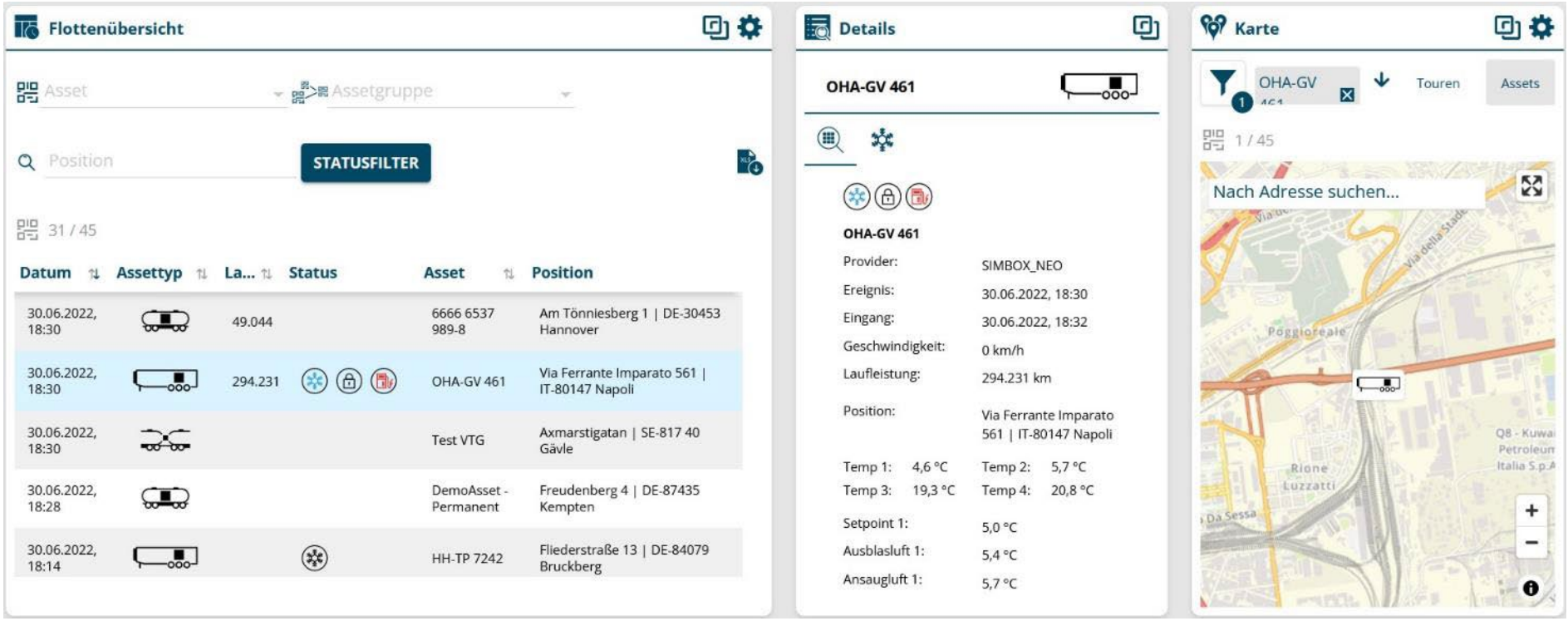
Webanbindung der Überwachungssysteme



(12)

Serverstruktur zur Übertragung, Protokollierung und Analyse der erhobenen Daten

Webanbindung der Überwachungssysteme



(13)

- Benutzerfreundliches Dashboard für Dispositionsaufgaben
- Alarmprofile in Dashboard aktivierbar

Vorschläge für Güterwagenhalter

- Ausrüstung mit Güterwagen-Telematik zur zeitnahen Detektierung von Unregelmäßigkeiten
  - Mindestens Leistungsüberwachung
  - Steckererkennung, Batterieüberwachung (SOC, SOH)
- Automatisierte Funktionsprüfung der Güterwagenelektronik
  - Technische Defekte vor Beladung erkennen
- Servicenetzwerk für Elektrotechnische Arbeiten an Güterwagen
- Erweiterte Überwachung prüfen, wenn regelmäßige Verkehre mit gleicher Überwachungsmethode durchgeführt werden

Empfehlungen für Speditionen und Eisenbahnverkehrsunternehmen

- Richtlinien, Handbücher und Verhaltensregeln formulieren
- Schulung der Mitarbeiter im Umgang mit Kühlgut
- Zuständigkeiten für alle Tätigkeiten zuweisen
- Disposition mit leistungsfähigem Web-Dashboard ausstatten

- Kühlcontainer-Servicenetzwerk zur zeitnahen Fehlerbeseitigung
- Kühlgutverkehr in Havarie-Management einbeziehen
- Fahrtrouten mit wenig Stillstand wählen

Hinweise für KV-Terminal Betreiber

- Containerstellplätze mit Energieversorgung mit Reserven Vorhalten
- Bereitstellung von Clip-On-Gensets für Vor- und Nachlauf per LKW
- Steckerüberwachung vor anheben eines Containers
- Abläufe für möglichst kurze Versorgungsunterbrechungen optimieren

Informationen für Telematiksystemhersteller

- Standardisierte Geräte für mehr Branchen
- Anwendung des UDM Kommunikationsprotokolls
- Umrichter-Bereitschaft vor Beladung überprüfen

Anregungen für Dispositionsportalbetreiber

- Anwendung des UDM Kommunikationsprotokolls
- Verknüpfung von Container- und Güterwagen-Telematik ermöglichen
- Weiterentwicklung von Alarmprofilen und automatisierte Deaktivierung bei Entladung
- Vereinfachte Anwendungen für Triebfahrzeugführende und Kranführende Mitarbeiter

Fazit

- Überwachungstechnik ist Vorhanden, jedoch oft nicht eingesetzt
  - Viele verschiedene Standards
  - Hohe Investitionen
- Kaum Erfahrung mit temperaturgeführten Transporten
  - Richtlinien und Abläufe standardisieren
- Messfahrt hat unbekannte Ausfälle gezeigt
  - Müssen automatisiert erkannt werden

- Akteure nur bei zuverlässigem Transport zu Umstieg von Straße auf Schiene bereit

(1)

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit

Friedjof Stork | Fachgebiet Schienenfahrzeuge | Ergebnispräsentation Masterarbeit

Bildnachweise

(1) Aufnahme Tom Knoll
(2) https://www.alconet-containers.com/new-40ft-hc-reefers-available/
(3) https://www.dvz.de/rubriken/management-recht/nfz-und-flottenmanagement/detail/news/der fortschritt-liegt-im-detail.html
(4) https://www.cargobull.com/de/produkte/wechselsysteme/w-ko-cool
(5) Aufnahme Albert Hartmann, Hartmann Rail Consult
(6) Wascosa e-car® Doppeltaschenwagen, Sdggmqqrss, Wascosa AG
(7) Die mobile SWS-PowerBox®, SWS PS Power Solutions GmbH
(8) Abschlussbericht „Analyse des Energiebedarfs von Kühlcontainern auf der Schiene“, Deutsches Zentrum für Schienenverkehrsforschung (DZSF)
(9) Masterarbeit „Strategien zur Erhöhung der Zuverlässigkeit von Kühlguttransporten durch elektronische Überwachung im Schienengüterverkehr“, Friedjof Stork, TU Berlin
(10) https://www.testo.com/de-CH/testo-184-t3/p/0572-1843
(11) https://www.spatialsource.com.au/dots-solar-logistics-tracker-features-u-blox-componentry/
(12) https://www.containerownersassociation.com/wp-content/uploads/2018/03/COA-Reefer-Telematics-UDM-v1-June21.pdf
(13) https://my.nic-place.com/dashboard/