



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Bundesamt für Umwelt BAFU
Office fédéral de l'environnement OFEV
Ufficio federale dell'ambiente UFAM
Uffizi federal d'ambient UFAM

wascosa



Schlussbericht zum Forschungsprojekt

„Energieversorgung von Güterwagen mittels Zugsammelschiene“

Projektleitung:

WASCOSA AG, Luzern, Schweiz

Mitwirkende Unternehmen:

Kolowag AD, Septemvri, Bulgarien

EVPU a.s., Nová Dubnica, Slowakei

Diverse Notified Bodies

Diverse nationale Infrastrukturbehörden

Anzahl Seiten: 23

Datum: 27. März 2019

Inhaltsverzeichnis

1.	Einleitung	4
1.1.	Ausgangslage	4
1.2.	Auftrag	4
1.3.	Projektorganisation	5
2.	Technisches Konzept.....	6
2.1.	Wagen: Containertragwagen 90'.....	6
2.2.	Grobkonzept Elektrifizierung	7
3.	Zulassungsprozess	11
3.1.	Ausgangslage	11
3.2.	Aktueller Stand	11
4.	Betriebstest.....	13
5.	Schallmessung	14
5.1.	Ausgangslage	14
5.2.	Ergebnis der Schallmessung	16
	Anlagen	17
A	Wagen: Containertragwagen 90'.....	18
A.a.	Typenblatt	18
A.b.	Beladeschema	19
B	Umrichter	20
B.a.	Spezifikation	20
B.b.	Abmessungen: 3D-Zeichnung	21
C	Bericht zum Betriebstest	22
D	Bericht Schallmessung.....	23

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Projektorganisation	5
Abbildung 2: technische Zeichnungen CTW 90'	6
Abbildung 3: Elektrisches Grobkonzept	7
Abbildung 4: UIC-Steckverbindungen	7
Abbildung 5: Umrichter-Konzept	8
Abbildung 6: Position des Umrichters beim 90' Containertragwagen	8
Abbildung 7: europäische Netzspannungen	9
Abbildung 8: Positionierung Zugsammelschiene	9
Abbildung 9: Positionierung Niederspannung	10
Abbildung 10: Partner Zulassungsprozess Niederlande	12
Abbildung 11: Zulassungsstatus Doppeltaschen- und 90' Containertragwagen	12
Abbildung 12: elektrifizierter Doppeltaschenwagen mit Sattelaufleger während des Betriebstest	13
Abbildung 13: Messpunkte für Lärmessung 90' Containertragwagen	15

1. Einleitung

1.1. Ausgangslage

Der Lärm von Zügen oder einzelnen Wagen mit dieselbetriebenen Aggregaten ist ein wachsendes Problem. Da die Bahnhöfe und insbesondere die Abstellgleise vorwiegend in überbauten Gebieten mit Wohncharakter liegen, führt dies seitens der betroffenen Anwohner vermehrt zu Lärmbeschwerden. Um die Anwohner insbesondere nachts vor Lärm zu schützen, werden Wagen mit Kühlaggregaten teilweise ausserhalb von Bahnhöfen abgestellt. Dies verursacht betriebliche Einschränkungen, mindert die Leistungsfähigkeit des Eisenbahnnetzes und führt somit zu Mehrkosten.

Die Lösung des Lärmproblems kann darin bestehen, die Kühleinheiten (Trailer oder Container) von Güterwagen über den Bahnstrom zu versorgen.

1.2. Auftrag

Das Ziel des Auftrages besteht darin, den Lärm durch dieselbetriebene Kühlaggregate von Trailern und Containern auf Güterwagen zu reduzieren. Dabei stellen sich folgende Fragen:

- Ziel 1: Wie können Containerwagen elektrifiziert werden?
- Ziel 2: Welche Minderung der Standlärmissionen kann dabei erzielt werden?
- Ziel 3: Ist der elektrifizierte Betrieb solcher Wagen praxistauglich?

Daraus abgeleitet ergibt sich folgender Auftrag:

Die WASCOSA AG:

- Erstellt in Zusammenarbeit mit einem Pilot-Kunden ein technisches Konzept zur Umsetzung der Elektrifizierung von Güterwagen. Das technische Konzept soll auf bewährter Technologie aus ähnlichen Einsatzbereichen basieren.
- Elektrifiziert für den entsprechenden Verkehr zwei Wagen (inkl. Detailplanung, Beschaffung, Installation und Zulassung).
- Führt zusammen mit den Pilot-Kunden mehrmonatige (empfohlen: 3 Monate) Tests unter Alltagsbedingungen durch.
- Führt vergleichende Lärmmessungen für den Betrieb der Kühlaggregate im Diesel- bzw. elektrischen Betrieb durch.

1.3. Projektorganisation

Das Gesamt-Projekt wird von WASCOSA AG geleitet. Für Fachfragen werden interne und externe Experten zugezogen.

Weitere Partner mit entsprechenden Aufgaben sind:

- **Wagenhersteller:** Astra Rail Herstellung der 90' Containertragwagen
- **Wagenhersteller:** KOLOWAG Umbau der Wagen und Montage des Umrichters und der elektrischen Komponenten; Unterstützung bei Konstruktion und Zulassungstests
- **Elektronik Zulieferer:** EVPU Beschaffung von aktiven und passiven elektrischen Bauteilen, Durchführung von notwendigen Messungen, die von den nationalen Zulassungsbehörden gefordert werden
- **Pilotkunde:** TfK Betriebstest der Wagen in Schweden
- **Zulassungsstellen:** Diverse Klärung von regulatorischen Fragen
- **Fachexperte (Lärm):** Dr. Wiemers Durchführung und Beurteilung der Lärmmessungen
- **Fachexperte (EMC):** Uwe Rörden Beratung zu EMC Messungen

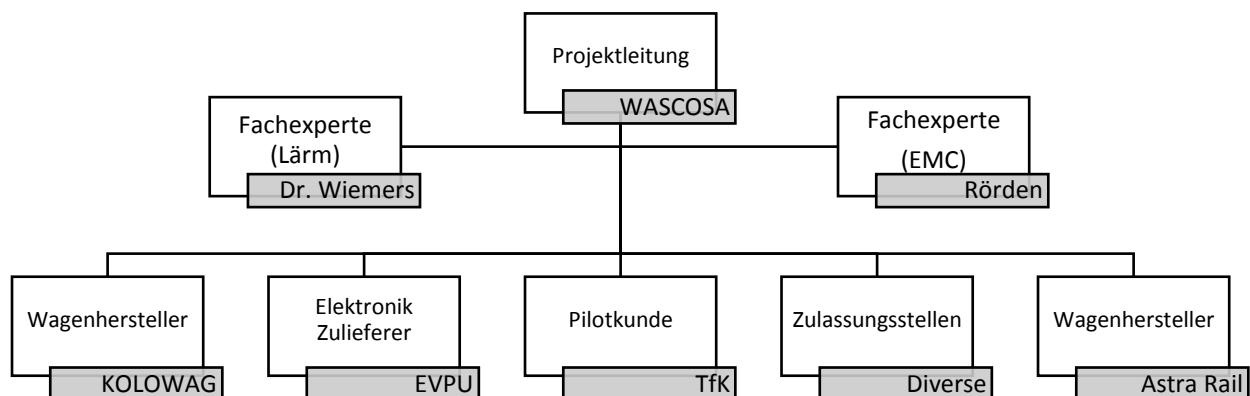


Abbildung 1: Projektorganisation

2. Technisches Konzept

2.1. Wagen: Containertragwagen 90'

Zur Umsetzung des Projektes „Energieversorgung von Güterwagen mittels Zugsammelschiene“ sollen Standard Containertragwagen 90' (CTW 90') der Gattung Sgmrss mit einem Umrichter und Steckverbindungen ausgestattet werden.

Die Wascosa AG hat von ASTRA RAIL Industries S.R.L. in Arad, Rumänien insgesamt 22 Wagen, der o.g. Gattung erworben. Die technischen Details der Wagen kann den nachfolgenden Zeichnungen entnommen werden.

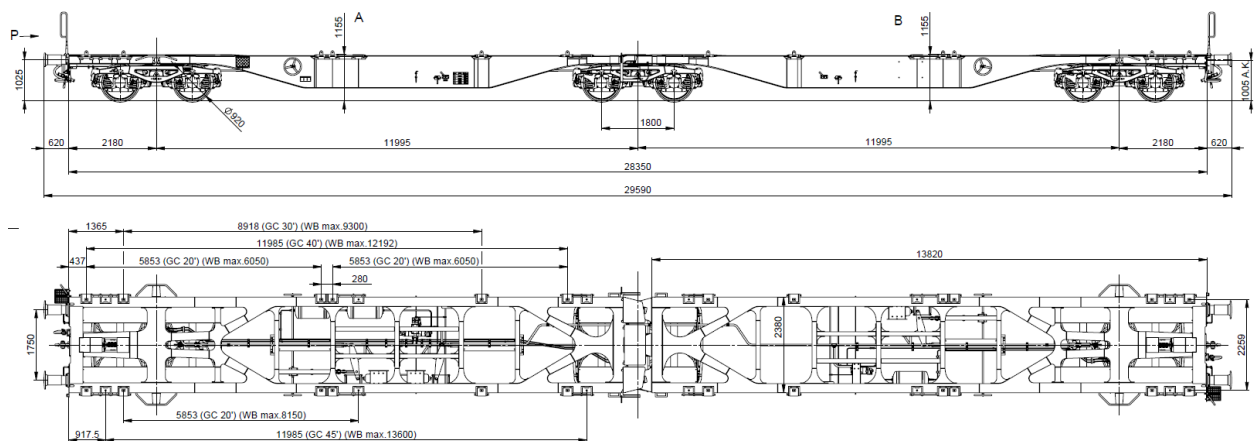


Abbildung 2: technische Zeichnungen CTW 90'

Das Typenblatt sowie das entsprechende Beladeschema ist der Anlage A (Seite 15 und 16) zu entnehmen.

Die Standard 90' Containertragwagen wurden dem Wagenhersteller Kolowag in Septemvri, Bulgarien zugeführt und zu elektrifizierten Wagen umgebaut.

Geringfügige Veränderungen am Wagen wurden geplant und umgesetzt. Zu diesen gehören:

- Diverse Durchbrüche in der Wagenkonstruktion
- Verlegung der Hauptdruckleitung im Bereich des Umrichters
- Anbringung von diversen Blechen zur Befestigung von elektrischen Steckern
- Montage des Umrichters und der Steckverbindungen (High- und Lowvoltage)

2.2. Grobkonzept Elektrifizierung

In Anlehnung an den Personenverkehr wurden die 90' Containertragwagen mit einem Umrichter und einer Zugsammelschiene ausgerüstet. Hierbei stammen alle Komponenten aus dem Einsatzbereich des Personenverkehrs. Der Umrichter und die Verkabelung werden fest mit dem Wagenrahmen verbunden. Zwischen den Wagen kommen übliche UIC-Steckverbindungen zum Einsatz.

Die elektrische Verkabelung am Wagen kann der nachfolgenden Grafik entnommen werden.



Abbildung 3: Elektrisches Grobkonzept

Die einzelnen Komponenten für die Elektrifizierung setzen sich wie folgt zusammen:

- 1 Zugsammelschiene rot
- 2 UIC-Steckerverbindung zwischen den Fahrzeugen
- 3 Umrichter auf jedem Fahrzeug
- 4 Niederstromkabel gelb
- 5 Niederstrom Anschluss für jede Kühleinheit

Das elektrische Konzept für die Zugsammelschiene (Hochspannung) und die Niederspannungsverteilung wurde in Anlehnung an die Konzepte welche im Personenschienenverkehr seit Jahren eingesetzt werden entwickelt. Dazu wird durch den gesamten Wagen eine Hochspannungsleitung verlegt. An den beiden Wagenenden und zwischen den einzelnen Wagen kommen Standard UIC-Steckverbindungen, siehe Abbildung 4, zum Einsatz.



Abbildung 4: UIC-Steckverbindungen

Die Hochspannungsleitung wird auf einer Seite in den Umrichter geführt. Der Umrichter wandelt dabei die Hochspannung zwischen 1'000 – 3'000 V in eine Niederspannung von 400 V um. Diese verlässt den Umrichter auf der gegenüberliegenden Seite und speist die Kühl-Container auf dem Wagen. Eine Zugsammelschiene verbindet die einzelnen Wagen im Zugverband.

Der eingesetzte Umrichter ist ein Serienprodukt welcher standardmässig im Personenschienenverkehr zum Einsatz kommt. Hersteller ist die Firma EVPU in Nová Dubnica, Slowakei. Der Umrichter wurde lediglich in seinen Dimensionen verändert und dazu ein passendes neues Gehäuse entworfen. Die Platzverhältnisse an den bestehenden Standard CTW 90' erforderten die Anpassungen der Maße des Umrichters, in der folgenden Abbildung ist der Aufbau des Umrichters beschrieben.

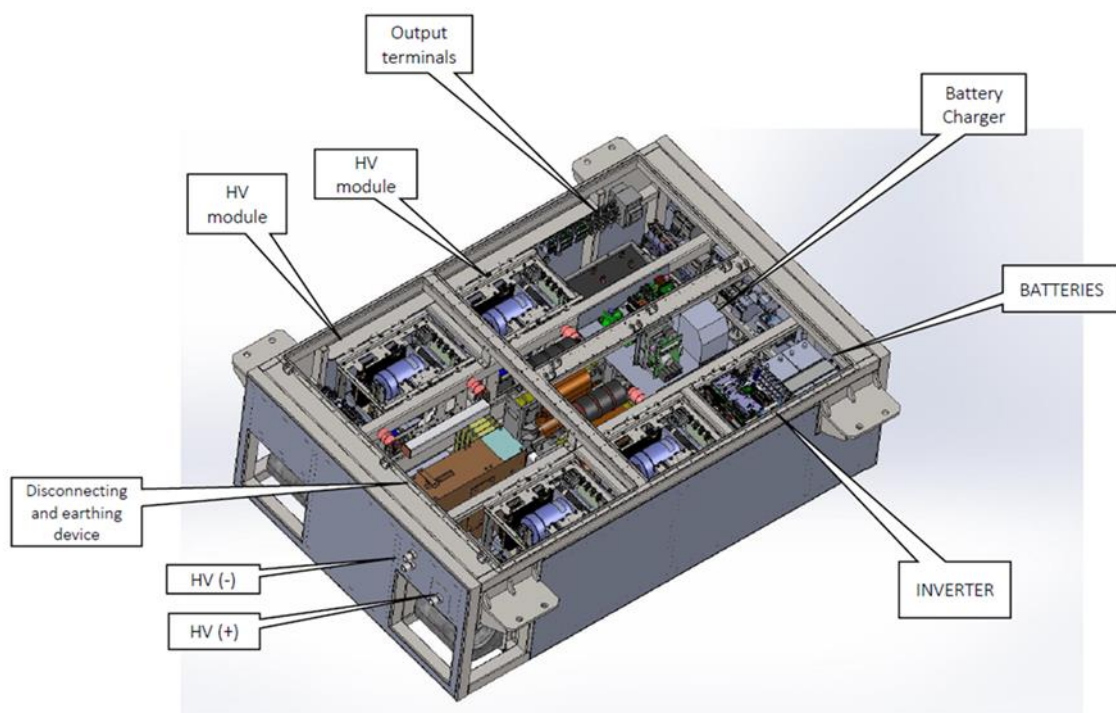


Abbildung 5: Umrichter-Konzept

Der Umrichter ist bei den 90' Containertragwagen in den Wagenrahmen integriert (siehe Abbildung 6).

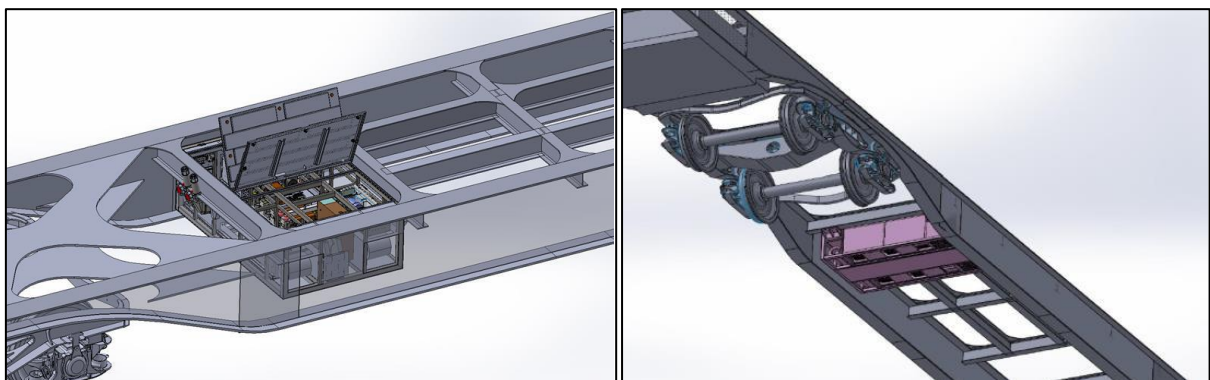


Abbildung 6: Position des Umrichters beim 90' Containertragwagen

Der Umrichter hat die Eigenschaft, dass er alle europäischen Netzspannungen in die gewünschte Niederspannung von 400 V für ein Betrieb der Kühl-Geräte an den Containern transformieren kann. Dies ermöglicht den Einsatz der Wagen auf dem gesamten europäischen Eisenbahnstreckennetz ohne Einschränkungen am Umrichter bei Grenzübertreten.

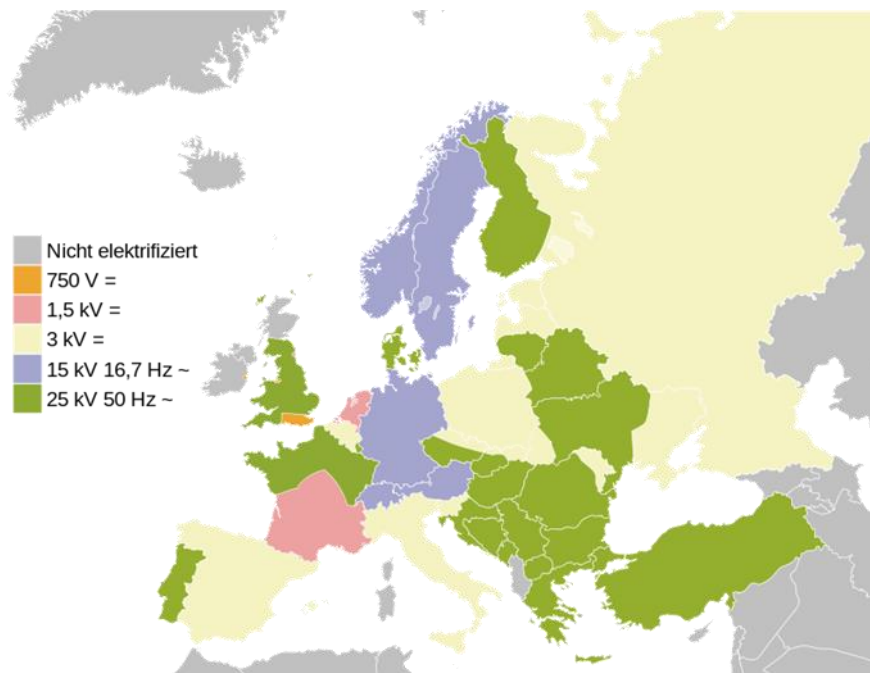


Abbildung 7: europäische Netzspannungen

Die wichtigsten Elemente für die Kombination des 90' Standard Containerwagen wurden bereits beschrieben, nachfolgend wird der Aufbau und die Struktur anhand von Zeichnungen dargestellt:

🔦 Zugsammelschiene (Starkstromleitung)

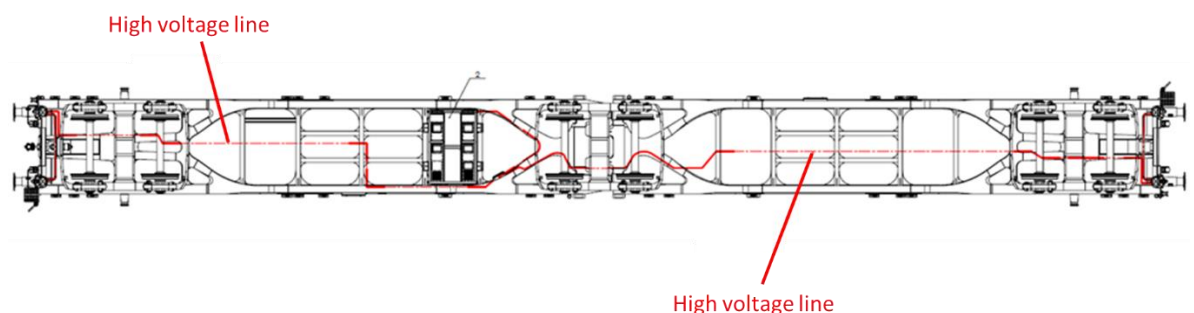


Abbildung 8: Positionierung Zugsammelschiene

⦿ Niederspannungsleitung

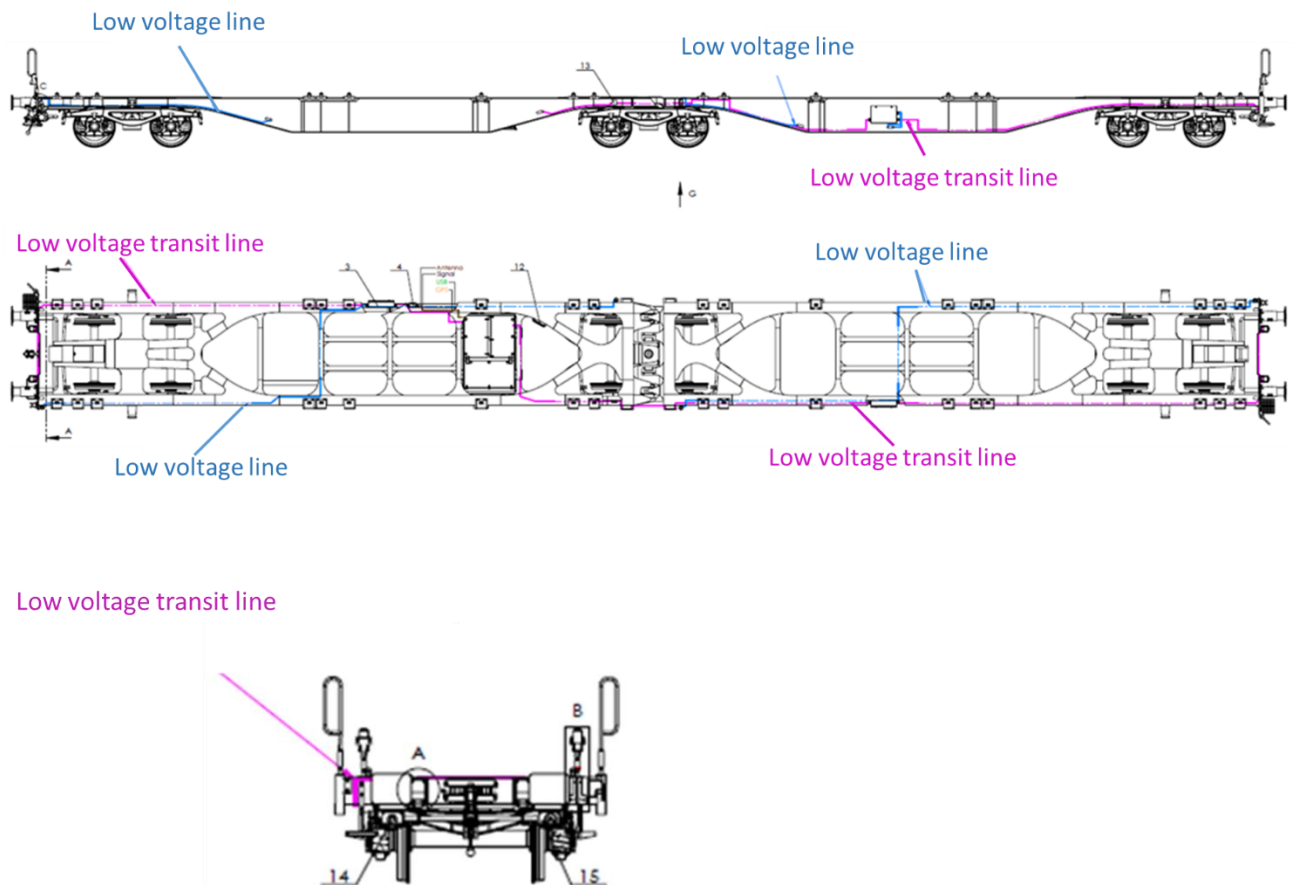


Abbildung 9: Positionierung Niederspannung

3. Zulassungsprozess

3.1. Ausgangslage

Neben 90' Containertragwagen, hat Wascosa auch Doppeltaschenwagen mit Zugsammelschiene ausgerüstet. Das Elektrifizierungskonzept der beiden Wagentypen ist identisch. Einziger Unterschied ist die Position des Umrichters. Beim 90' Containertragwagen ist der Umrichter horizontal im Wagenrahmen integriert und beim Doppeltaschenwagen vertikal auf dem Wagen angeordnet.

Aufgrund der Elektrifizierung der Wagen ist neben der TSI Wagon auch die TSI Locomotives and Passenger einzuhalten. Den jeweiligen Behörden sind die Anforderungen zur Prüfung des Einflusses auf stationäre Anlagen und Sicherheitssysteme (Elektromagnetische Verträglichkeit) nachzuweisen. Anschliessend können die Wagen ausschliesslich in den Ländern verkehren, in der sie die Zulassung erhalten haben. Aus diesem Grund wird an den Wagen ein Vereinbarungsraster mit Länderkürzel angebracht und kein „GE“ (Go Everywhere) wie bei Standardgüterwagen.

3.2. Aktueller Stand

Der Zulassungsprozess wurde für die elektrifizierten Doppeltaschenwagen begonnen. Ziel war es, die Dokumente für die 90' Containerwagen sofort nach der Genehmigung der Doppeltaschenwagen einzureichen, da das Elektrifizierungskonzept bis auf die Position des Umrichters gleich ist. Mit der Einreichung der Dokumente für den Doppeltaschenwagen hat man das Konzept und den baldigen Zulassungsprozess für den 90' Containertragwagen den Behörden angekündigt. Die Schweiz hat der Wascosa bereits eine Unbedenklichkeitserklärung für die 90' Containertragwagen ausgestellt.

Da die Doppeltaschenwagen in Bulgarien von Kolowag hergestellt wurden, hat der Wagen dort die erste Zulassung erhalten. Es folgten die Länder Schweden, Dänemark, Deutschland, Schweiz, Österreich und Slowenien. Strategisch wichtige Zulassungsländer für den Betrieb der Wagen sind Niederlande, Belgien, Frankreich und Italien, um die Nord-Süd-Verkehre (Rotterdam – Genua) bedienen zu können.

Seit 2017 arbeitet Wascosa AG verstärkt daran die Zulassung in den Niederlanden zu erhalten. Dabei sind die in der Abbildung 10 dargestellten Partner involviert.

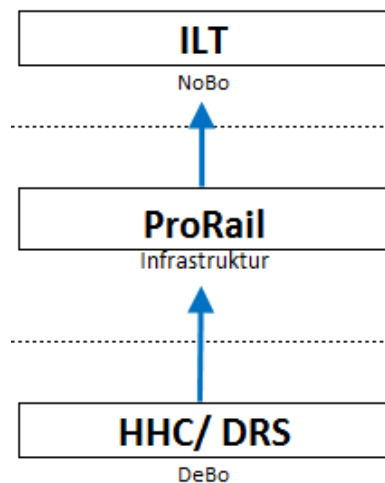


Abbildung 10: Partner Zulassungsprozess Niederlande

Bisher gab es immer wieder Rückfragen und neue Anforderungen der Infrastruktur ProRail, die dazu führten, dass der Umrichterhersteller EVPU aufwändige Messungen durchführen und Berichte erstellen musste. Hinzu kamen lange Bearbeitungs- und Reaktionszeiten bei Fragen zu den nationalen Anforderungen der Niederlande. In der nachfolgenden Abbildung sind die aktuellen Zulassungsstatus der Doppeltaschen- und 90' Containertragwagen dargestellt.

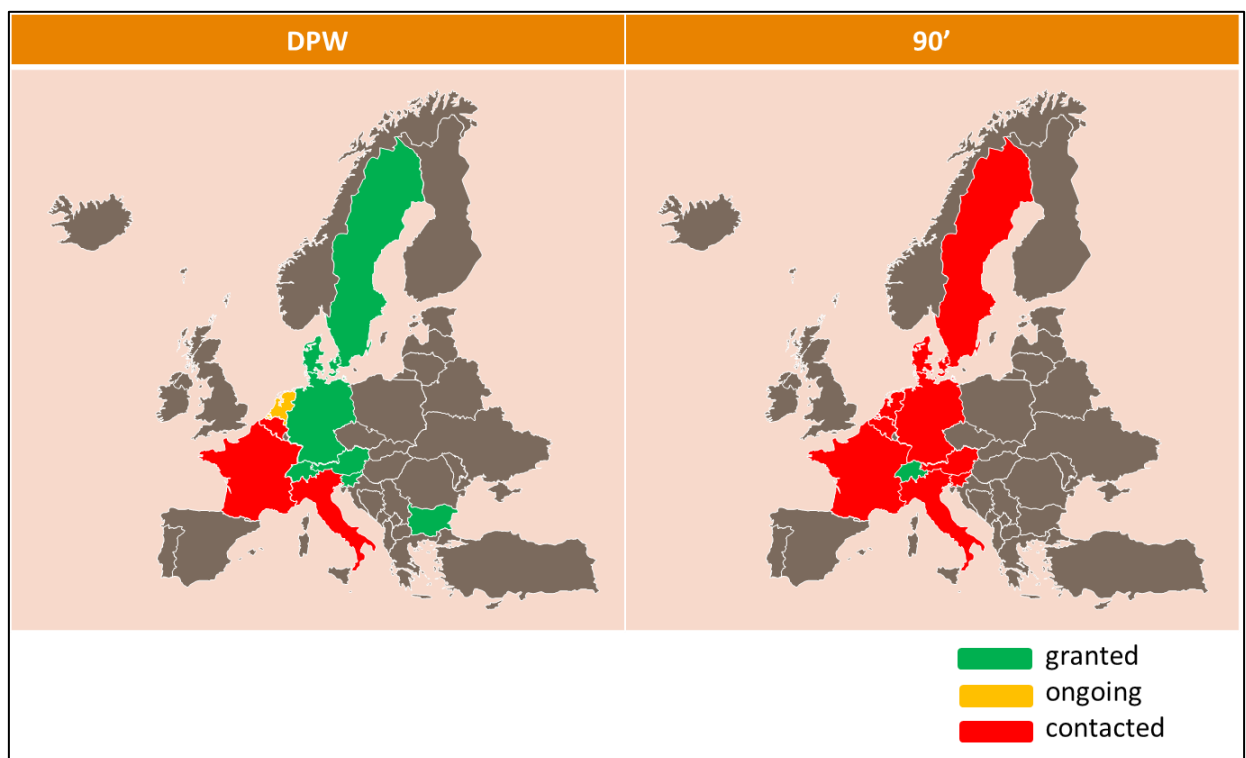


Abbildung 11: Zulassungsstatus Doppeltaschen- und 90' Containertragwagen

Der Zulassungsprozess in den Niederlanden befindet sich nach wie vor in Bearbeitung. Die Erteilung der Zulassung wird für Mitte 2019 erwartet.

4. Betriebstest

In der Zeit von August bis Oktober 2017 waren 2 elektrifizierte Doppeltaschenwagen in Schweden im Einsatz. Die Wagen wurden in den Intermodalzügen eingesetzt, die für Coop Logistik Produkte des täglichen Bedarfs zwischen Malmö und einem in Bro (in der Nähe von Stockholm) gelegenen Distributionszentrum transportieren. Im Coop-Zug wurden Sattelaufleger (Trailer) verwendet, die nach EU-Norm 13,6 m lang sind. Auf diesem Wege wurden die Importwaren von Südschweden (Schonen) in Nordrichtung verteilt. Mit diesem Zug wurden fünf Hin- und Rückfahrten pro Woche durchgeführt.



Abbildung 12: elektrifizierter Doppeltaschenwagen mit Sattelaufleger während des Betriebstest

Ziel war es, die technische Lösung zu testen und Energie-, Umwelt- und Kosteneffekte beim Übergang von dieselbasierter zu elektrischer Kühlung zu quantifizieren.

Im nachfolgenden Abschnitt werden die Ergebnisse des Testbetriebs kurz zusammengefasst. Der ausführliche Bericht befindet sich im Anhang.

Der abgeschlossene Testbetrieb und die Auswertung ergab, dass das getestete System robust ist, gut funktioniert und sich gut an die bestehenden Systemlösungen angepasst hat. Der Betriebstest konnte zeigen, dass es kein Hindernis für die vollumfängliche Umsetzung des Systems zur elektrischen Temperierung intermodaler Transporteinheiten für temperaturempfindliche Güter gibt. Durch den Coop-Zug wird das Strassennetz um 30 % der Transporte, die auf Coop's Güterversorgung entfallen, entlastet. Dadurch sind die Kohlendioxidemissionen um 6700 t/Jahr niedriger im Vergleich zu Strassentransporten. Elektrische Temperierung hatte zur Folge, dass der Energieverbrauch um über 80 % reduziert wurde und 1,8 l Dieselkraftstoff pro Betriebsstunde und Sattelanhänger eingespart wurden. Der Stromverbrauch bei Kühl- bzw. Tiefkühltemperierung betrug an der Fahrleitung 3,2 kWh pro Betriebsstunde und Sattelanhänger. Mit den im Oktober 2017 aktuellen Preisen für Strom und Dieselkraftstoff ergaben sich Kosteneinsparungen von über 90 %.

5. Schallmessung

5.1. Ausgangslage

Die Schallmessung des elektrifizierten 90' Containertragwagen haben am 28.03.2019 auf dem Gelände des Wagenherstellers Kolowag in Septemvri (Bulgarien) stattgefunden und wurde von der Akustikberatung Wiemers (<http://www.ab-wiemers.de/de/>) nach ISO 3095 durchgeführt und bewertet.

Für die Vergleichsmessung zwischen dem diesel- und dem elektrisch betriebenen Kühlcontainer, wurde der 90' Containertragwagen Nummer 37 84 4962 056-6 mit zwei 40' Kühlcontainer beladen.

Gemessen wurden die Lärmemissionen von Kühlcontainern mit zwei unterschiedlichen Energiequellen:

- Dieselaggregate
- Elektrische Versorgung

Für die elektrische Versorgung der Kühlcontainer wurde der 90' Containertragwagen mit einer externen Starkstromquelle gespeist, sodass der Umrichter zwei 40' Kühlcontainer versorgen kann. Die Messungen wurden in beiden Zuständen und immer im ungünstigsten Fall, also der vollen Kühlung, betrieben.

Das Kühlaggregat wurde in zwei geometrischen Zuständen gemessen:

- freistehend (Endwagen)
- mit einer gegenüberliegenden Reflexionsfläche (Situation wie im Zugverband in der Mitte)

Die 12 beziehungsweise 20 Messpunkte wurden, wie in der Norm vorgeschrieben, jeweils dreimal gemessen. An jedem Messpunkt wird in 1,2m und 3,5m Höhe gemessen. Die beiden Bilder verdeutlichen die Messsituation (das blaue Rechteck in der Skizze stellt das Kühlaggregat dar).

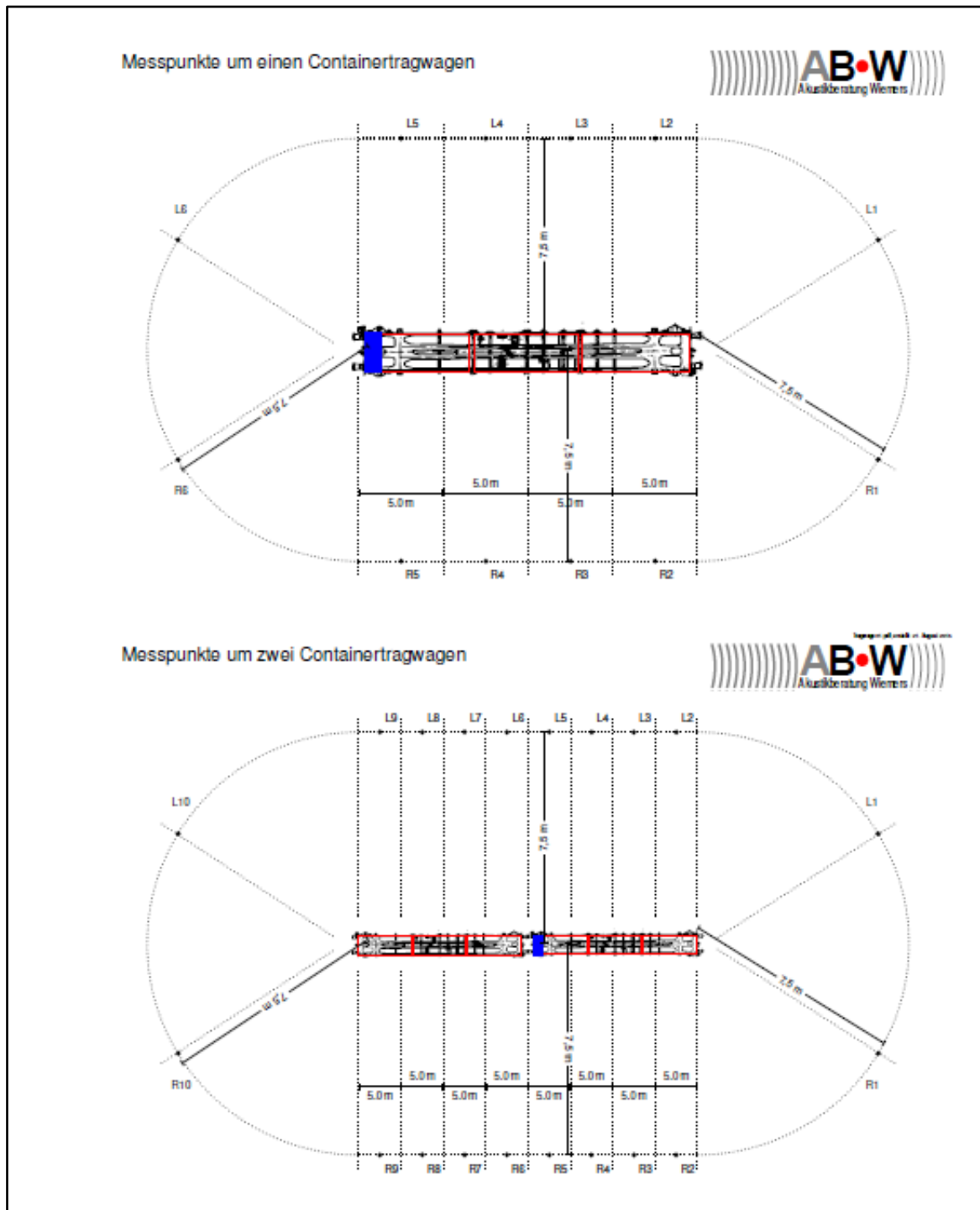


Abbildung 13: Messpunkte für Lärmmessung 90' Containertragwagen

5.2. Ergebnis der Schallmessung

Im Folgenden werden die Ergebnisse der Schallmessung zusammengefasst, der ausführliche Bericht ist der Anlage D zu entnehmen.

Die Hauptschallquellen sind die Aggregate der 40' Kühlcontainer. Der Containertragwagen stellt den Umrichter bereit und ist bzgl. der Lärmemission zu vernachlässigen.

Gemäss den Messergebnissen sind die Schallemissionen bei der elektrischer Versorgung des Kühlcontainers im Schnitt 10 dB(A) leiser im Vergleich zum Dieselbetrieb.

Zudem schaltet das elektrisch betriebene Kühlaggregat beim Erreichen der eingestellten Temperatur ab, sodass nur noch der Umrichter läuft und ein Geräusch verursacht.

Im Dieselbetrieb hingegen läuft das Aggregat zwar mit weniger Last (Änderung der Drehzahl) weiter, jedoch ändert das den Schalldruckpegel nicht wesentlich.

Das Stillstandsgeräusch wurde mit dem energetischen langenbezogenen Mittelwert $L_{Aeq,30sec}$ von 69 dB (A) in 1,2m Höhe beim Betrieb des Dieselaggregats und mit einem $L_{Aeq,30sec}$ von 59 dB (A) in 1,2m Höhe beim elektrischen Betrieb ermittelt.

Wären die Kühleinheiten ein fester Bestandteil des Wagens, würde der Grenzwert der TSI: NOISE mit einem L_{Aeq} von 65 dB (A) für den energetisch gemittelten langenbezogenen Schalldruckpegel gelten.

Das bedeutet, dass nur der elektrisch betriebene Kühlcontainer würde die TSI einhalten.

Anlagen

A Wagen: Containertragwagen 90'

A.a. Typenblatt

Containertragwagen 90', Sggmrss

für den Transport von Grosscontainern und Wechselbehältern



Vorteile

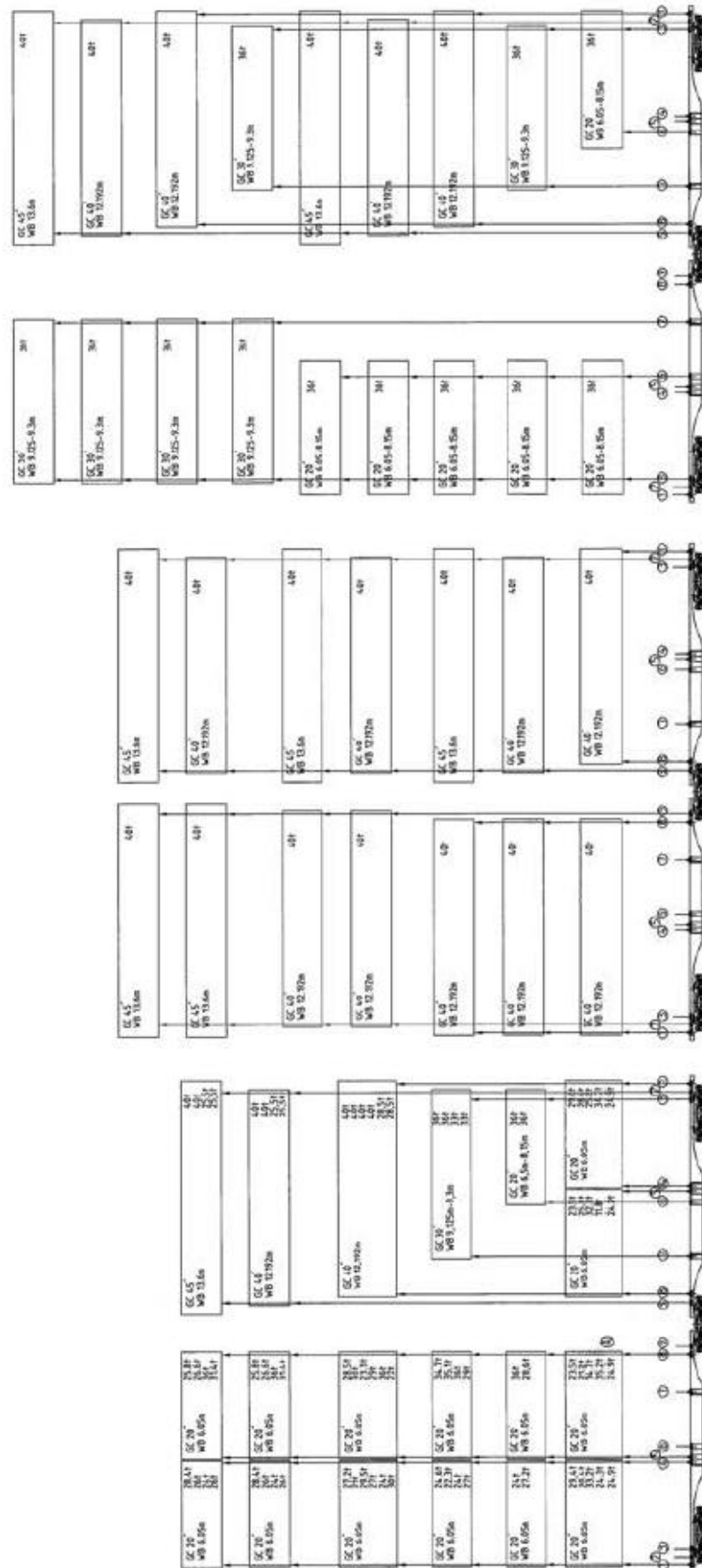
- Flexible Lademöglichkeiten diverser Containergrössen
- Gewichts- und zuladungsoptimiert
- Preisoptimiert und wartungsarm



Zuladung					
Lastgrenzraster		A	B	C	D
	S	67,0 t	79,0 t	94,0 t	106,0 t
	SS	67,0 t	79,0 t	91,0 t	
Wagenkennzeichnung 					
Eigengewicht		29'000 kg			
Max. Bremsgewicht		111 t			
Handbremsgewicht		20 t			
Abmessungen					
Länge über Puffer		29'590 mm			
Ladeflächenlänge		2 x 13'820 mm			
Drehzapfenabstand		2 x 12'025 mm			
Achsabstand im Drehgestell		1'800 mm			
Höhe Ladefläche über S.O.		1'155 mm			
Spurweite		1'435 mm			

Technik	
Drehgestelle	Y25 Ls(s)d1
Handbremse	vorhanden
Radsätze	BA 004 (Ø neu: 920 mm)
Radsatzlager	BA 182
Radsatzlast	22,5 t
Bremse	DAKO DK-GP-A
Bremssohlen	Cosid 810 B/GU (250 mm)
Puffer	UIC 562-1, Kat. A
Betrieb	
Einsatzbereich	RIV / TEN, G1, GE
Aufsetzzapfen	28 aufklappbare ISO-Aufsetzzapfen mit Einrastplatten für Container für das Verladen von Grosscontainern und Wechselbehältern in verschiedenen Längen (20' bis 45') gemäss Beladeschema
Kleinst-, befahrbarer Gleisbogenradius (Einzelwagen)	75 m
Max. befahrbarer Fährbootwinkel	1°30'

A.b. Beladeschema



B Umrichter

B.a. Spezifikation

INPUT – HV module

Input rated voltage: 3000V DC
3000 V AC, 50 Hz
1500V DC
1500V AC 16-50 Hz
1000V AC 16 2/3, 22, 50 Hz
Input voltage range: according UIC550 a EN 50163
HV inverter supplies stabilized voltage 680V DC separated from HV side for supply 3-phase inverter.

INPUT - external main 230V AC 50Hz for battery charging

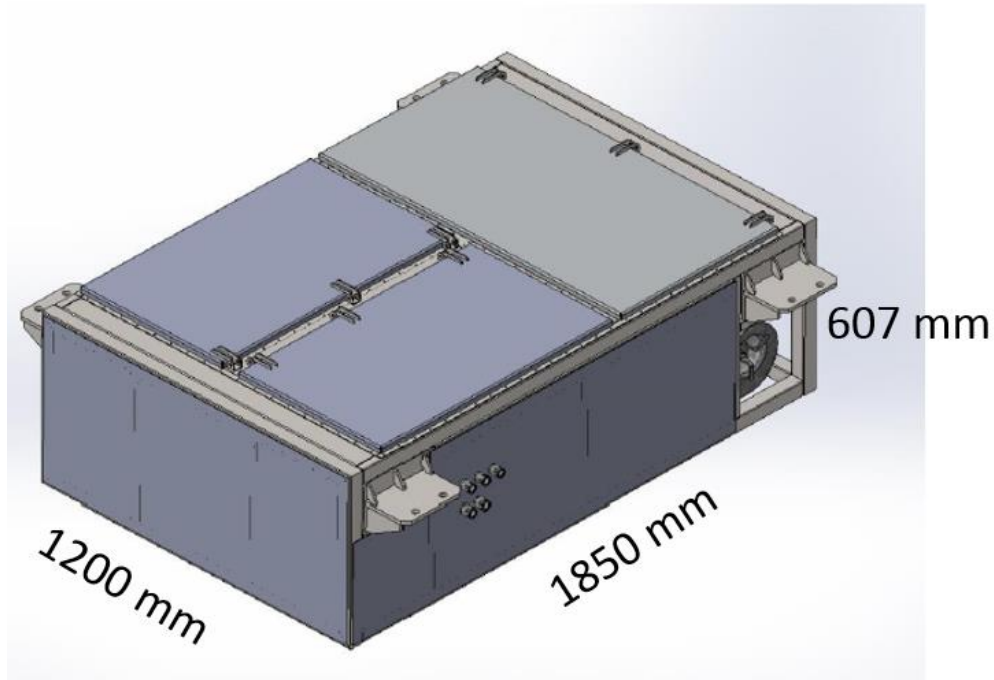
In the case of supply from external main 230V AC, the converter is not in service and air conditioning is powered from external source.
The internal battery 24V for supply control circuits, is charged from external main.
Connection points – socket 16A.

OUTPUT – 3-Phase inverter

Rated voltage: 3x400V AC 50Hz
Voltage tolerance: 10%
Frequency tolerance: 1%
Rated power: 80kVA/60kW
Estimated cos Φ 0, 8
Estimated load: AC unit 4x20kVA/4x15kW
Rated current: 116A
Overload: 300A/10s (It is anticipated period of congestion min. 120s)
Maximum voltage slope: 500V/ μ s

Neutral wire for connecting
single-phase loads: 230V AC - on request
Alternating system: TN-S (IT on request)

B.b. Abmessungen: 3D-Zeichnung



C Bericht zum Betriebstest

Der Bericht zum Betriebstest wird dem Schlussbericht separat beigelegt.

D Bericht Schallmessung

Der Bericht zur Schallmessung inklusive der Messergebnisse wird dem Schlussbericht separat beigelegt.