

# Bachelorarbeit

## Möglichkeiten des intermodalen Güterverkehrs auf Schmalspurbahnen

Florian Förster

florian.foerster@tuwien.ac.at

Matr.Nr. 01425459

Datum: 12. September 2022

### **Kurzfassung**

Schmalspureisenbahnen stellen ca. 5 % des österreichischen Schienennetzes dar und können einen Beitrag zur Dekarbonatisierung des Güterverkehrs leisten, wenn ein solcher Verkehr aus technischer und wirtschaftlicher Sicht sinnvoll ist. Diese Arbeit untersucht die notwendigen Voraussetzungen für einen intermodalen Güterverkehr auf österreichischen Schmalspureisenbahnen. Außerdem werden verschiedene Systeme für den Umschlag zwischen Schiene und Straße untersucht und auf die Eignung bei Schmalspureisenbahnen geprüft. Abschließend werden Beispiele aus dem realen Betrieb beschrieben und die bestehenden technischen Möglichkeiten dargestellt.

## Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einleitung</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>Grundlagen</b>	<b>3</b>
2.1	Transportprozesse . . . . .	3
2.2	Definition / Abgrenzung des Begriffs <i>Intermodaler Verkehr</i> . . . . .	4
2.3	Spurweite . . . . .	5
2.4	Lichtraum / Fahrzeugbegrenzungslinie . . . . .	6
2.5	Achslasten . . . . .	9
2.6	Topographische Grundlagen . . . . .	9
<b>3</b>	<b>Umschlagsysteme</b>	<b>10</b>
3.1	ortsfeste Systeme . . . . .	11
3.1.1	Portalkran . . . . .	11
3.1.2	Reach Stacker . . . . .	12
3.1.3	Gabelstapler . . . . .	12
3.2	ortsungebundene Systeme . . . . .	12
3.2.1	Mobiler Container Umsetzer . . . . .	12
3.2.2	MOBILER . . . . .	13
3.2.3	Abroll-Container-Transport-System . . . . .	14
3.2.4	Sattelanhänger . . . . .	15
<b>4</b>	<b>Beispiele im Betrieb</b>	<b>15</b>
4.1	Rhätische Bahn - Schweiz . . . . .	15
4.2	Japan Freight Railway Company - Japan . . . . .	17
4.3	Trans Freight Rail - Südafrika . . . . .	18
4.4	Zillertalbahn - Österreich . . . . .	18
<b>5</b>	<b>Fazit</b>	<b>19</b>
	<b>Abbildungsverzeichnis</b>	<b>20</b>
	<b>Tabellenverzeichnis</b>	<b>20</b>
	<b>Literaturverzeichnis</b>	<b>21</b>

## 1 Einleitung

Der *Mobilitätsmasterplan 2030 für Österreich* [27] sieht vor, dass der Güterverkehr in Österreich im Jahr 2040 „*klimaneutral, nachhaltig und krisenfest organisiert*“ ist. Dabei wird der Schienengüterverkehr besonders hervorgehoben und der Infrastrukturausbau als Mittel gesehen, um die genannten Ziele zu erreichen. [27, S. 23 f.]

5 % (302 km) des österreichischen Schienennetzes wiesen im Jahr 2020 eine geringere Spurweite als 1435 mm auf und gelten daher als Schmalspurbahnen. [21, S. 89]

Schmalspurbahnen können eine wichtige Rolle bei der Erreichung der Ziele des Mobilitätsmasterplanes spielen, da sie bereits gebaut sind und keine zusätzlichen Errichtungskosten für neue Infrastruktur verursachen würden. Um jedoch einen attraktiven Verkehr zu ermöglichen, ist es notwendig, dass Umladevorgänge zwischen den verschiedenen Verkehrsträgern (z. B. Straße, Schiene, Wasserstraße) möglichst vermieden werden und dort wo sie notwendig sind, möglichst effizient gestaltet werden.

Um dieses Zusammenspielen der Verkehrsträger zu vereinfachen haben sich intermodale Transporteinheiten (ITE) durchgesetzt. Diese können aufgrund ihrer Beschaffenheit einfach umgeschlagen werden und entsprechen den Vorschriften für die einzelnen Verkehrsträger. Letzteres ist vor allem im Bezug auf die Abmessungen im Straßen- und Eisenbahnverkehr relevant.

Als ITE stehen mehrere Systeme zur Verfügung, wobei sich die Anforderungen, Abmessungen und Einsatzgebiete unterscheiden können:

- (See-) Container nach ISO-Standard (*ISO 668* [20])
- Binnencontainer z. B. nach *DIN 15 190* [12]
- Wechselbehälter z. B. nach *EN 284* [38]
- Abrollcontainer z. B. nach *DIN 30722* [13]
- Sattelanhänger (sowohl in kranbarer und nicht kranbarer Ausführung)

Obwohl diese Systeme alle auf der Straße und der Schiene genutzt werden können, sind die meisten Systeme nur begrenzt untereinander kompatibel. So können beispielsweise Abrollcontainer nur von Lastkraftwagen (LKW) aufgenommen werden, welche entsprechende fahrzeugseitige Vorrichtungen besitzen. Die Aufnahmevorrichtungen für den Abrollcontainer verhindern dann jedoch den Transport von Sattelanhängern, da die Kupplung nicht am LKW montiert werden kann.

Diese Arbeit soll ermitteln, ob intermodaler Gütertransport auf Schmalspureisenbahnen technisch überhaupt möglich ist, beziehungsweise unter welchen Voraussetzungen (Kap. 2).

In Kap. 3 sollen dann verschiedene Systeme zum Transportieren und Umschlagen der Güter genauer betrachtet werden, um zu Ermitteln, ob die Systeme für den intermodalen Güterverkehr auf Schmalspureisenbahnen geeignet sind und welche Einschränkungen sich aus der Nutzung der einzelnen Systeme ergeben.

Abschließend werden in Kap. 4 an realen Beispielen die bereits bestehenden technischen Möglichkeiten aufgezeigt.

Zur Beantwortung dieser Fragen wurden Literatur- und Onlinerecherchen durchgeführt. Diese wurden mit Schriftverkehr und einem kurzen Expertengespräch mit Schmalspurbahnbetreibern ergänzt.

## 2 Grundlagen

### 2.1 Transportprozesse

Transportprozesse können ein- oder mehrgliedrig organisiert sein. [17, S. 15]

Beim eingliedrigem Verkehr wird das Transportgut direkt, ohne Zwischenschritt vom Absender zum Empfänger transportiert, wie in Abb. 1 dargestellt. Dabei wird nur ein einziges Verkehrsmittel verwendet, weshalb diese Organisationsform voraus setzt, dass sowohl der Absende- als auch der Empfangspunkt an denselben Verkehrsträger angeschlossen sind, also beide Punkte über einen Gleis-, Wasserstraßen- oder Straßenanschluss verfügen müssen.



Abb. 1: Eingliedrige Transportkette

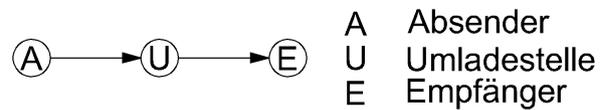


Abb. 2: Mehrgliedrige Transportkette

In einer mehrgliedrigen Verkehrskette wird das Transportgut mindestens ein Mal zwischen zwei Verkehrsträgern umgeladen (Beispielhaft in Abb. 2 dargestellt). Dabei spielt es keine Rolle ob im Laufe der Transportkette nur einmal umgeladen wird oder ob mehrmals umgeladen werden muss. Ein Beispiel für solch eine mehrgliedrige Transportkette ist der Abtransport vom Absender per Eisenbahn. Im Zuge des Transportes wird das Transportgut von der Schiene auf einen LKW umgeladen, um die sogenannte letzte Meile auf der Straße abzuwickeln.

## 2.2 Definition / Abgrenzung des Begriffs *Intermodaler Verkehr*

Historisch betrachtet war der Transport von Gütern oftmals als Stückgutverkehr organisiert. Dabei wurde das Transportgut zumeist händisch zwischen den Verkehrsträgern (z.B. Eisenbahn, Schiff, Straße) umgeladen, was einen großen personellen und zeitlichen Aufwand darstellte.

Ende der 1960er Jahre wurden das erste Mal kombinierter Verkehr in Europa betrieben. Als Vorbild dienten die USA, wo Sattelschlepper den Hauptlauf auf Eisenbahnwägen verluden, zurücklegten und nur der Vor- und Nachlauf auf eigener Achse passierte. Aufgrund von Einschränkungen des europäischen Eisenbahnsystems gegenüber dem amerikanischen System hat man in Europa dann begonnen Wechselbehälter zu transportieren, welche zwischen Eisenbahn und Straßenfahrzeugen umgeladen wurden. [32, S. 8 f.]

Im Jahr 1999 definierte die Internationale Vereinigung der Gesellschaften für den Kombinierten Verkehr Schiene-Straße (UIRR) in den *AB-UIRR* [1] *kombinierter Verkehr (KV)* als

„[...] die Beförderung von intermodalen oder nicht intermodalen Ladeeinheiten mit mindestens zwei Verkehrsträgern, hier Schiene und Straße.“ [1, Art. 1.6].

Die UN-Wirtschaftskommission für Europa (UN/ECE) definierte im Jahr 2000 *intermodalen Transport* als

„Transport von Gütern in ein und derselben Ladeinheit [...] mit zwei oder mehreren Verkehrsträgern, wobei ein Wechsel der Ladeinheit, aber kein Umschlag der transportierten Güter selbst erfolgt.“ [36, S. 17]

Dabei wird eine Ladeinheit (z.B. Container oder Sattelaufleger) am Ausgangspunkt (beim Absender) mit dem Transportgut befüllt und dieses erst am Bestimmungsort (beim Empfänger) wieder aus der Ladeinheit entnommen. Die Ladeinheit wird dabei aber im Laufe des Transportswegs zwischen den verschiedenen Verkehrsträgern umgeladen.

Die UIRR definiert in ihren *AB-UIRR* [1] eine *intermodale Transporteinheit* als

„[...] ein Container, ein Wechselbehälter und ähnliches Gerät zur Aufnahme von Gut sowie ein kranbarer oder ein bimodaler Sattelanhängen.“ [1, Art. 1.7].

Diese Definition der UIRR schließt ausdrücklich Sattelanhängen, welche nicht kranbar sind, von der Bezeichnung als ITE aus. [1, Art. 1.7] Die UIRR hat bis in die 1990er auch ISO-Container

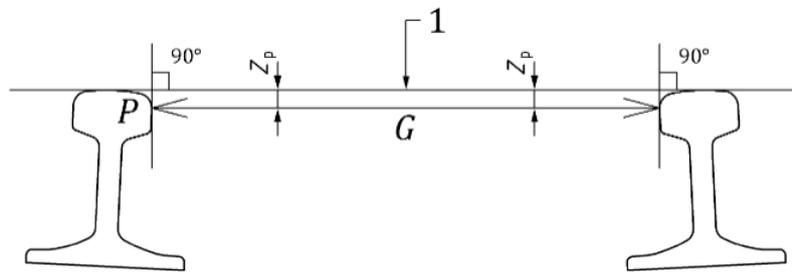
von dem kombinierten Verkehr ausgeschlossen, da diese von den Eisenbahnunternehmen als Beförderungsmittel aus dem Seeverkehr angesehen wurde. Diese Unterscheidung wurde erst 1992 mit der Liberalisierung des Güterverkehrs aufgehoben. [39, S. 25 f.]

### 2.3 Spurweite

Die Spurweite  $G$  (gemäß Abb. 3) ist gem. *EN 13848-1* definiert als

„[...] der kleinste Abstand zwischen direkten Linien zur Fahrfläche, welche jedes Schienenkopfprofil an Punkt  $P$  in einem Abstand von 0 bis  $Z_p$  unterhalb der Fahrfläche kreuzen.“ [5, S. 10]

Dabei wird von der *EN 13848-1*  $Z_p$  mit 14 mm festgelegt. [5, S. 10]



#### Legende

1 Fahrfläche

**Abb. 3:** Definition der Spurweite (Quelle: [5, Abb. 4])

Menius und Matthews beschreiben die Spurweite etwas anschaulicher als

„[...] der kleinste Abstand der Innenflächen der Schienenköpfe im Bereich von 0 bis 14 mm unterhalb der Schienenoberkante (SO).“ [25, S. 31]

In Europa hat sich die Normalspur (1435 mm bzw. 4 Fuß 8 1/2 Zoll) durchgesetzt, jedoch wurden während der Habsburgermonarchie auch beträchtliche Strecken mit einer geringeren Spurweite errichtet.

In Tab. 1 sind Schmalspurbahnen in Österreich zusammengestellt, welche sich noch im Betrieb befinden (ohne Berücksichtigung von Museums-, Straßen- und Zahnradbahnen).

**Tab. 1:** Schmalspurbahnen in Österreich

Bezeichnung	Ausgangspunkte	Spurweite [mm]
Attergaubahn	Vöcklamarkt ↔ Attersee	1000
Breitenauerbahn	Mixnitz ↔ Sankt Erhard	760
Mariazellerbahn	Sankt Pölten ↔ Mariazell	760
Murtalbahnhof	Unzmarkt ↔ Tamsweg	760
Pinzgauer Lokalbahn	Zell am See ↔ Krimml	760
Pöstlingbergbahn	Linz an der Donau ↔ Pöstlingberg	900
Stubaitalbahnhof	Innsbruck ↔ Fulpmes	1000
Traunseetram	Gmunden ↔ Vorchdorf	1000
Waldviertelbahnhof	Litschau/Heidenreichstein ↔ Groß Gerungs	760
Zillertalbahnhof	Jenbach ↔ Mayrhofen im Zillertal	760

Ob diese Bahnen für zusätzlichen Güterverkehr geeignet sind, ist nicht Teil dieser Arbeit und müsste im Zuge tiefergehender Studien untersucht werden. Nur auf der Breitenauer- und der Zillertalbahn (siehe dazu Kap. 4.4) wird noch heute Güterverkehr abgewickelt.

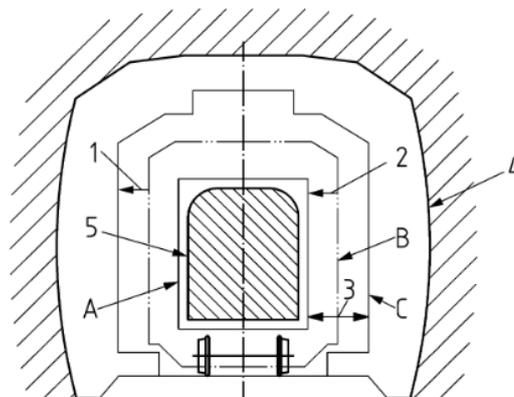
Viele dieser Strecken waren in der Vergangenheit im Eigentum der österreichischen Bundesbahnen (ÖBB), um die Jahrtausendwende wurden die Strecken jedoch von der ÖBB eingestellt. Um die Regionalbahnen zu erhalten wurden die Strecken von Ländern, Gemeinden oder Vereinen übernommen und der Betrieb wieder aufgenommen bzw. erhalten. Da die meisten Strecken im Laufe der Zeit von den Vorschriften der ÖBB erfasst waren, wurde in den nachfolgenden Abschnitten auf die ÖBB-Vorschriften für Schmalspureisenbahnen zurückgegriffen.

Die (in Österreich übliche) Spurweite für Schmalspurbahnen von 760 mm ( $\cong$  30 Zoll) hat sich aus militärischen Gründen bereits zu Zeiten der K.u.K.-Monarchie durchgesetzt. Das Maß selbst ist auf die Bosnisch-Herzegowinischen Landesbahnen zurückzuführen, woher auch die Bezeichnung der Bosnischen Spurweite stammt. [14, S. 2]

Durch die einheitliche Spurweite könnten noch heute verhältnismäßig einfach Fahrzeuge beschafft werden, jedoch hat die Spurweite 760 mm einen sehr geringen Anteil am Weltmarkt. Obwohl sich durch die einheitliche Spurweite in Österreich einheitliche Lichtraumprofile (vgl. Kap. 2.4) ergeben, sind die Fahrzeuge üblicherweise auf den Lichtraum der Meterspur (1000 mm) bzw. Kapspur (1067 mm) ausgelegt, wodurch die Beschaffung neuer Fahrzeuge komplexer ist als zuerst angenommen. Bezogen auf die Interoperabilität von Ladeeinheiten ist jedoch auch schon die einheitliche Spurweite innerhalb Österreichs ein Vorteil, da die Einheiten dadurch auf den unterschiedlichen österreichischen Schmalspureisenbahnen eingesetzt werden können.

## 2.4 Lichtraum / Fahrzeugbegrenzungslinie

Die *EN 15273-1* [4] definiert den Lichtraum und die Fahrzeugbegrenzungslinie gemäß Abb. 4.



### Legende

- A maximale Fahrzeugbegrenzungslinie
- B Bezugslinie
- C Lichtraumumgrenzungslinie
- 1 infrastrukturseitig festgelegte Erweiterungen, die  $S$ ,  $qs$ ,  $z_0$ , M1, M2, M3 enthalten
- 2 fahrzeugseitig festgelegte Einschränkungen  $E_i$  oder  $E_a$
- 3 Summe der Fahrzeugverschiebungen und des infrastrukturseitig zu berücksichtigenden Raumbedarfs
- 4 ortsfeste Anlagen
- 5 Fahrzeug

**Abb. 4:** Allgemeine Darstellung der Begrenzungslinien (Quelle: [4, Bild 15])

Die Fahrzeugbegrenzungslinie (Abb. 4 Linie A) begrenzt jene Querschnittsfläche, die das Fahrzeug für eine Fahrt benötigt. Dabei werden sowohl die Fahrzeuge selbst (Abmessungen, Federung, Schwerpunktlage, et cetera) als auch Eigenschaften des Fahrweges (Lagegenauigkeit,

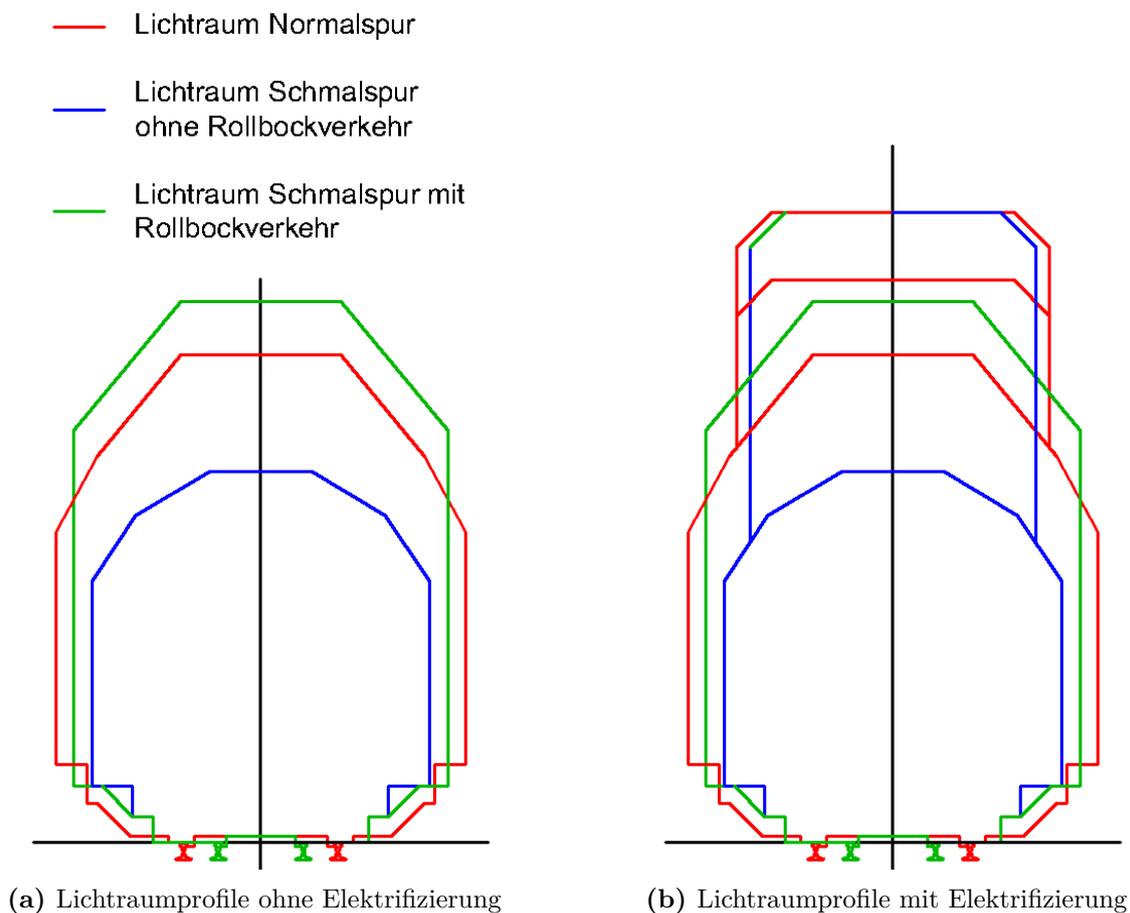
Steifigkeit, etc.) berücksichtigt. Die Berechnung der Begrenzungslinie kann statisch, kinematisch oder dynamisch erfolgen. [4, S. 10]

Aus der Fahrzeugbegrenzungslinie lässt sich der Lichtraum (Abb. 4 Linie C) errechnen. Diesen definiert die *EN 15273-1* als

„von ortsfesten Anlagen freizuhaltender Raum, unter Berücksichtigung eines Instandhaltungszuschlages, der von der Geschwindigkeit der Züge und der Qualität der Gleislage zum Zeitpunkt der Erstellung der gleisnahen Anlagen abhängt“ [4, S. 17].

Der Lichtraum ist von baulichen Anlagen freizuhalten und muss sicherstellen, dass Fahrzeuge zu keinem Zeitpunkt Gefahr laufen, an baulichen Anlagen anzuprallen. [25, S. 45]

Da auf Schmalspureisenbahnen kleinere Fahrzeuge und andere Parameter zur Berechnung der Fahrzeugbegrenzungslinien herangezogen werden müssen, unterscheiden sich die Lichträume auch signifikant von denen der normalspurigen Bahnen. Weiters ist in der Lichtraumberechnung die Möglichkeit des Rollbockverkehrs<sup>1</sup> zu berücksichtigen.



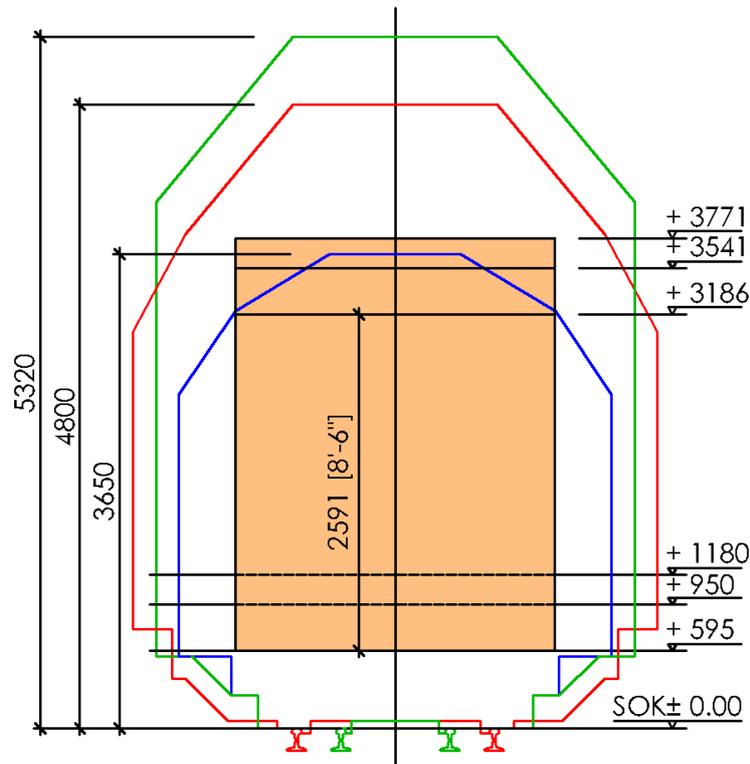
**Abb. 5:** Vergleich der Lichtraumprofile gem. ZOV 7 [41, Tafeln 7/2 und 7/3]

In Abbildung 5 sind die Lichtraumprofile der *Zusatzoberbauvorschrift (ZOV) 7* [41] ohne etwaige Bogenzuschläge abgebildet. In Abb. 5a erkennt man, dass sich das Profil der Schmalspur ohne Rollbockverkehr (mit 760 mm Spurweite, in Blau dargestellt) sehr stark von dem der Normalspur (in Rot dargestellt) unterscheidet. Weiters erkennt man, dass der Lichtraum für Schmalspureisenbahnen mit Rollbockverkehr (in Grün dargestellt) sehr näher an den der Normalspur herankommt, da hier Normalspurwägen mit Hilfe von Rollschemeln oder Rollwagen

<sup>1</sup> „Vollspurwagen werden auf schmalspurige Rollschemel oder Rollwagen gesetzt.“ [15, S. 66]

auf der Schmalspur transportiert werden und dementsprechend auch den Platz im Querschnitt benötigen.

Der Unterschied bei den Wagenkästen besteht auch bei den Lichträumen auf elektrifizierten Strecken (Abb. 5b). Im Bezug auf den Platzbedarf für den Stromabnehmer erkennt man jedoch, dass die Lichraumprofile der verschiedenen Spurweiten nahezu identisch sind.



**Abb. 6:** Vergleich der Lichraumprofile nach ZOV 7 [41] mit ISO-Containern nach ISO 668 [20] (Maße in mm)

In Abb. 6 ist der Platzbedarf eines ISO-Containers (in Orange dargestellt) auf verschiedenen Wagenbodenhöhen dargestellt. Daraus lässt sich erkennen, dass Ladeeinheiten mit den Abmessungen von ISO-Containern sinnvollerweise nur auf Schmalspureisenbahnen transportiert werden können, welche für den Rollbockverkehr zugelassen sind, da sonst die Gesamthöhe zu groß wird. Obwohl bei einer Wagenbodenhöhe von 595 mm der Container innerhalb des Lichraumprofils der Schmalspur liegt, wird diese Kombination nicht zulässig sein, da die Fahrzeugbegrenzungslinie übertagt wird und somit nicht alle Bewegungen des Fahrzeuges innerhalb des Lichtraumes möglich sind.

**Tab. 2:** Exemplarische Wägen für den Vergleich in Abb. 6 und die Betrachtungen in Kap. 2.5

Wagentype	Betreiber	Wagenbodenhöhe über SOK [mm]	Eigengewicht [kg]	Quelle
Sb	rhätische Bahn	595	15 500	[37]
Re - t	rhätische Bahn	950	18 000	[37]
Lgjns (s)	Rail Cargo Group	1180	13 500	[18, S. 84 f.]
Sgjss / Sgjns	Rail Cargo Group	1180	23 000	[18, S. 90 f.]

Die in Abb. 6 dargestellten Wagenbodenhöhen sind in mm über der Schienenoberkante (SOK) angegeben und gelten für die in Tab. 2 angegebenen Wägen, welche Beispielhaft für die Darstellung

ausgewählt wurden. Da die angegebenen Fahrzeuge weder auf der bosnischen Spurweite verkehren, noch den in Kap. 2.5 beschriebenen Einschränkungen unterliegen, zeigt diese Zusammenstellung nur die technischen Möglichkeiten auf. Ob die angegebenen Werte der Wagenbodenhöhen auch bei einer Spurweite von 760 mm erreicht werden können, wäre zu untersuchen.

## 2.5 Achslasten

Da die Schwellenlänge bei schmalspurigen Eisenbahnen geringer ist als bei der Normalspur ( $l_{S,1435} = 240 \text{ cm bis } 270 \text{ cm}$  im Vergleich dazu  $l_{S,760} = 150 \text{ cm bis } 180 \text{ cm}$ ), ist auch die Auflagerfläche im Schotterbett unter den Schwellenköpfen geringer. Mit dieser verkleinerten Fläche sinkt auch die Tragfähigkeit des Gleises als Ganzes.

Auch die üblicherweise bei Schmalspurbahnen verwendeten Schienenprofile (35E1 bzw. Xa-Schienen) sind kleiner als die auf der Normalspur verwendeten Profile (49E1 bzw. B-Schienen und 60E1) und durch den verkleinerten Schienenquerschnitt ist auch die Tragfähigkeit des Schienenprofils bei der Schmalspurbahn geringer als bei der Normalspur.

Diese verringerten Tragfähigkeiten lassen sich im Endeffekt an der geringeren zulässigen Achslast ablesen. Auf Normalspurstrecken der ÖBB beträgt die höchste zulässige Achslast 22,5 t (bei Streckenklasse D2-D4 [3, Tabelle A.1 S. 26]). Die höchste zulässige Achslast auf Schmalspureisenbahnen in Österreich beträgt gemäß *ÖBB B50-3* 10 t. [2, S. 46]

Bei einzelnen Schmalspureisenbahnen bzw. auf einzelnen Streckenabschnitten werden heute auch Fahrzeuge mit größeren Achslasten als 10 t geführt. Diesen Fahrzeugeinsätzen sind jedoch vertiefte Untersuchungen zur Tragfähigkeit der Infrastruktur vorausgegangen. Bei diesen Untersuchungen ist nicht nur die grundsätzliche Eignung des Oberbaus nachzuweisen, es muss auch jeder einzelne Kunstbau betrachtet und statisch überprüft werden. In diese Überprüfungen ist außerdem der Instandhaltungszustand, sowie das Instandhaltungskonzept der Bauwerke einzubeziehen, da mit einer erhöhten Achslast auch erhöhte Beanspruchungen z. B. im Bereich der Ermüdung einhergehen.<sup>2</sup>

Die maximal zulässige Masse der ISO-Container beträgt 30 480 kg unabhängig von der Größe des Containers. [20, Table 2] Wenn ein Container mit der maximalen Zuladung auf einem 4-Achsigen Tragwagen transportiert werden soll, so stehen bei einer maximalen Achslast von 10 t (wie oben beschrieben) für das Wageneigengewicht 9520 kg zur Verfügung. Die in Tab. 2 beschriebenen Wägen sind im unbeladenen Zustand alle schwerer. Ob also Wägen mit so einem geringen Eigengewicht technisch machbar sind, müsste in weiterführenden Untersuchungen ermittelt werden. Falls die technische Umsetzung von so leichten Wägen nicht möglich ist, so muss wie oben beschrieben überprüft werden, ob die Infrastruktur höhere Achslasten zulassen würde. Andernfalls müsste das Gesamtgewicht des transportierten Containers begrenzt werden, was möglicherweise zu einer verringerten Wirtschaftlichkeit der Strecke bzw. der Transportkette führt.

Beim Transport von Sattelaufliegern (Kap. 3.2.4) kann das Gewicht der Ladeinheit noch größer werden, da das gesamte Fahrgestell des Anhängers als Tara-Masse mitgeführt werden muss, wodurch die Einschränkungen der maximalen Zuladung noch stärker ins Gewicht fallen.

## 2.6 Topographische Grundlagen

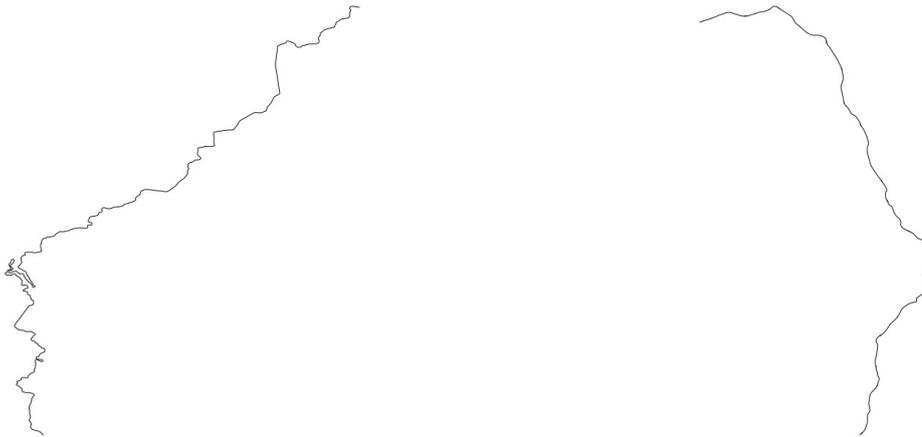
Viele Schmalspureisenbahnen wurden gebaut, um größere Spielräume bei den Trassierungsparametern nutzen zu können. Fassbender erkannte bereits 1920,

„[...] die Ansicht, daß die schmalere Spurweite schärfere Gleisbogen erlaube, ist längst verlassen.“ [14, S. 1]

<sup>2</sup>SCHREILECHNER, Markus, 2022, pers. Gespräch, Wien/St. Pölten, 18.08.2022

Trotzdem konnten aufgrund des eingeschränkten Fuhrparkes, auf den nicht vernetzten Nebenbahnen (zu welchen alle österreichischen Schmalspureisenbahnen zählen) andere Regelwerke und Grenzwerte angewandt werden, als das auf den verbundenen Normalspurbahnen der Fall ist. Beim Normalspurnetz muss, im Gegensatz zu den Schmalspurbahnen, davon ausgegangen werden, dass jegliche Wägen welche in den Geltungsbereich der Technische Spezifikationen für die Interoperabilität (TSI) fallen, auch die Strecken befahren könnten, weshalb auch die Trassierungsparameter im Einklang mit der TSI gewählt werden müssen.

Durch diese „erleichterten“ Trassierungsbedingungen konnte in Ostösterreich, im Bereich der Mariazellerbahn (MZB) eine Gebirgsbahn durch enge Täler gebaut werden. Im Vergleich dazu wurden beispielsweise die Zillertalbahn oder auch die Pinzgaubahn durch einfaches Terrain am Talboden errichtet.



(a) Streckenverlauf Mariazellerbahn (Quelle: [29])

(b) Streckenverlauf der Zillertalbahn (Quelle: [29])

**Abb. 7:** Vergleich der Streckenverläufe der Mariazellerbahn und der Zillertalbahn  
(Darstellung nicht Maßstäblich)

In Abb. 7 werden die Auswirkungen der unterschiedlichen Geländetopographien sichtbar. Die MZB in Abb. 7a zeigt vor allem im südlichen Bereich einen sehr verschlungenen Verlauf mit engen Bögen und einem sehr kurvigen Verlauf. Im Gegensatz dazu ist in Abb. 7b der weitgehend geradlinige Verlauf mit großen Bogenradien der Zillertalbahn erkennbar.

Der verschlungene Verlauf der MZB resultiert einerseits aus den notwendigen Streckenlängen um die erforderlichen Höhenmeter zum Portal des Gösingtunnels zu überwinden und andererseits aus den engen Tälern. Aufgrund des Verlaufes und des vorhandenen Platzangebotes ist die MZB weitgehend eingleisig errichtet.

Im Gegensatz dazu verlässt die Zillertalbahn den Talboden nicht, was zu einer geradlinigen und flacheren Streckenführung als bei der MZB führt. Außerdem ist im breiten Talboden des Zillertals (ähnlich wie im Pinzgau oder im Murtal) genügend Platz um längere Streckenabschnitte zweigleisig führen zu können, was betrieblich von Vorteil ist.

### 3 Umschlagsysteme

Zum Umladen der Ladeeinheiten von Verkehrsträger zu Verkehrsträger sind verschiedene Systeme im Betrieb. Diese Systeme können in ortsfeste und ortsungebundene Systeme unterteilt werden, woraus sich verschiedene Anforderungen an den Gleisanschluss, die Ladeeinheiten und die eingesetzten Fahrzeuge ergeben.

Als Ladeeinheiten haben sich weltweit Container nach *ISO 668* [20] durchgesetzt. Falls eine Verwendung dieser Container nicht zweckmäßig erscheint, so ist es trotzdem sinnvoll, bei der

Konstruktion der Ladeeinheit den Abmessungen in Länge und Breite der *ISO 668* zu folgen, da diese Abmessungen sicher stellen, dass die Ladeeinheit sowohl auf den genormten Straßen- als auch Schienenfahrzeugen transportiert werden kann.

### 3.1 ortsfeste Systeme

Unter ortsfesten Systemen versteht man Anlagen, welche nicht oder nur in geringem Ausmaß örtlich bewegt werden können. Verglichen mit ortsungebundenen Systemen, zeichnen sich ortsfeste Systeme durch höhere Umschlagleistungen aus.

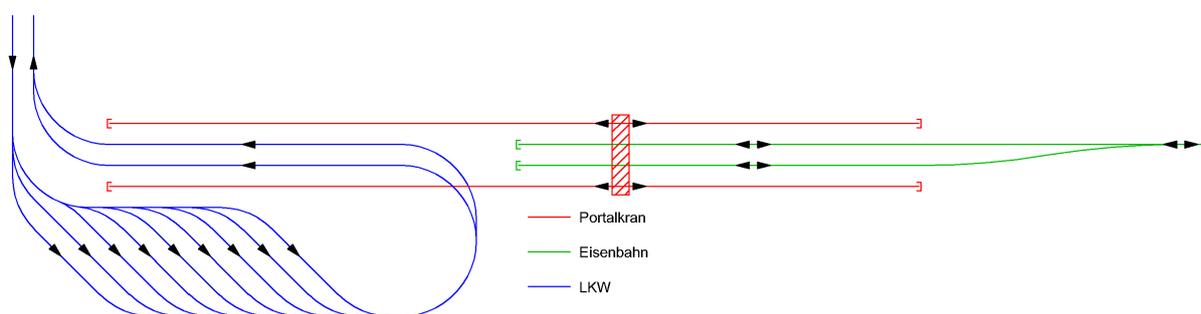
#### 3.1.1 Portalkran

Portalkrane dienen dem vertikalen Umschlag von Gütern und Ladeeinheiten. Primär werden sie in Terminals verwendet, um Güter (üblicherweise Container gem. *ISO 668* [20], Wechselbehälter gem. *EN 284* [38] oder Sattelaufleger) zwischen den verschiedenen Verkehrsträgern umzuladen. Dabei ist sowohl ein direktes Umladen zwischen Schiene und Straße, als auch die Bedienung einer Containerlagerfläche möglich. Die Bedienung eines größeren Zwischenlagers macht nur im Falle eines größeren Umschlagknotens Sinn, da sich dadurch zusätzliche Anforderungen ergeben.

Portalkrane können im Durchschnitt 25 Hübe pro Stunde [17, Tab. 20] durchführen und dabei mehrere Gleise und Fahrspuren bedienen. Bei entsprechender Ausstattung des Kranes können auch Tandemhübe durchgeführt werden. Dabei werden pro Hub zwei Container auf einmal bewegt, was zur doppelten Umschlagleistung führt.

Die Gleise im Portalkranbereich dürfen nicht elektrifiziert sein, da ein vertikaler Umschlag sonst nicht möglich wäre. Dieses Problem kann entweder mit dem Einsatz von oberleitungsunabhängigen Fahrzeugen (z.B. Akku-, Dampf-, Diesel- oder Zweikraftlokomotiven) oder durch betriebliche Maßnahmen (z.B. durch Schwungfahren oder Einsatz von Schutzwägen) gelöst werden.

Riedl und Müller haben ein Konzept für ein platzsparendes und kostengünstiges Umschlagterminal erarbeitet, welches gerade im Bereich von bestehenden Schmalspurbahnen eine Möglichkeit bietet, den Umschlag von der Straße auf die Schiene zu ermöglichen [31]. Das vorgeschlagene Terminal verzichtet sowohl auf Containerlagerflächen als auch auf die Möglichkeit das Terminal mit der Eisenbahn zu durchfahren, wodurch der Platzverbrauch gering gehalten wird, was jedoch mit einem erhöhten Aufwand im Eisenbahnbetrieb durch zusätzliche Rangierfahrten und damit verbundenen Kupplungsvorgängen einhergeht.



**Abb. 8:** Entwurf eines kostengünstigen Terminals nach Riedl und Müller [31]

Abb. 8 stellt einen möglichen Aufbau eines solchen Terminals nach den Ideen von Riedl und Müller dar. Man erkennt, dass die Gleis- und Fahrspurachsen in einer Linie liegen. Unterhalb der Ladestraße sind noch Wartespuren für LKWs angeordnet, diese sind je nach Betriebskonzept zu

entfernen bzw. zu ergänzen. Riedl und Müller schlagen auch vor, dass zur Erhöhung der Umschlagleistung zwei Laufkatzen am Portalkran angebracht werden, was je nach der umzuschlagenden Containermenge sinnvoll sein kann.

### 3.1.2 Reach Stacker

Reach Stacker (oder Greifstapler) sind Flurförderfahrzeuge, welche Container von oben heben können und so vertikalen Umschlag ohne Kran ermöglichen. [36, S. 66]

Da Greifstapler nicht spurgebunden sind können sie flexibler eingesetzt werden als Portalkrane. Außerdem können sie aufgrund ihrer Bauweise sowohl zum Umschlagen, als auch zum Stapeln von Containern eingesetzt werden. Die meisten Reach Stacker sind zusätzlich zur Tragevorrichtung von ISO-Containern mit Greifzangen zur Aufnahme von Wechselbehälter ausgestattet, was den Einsatzbereich zusätzlich erweitert. Ein weiterer Vorteil von Greifstaplern liegt darin, dass die Geräte auch Container in der zweiten und dritten Reihe (horizontal) bzw. in der 5. Lage (vertikal) erreichen und über ein Gleis hinweg greifen können. [17, S. 95 f.]

Reach Stacker haben eine ähnliche Umschlagleistung wie Portalkrane (vgl. Kap. 3.1.1) [17, S. 93 ff.], aufgrund der Bauform weisen sie jedoch ein sehr hohes Eigengewicht von ungefähr 100 t auf, was bei der Planung der Umschlagflächen berücksichtigt werden muss. [32, S. 11]

Gronalt et al. beschreiben diese Fahrzeuge als

„[...] relativ kostengünstige Alternative für kleine Terminalanlagen mit geringem Durchsatz [...]“ [17, S. 96].

### 3.1.3 Gabelstapler

Ähnlich zu den in Kap. 3.1.2 beschriebenen Umladefahrzeugen fallen auch Gabelstapler in die Kategorie der Flurförderfahrzeuge. Aufgrund der Beschaffenheit des Fahrzeuges müssen jedoch die Ladeeinheiten mit einer Aufnahme für die Gabeln versehen sein, es muss also ein Kanal im Containerboden vorgesehen werden. [17, S. 98]

Das Umschlagen erfolgt auf vertikalem Weg, der Container wird nach oben vom Eisenbahnwagen abgehoben. Dadurch ergeben sich die bereits in Kap. 3.1.1 beschriebenen Einschränkungen für Oberleitungen im Bereich der Ladegleise.

Die Firma Bernegger aus Oberösterreich nutzt dieses System um im Donauhafen Enns und im Steinbruch Spital am Phyrn spezielle Container mit Gesteinsmaterial von der Bahn auf den LKW umzuladen. Der Vorteil dieses Systems ist, dass die Container auf der Baustelle von der Kippenrichtung des LKWs entladen werden können. Falls eine Entladung direkt von der Eisenbahn aus geschehen soll, so können die Container mit dem Gabelstapler rotiert werden und werden so entladen. [8] Die Grundfläche der Container entspricht denen der *ISO 668* [20], wodurch die Container problemlos auf die vorhandenen Containertragwagen und LKWs verladen werden können.

## 3.2 ortsungebundene Systeme

### 3.2.1 Mobiler Container Umsetzer

Koller, Lang und Trully haben gemeinsam mit der Firma HET [22, S. 6][23, S. 4 f.][34, S. 7] ein System entwickelt, mit dem ISO-Container (nach *ISO 668* [20]) horizontal von der Schiene auf die Straße umgeschlagen werden können (Darstellung in Abb. 9a). Dazu wurde ein LKW-Aufbau mit einer Umsetzvorrichtung entwickelt, welche die Container in den oberen Eckaufnahmen greift und horizontal zwischen dem Bahnwaggon und dem Straßenfahrzeug umsetzt.

Eine weitere Anforderung in der Entwicklung des Systems war die Fähigkeit, die Container von Kommissionierflächen (wie in Abb. 9b dargestellt) oder aus der zweiten Reihe (auf einem anderen Container gestapelt, vgl. Abb. 9c) aufzunehmen bzw. dort abzustellen. [34, S. 2] Dadurch

wird die Nutzung von bereits vorhandenen Anschlussgleisen im ländlichen Raum erleichtert, da der Platzbedarf für die Zwischenlagerung der Container im Bereich der Eisenbahn sinkt. Die Zwischenlagerung kann jedoch aus bahnbetrieblichen Gründen notwendig werden, da es unwirtschaftlich wäre, immer leere Containertragwägen in der Fläche vorzuhalten um ein direktes Umschlagen des Containers vom LKW auf die Bahn zu ermöglichen. Mithilfe des MCU-Systems ist sowohl das Zwischenlagern auf kleinem Raum (durch das Stapeln der Container), als auch das direkte Umschlagen des Containers zwischen Bahn und Straße möglich.



(a) Verladung mittels MCU auf die Schiene      (b) Abladen mittels MCU auf den Boden      (c) Abladen mittels MCU auf einen Container

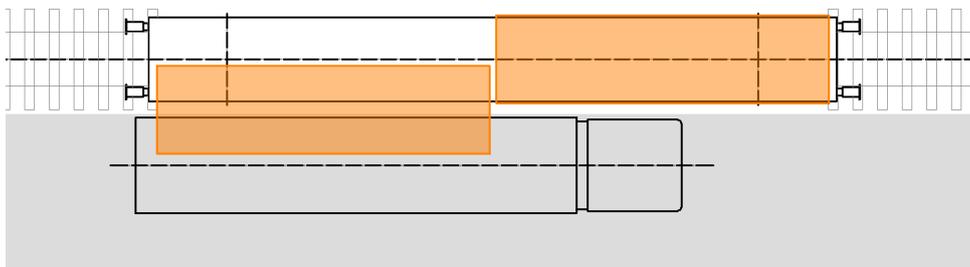
**Abb. 9:** Umladevorgänge mit mobiler Container Umsetzer (MCU) (Quelle: [24])

Beim Umladevorgang wird ein Stützfuß auf den Waggon aufgelegt bzw. am Boden abgestellt um ein Umkippen des LKW zu verhindern. [23, S. 45 ff.] Koller hat verschiedene Hubsysteme untersucht, um das Stapeln von Containern und das Absetzen auf den Boden zu ermöglichen, wobei sich Teleskopzylinder als beste Lösung herausgestellt haben (wodurch auch die notwendigen Hubhöhen möglich werden). [22, S. 26 ff.]

### 3.2.2 MOBILER

Bergmüller hat ein Konzept zum horizontalen Umschlag von Containern [7] entwickelt, welches von der ÖBB-Güterverkehrstochter Rail Cargo Austria AG (RCA) eingesetzt wird [26] und einen Containerumschlag an jedem einfachen Ladegleis ermöglicht.

Dafür ist der LKW mit einer Vorrichtung ausgestattet, welche speziell dafür vorgesehene Ladeeinheiten aufnehmen kann und horizontal vom Eisenbahnwagen auf den LKW umladen kann. Hierbei ist es unerheblich, ob über dem Ladegleis eine Oberleitung installiert ist oder nicht, da die Ladeeinheit während des Umladevorganges nur wenige Zentimeter angehoben werden muss.



**Abb. 10:** Platzbedarf beim Umladevorgang mittels MOBILER

Für den Umladevorgang wird vergleichsweise wenig Platz benötigt, da der LKW dabei parallel zum Ladegleis steht und so nur eine Fahrspur Platz benötigt wird, wie in Abbildung 10

dargestellt ist. Nachteilig ist an diesem System jedoch, dass die Ladeinheit nicht an jedem beliebigen Ort abgeladen werden kann, da das Fahrzeug den Container nur horizontal verschieben kann, eine Vertikalbewegung der Ladeinheit ist jedoch nicht möglich. Falls ein Absetzen an einem anderen Ort (z.B. beim Absender oder Empfänger) notwendig ist, werden Gerüst- oder Steherkonstruktionen erforderlich. [vgl. 26, Abb. S. 3]

Bei der ÖBB sind verschiedenste Behälterformen mit dem MOBILER-System im Einsatz [26, S. 6], sogar ein Entladen mittels am LKW angebrachter Kippvorrichtung ist möglich.

Die Abmessungen der Ladeeinheiten orientieren sich an denen in der *ISO 668* festgelegten Größen, jedoch ist eine Manipulation von ISO-Containern mit diesem System nur mit Hilfe eines Adapters möglich. [34, S. 15]

### 3.2.3 Abroll-Container-Transport-System

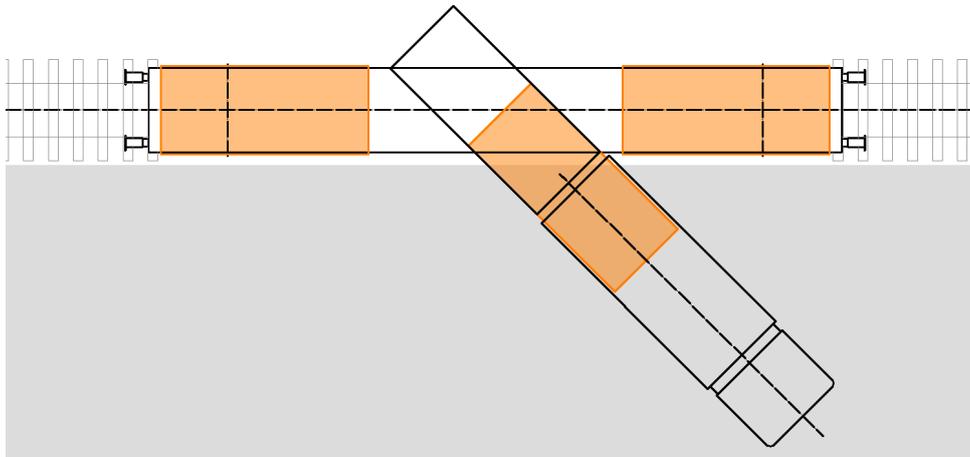
Mit Hilfe des Abroll-Container-Transport-System (ACTS) können Abrollbehälter (genormt nach *DIN 30722* [13]) mit der Eisenbahn transportiert werden. Das System besteht aus dem Abrollbehälter selbst, einem LKW mit Wechselladeaufbau und einem Flachwagen mit oder ohne Drehrahmen.

Bei einem vorhandenen Drehrahmen, ist dieser beidseitig aus der Gleisachse ausschwenkbar und ermöglicht so ein Umladen des ACTS-Behälters vom LKW auf den Eisenbahnwagen. [vgl. 18, S. 104 f.]

Beim Umladevorgang wird der Drehrahmen aus der Gleisachse ausgeschwenkt, der LKW fährt rückwärts an den Drehrahmen heran und mit Hilfe der Ladevorrichtung am LKW wird der Abrollcontainer vom oder auf den Waggon umgeladen. Abschließend fährt der LKW ab, der Drehrahmen wird wieder in die Waggonachse zurückgedreht und verriegelt. [11]

Für den Umladevorgang ist etwas mehr Platz notwendig als beim MOBILER (vgl. Kapitel 3.2.2), da der LKW schräg zur Gleisachse zum Stehen kommt (in Abb. 11 dargestellt). Zusätzlich muss beachtet werden, dass, je nach verwendetem LKW-Aufbau (problematisch ist hier der Hakenaufbau), der Container an einem Ende angehoben wird und so die Mindestabstände zur Oberleitung unterschreiten kann.

Außerdem ist zu beachten, dass der Gleisabstand zu Nachbargleisen beim Umladevorgang möglicherweise vergrößert werden muss (entweder durch Sperrung des Nachbargleises oder bauliche Vergrößerung des Achsabstandes), da der Drehrahmen auf beide Seiten des Wagens ausschwenkt (oberhalb des Gleises in Abb. 11 zu erkennen). [10]



**Abb. 11:** Platzbedarf beim Umladevorgang mittels ACTS

Wenn kein Drehrahmen vorhanden ist, so müssen die Ladegleise entweder so beschaffen sein, dass mit dem LKW an die Stirnseite des Waggons herangefahren werden kann und der

Container über die Stirnseite umgeladen werden kann oder dass neben dem Gleis eine Laderampe besteht, über welche der Abrollcontainer umgeladen wird. Im Falle des Umladens über die seitliche Laderampe wird ein ähnlicher Platzbedarf wie in Abb. 11 benötigt, wodurch sich eine verhältnismäßig große Laderampe ergibt.

Wenn Wägen mit Drehrahmen zum Einsatz kommen sollen, so muss außerdem berücksichtigt werden, dass durch die Drehrahmen das Eigengewicht des Waggons steigt, was im Bezug auf die maximale Achslast (vgl. Kap. 2.5) eine Rolle spielt.

Der Vorteil beim ACTS ist, dass das Auf- und Abladen der Ladeeinheit vom LKW mit dem Fahrzeugaufbau überall möglich ist und keinerlei Gerüst oder Steher benötigt wird. Dabei wird die Ladeeinheit direkt auf dem Untergrund abgeladen und kann dann mit nur einer Stufe betreten bzw. beladen werden. [11]

Das Entladen durch Aufkippen des Containers ist ähnlich wie beim MOBILER (Kap. 3.2.2) möglich, jedoch ist systembedingt durch die Halterung mit Hilfe des Hakens, nur ein Abkippen über das Fahrzeugheck (einseitig) möglich.

### 3.2.4 Sattelanhänger

Sattelanhänger sind Anhänger für Straßenfahrzeuge, welche über einen Königszapfen am Anhänger und eine dazu passende Vertiefung am Zugfahrzeug mit dem LKW verbunden werden. [17, S. 58]

Sattelanhänger können sowohl kranbar, als auch nicht kranbar ausgeführt sein. Kranbare Anhänger zeichnen sich dadurch aus, dass sie mithilfe eines Greifers an einem Portalkran (Kap. 3.1.1) oder Reach Stacker (Kap. 3.1.2) auf Eisenbahnwaggons verladen werden können. Dazu weisen die Fahrzeuge eine Bodenfreiheit von 170 mm auf und sind mit einem klappbaren Unterfahrschutz sowie einer Entlüftung der Luftfederung ausgestattet. Am Anhängerrahmen sind vier Anhebestellen ausgebildet, in welche das Umschlaggerät eingreift und den Anhänger heben kann. Im Eisenbahnverkehr wird der Sattelanhänger meist alleine ohne Zugmaschine (unbegleiteter kombinierter Verkehr) auf Taschenwägen transportiert. [17, S. 58 f.]

Bei nicht kranbaren Anhängern ist es üblich, dass das Zugfahrzeug gemeinsam mit dem Anhänger transportiert wird (begleiteter kombinierter Verkehr) [17, S. 60], was zu einem höheren Gewicht der transportierten Einheit führt und dadurch im Bezug auf die maximal zulässige Achslast (siehe auch Kap. 2.5) problematisch werden kann.

## 4 Beispiele im Betrieb

### 4.1 Rhätische Bahn - Schweiz

Die RhB in der Schweiz betreibt ein 385 km langes Streckennetz mit einer Spurweite von 1000 mm [30]. Auf diesem Netz wurden im Jahr 2021 522 000 km zurückgelegt, dabei wurden in Summe 618 000 t Güter transportiert. [16]

Der Güterverkehr auf der RhB wird sowohl in konventioneller Weise (Stück- und Massengutverkehr), als auch im kombinierten Verkehr transportiert. Beim kombinierten Verkehr werden ACTS, Container (gem. *DIN 15 190* [12], *ISO 668* [20] und *EN 284* [38]) und Sattelaufieger verladen. Die Verladung selbst erfolgt mit Hilfe von Portalkranen (Kap. 3.1.1) und Reach Stackern (Kap. 3.1.2). Zusätzlich dazu verlädt die RhB auch ACTS-Behälter (Kap. 3.2.3).

Die RhB betreibt mehrere Umschlagsterminals im gesamten Kanton Graubünden, wie in Abbildung 12 erkennbar ist.

An 18 Bahnhöfen ist der Umschlag von ACTS-Containern möglich, bei 8 Umschlagpunkten ist der Umschlag von Wechselbehältern mit Hilfe von Krananlagen möglich. [35]

Zusätzlich zu den Anschlüssen an das Straßennetz, besteht im Umschlagzentrum Landquart die Möglichkeit direkt vom Schmalspurnetz der RhB ins Normalspurnetz der schweizerischen Bundesbahnen (SBB) umzuladen.

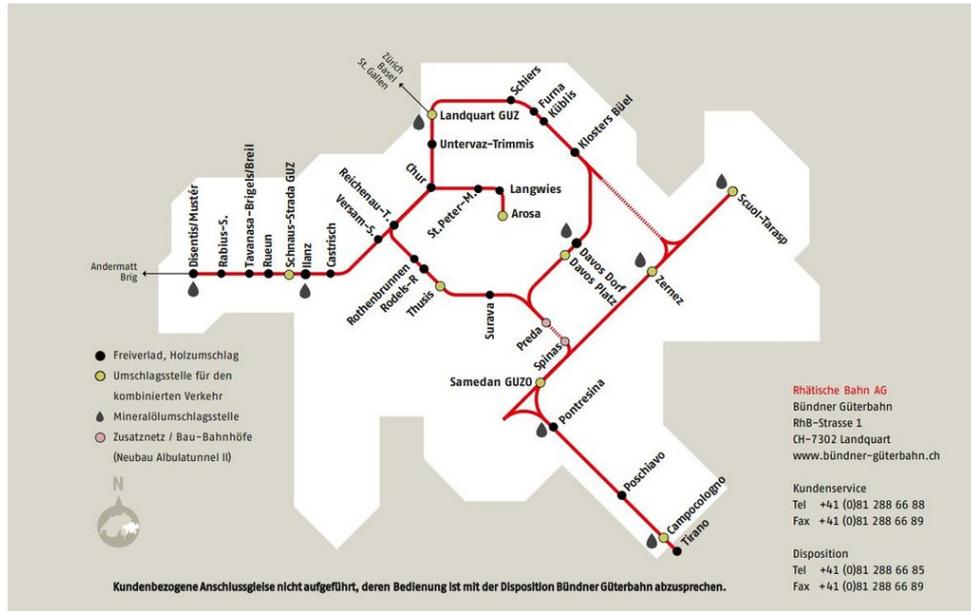
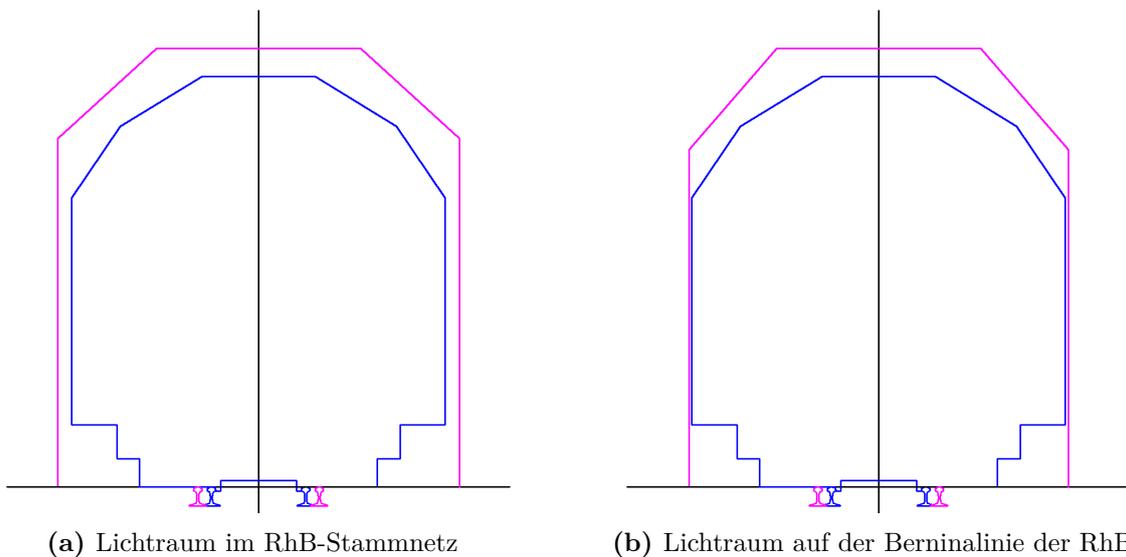


Abb. 12: Bedienungsnetz der Bündner Güterbahn (RhB) (Quelle: [28])



(a) Lichtraum im RhB-Stammnetz

(b) Lichtraum auf der Berninalinie der RhB

Abb. 13: Vergleich der Lichtraumprofile der RhB (in Rosa dargestellt) und dem Schmalspur-Lichtraum der ZOV 7 [41] (in Blau dargestellt)

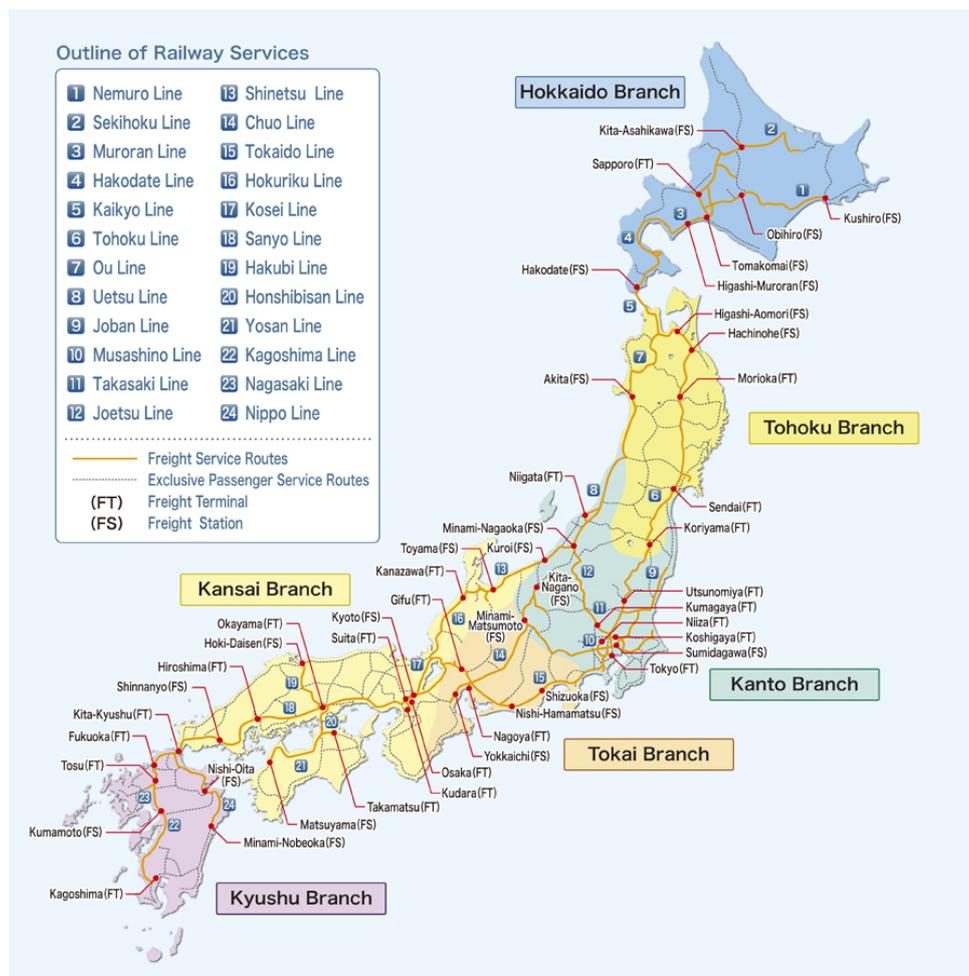
In Abb. 13 sind die Lichträume der RhB verglichen mit denen der ZOV 7 [41] dargestellt. Man kann erkennen, dass die Lichträume nach oben hin und in den Eckbereichen mehr Platz bieten als der Schmalspurlichtraum der ZOV 7 [41] und dadurch die Containerverladung auf Wägen mit niedriger Wagenbodenhöhe (z. B. Sb oder Re-t aus Tab. 2) möglich ist. Der historisch begründete Unterschied der Lichträume in den Abb. 13a und Abb. 13b spiegelt sich auch in den Stromsystemen der beiden Bahnen wieder. Auf der Berninabahn wird der Zugverkehr mit 1000 V Gleichstrom abgewickelt, im Stammnetz kommen 11 kV Wechselspannung mit einer Frequenz von 16,7 Hz zum Einsatz.

Auf dem Netz der RhB gilt eine maximale Radsatzlast (Achslast) von 16 t, wodurch das Wagengewicht bei einem 4-Achsigem Tragwagen maximal 64 t beträgt. Durch diese erhöhte Achslast können problemlos vollbeladene ISO-Container transportiert werden. Die auf Seite 8 in Tab. 2 beschriebenen Waggons der RhB sind alle leichter als 33,52 t, was das verbleibende

maximale Eigengewicht in dem Fall wäre. Im Bezug auf die Achslast gibt es auf den Strecken der RhB noch eine Besonderheit: Die Endwagen des Zuges müssen im unbeladenen Zustand eine Mindestachslast von 11 t (Taragewicht) aufweisen, um für ausreichende Entgleisungssicherheit im Winter zu sorgen.<sup>3</sup>

## 4.2 Japan Freight Railway Company - Japan

Japan Freight Railway Company (JR Freight oder JRF) betreibt 75 Güterzuglinien auf dem regionalen Netz der Japan Railways (JR) welches eine Spurweite von 1067 mm (Kapspur) aufweist. Das Streckennetz der JR welches JR Freight befährt ist 7956,6 km lang. Täglich legen 414 Güterzüge eine Distanz von 187 000 km zurück und transportieren dabei in Summe 26 990 t Güter. [9]



**Abb. 14:** Netz der Japan Freight Railway Company (Quelle: [9])

In der Abbildung 14 ist zu erkennen, dass JR Freight sowohl Güterterminals und kleinere Güterbahnhöfe in ganz Japan betreibt.

Im Jahr 2020 wurden 18 840 000 t des Gütervolumens in Containern transportiert (70 % des Gesamtvolumens), 16 % davon entfallen auf Lebensmitteltransporte und damit auf die größte transportierte Warengruppe. [9]

<sup>3</sup>BIERI, André, 2022. WG: Kontaktformular Homepage (Güterbahn) [EMail]. 29.06.2022, 14:37

### 4.3 Trans Freight Rail - Südafrika

Trans Freight Rail (TFR) betreibt in Südafrika ein ungefähr 31 000 km langes Streckennetz, mit einer Spurweite von 1067 mm (Kapspur). Das Netz ist verbunden mit den Nachbarstaaten, in denen die Spurweite ebenfalls 1067 mm beträgt.

Das Netz ist in 6 Korridore eingeteilt, auf denen unterschiedliche Warengruppen vorherrschend sind und daher die Anforderungen auch unterschiedlich sind. Diese Korridore bilden das 12 801 km lange Kernnetz. Im Allgemeinen können auf den Hauptstrecken Wägen mit Achslasten von 20 t verkehren, auf der Erzlinie sind bis zu 30 t Achslast möglich. [33, S. 6]

In der Abbildung 15 ist das Streckennetz dargestellt, welches sich über ganz Südafrika erstreckt.



Abb. 15: Netz der Trans Freight Rail (Quelle: [33, Fig. 1])

Im Jahr 2021 hat TFR 17 889 Twenty-Foot Equivalent Units (TEUs) transportiert, was 63 400 000 t entspricht, üblicherweise werden von der TFR nur ISO-Container transportiert. [33, S. 14]

### 4.4 Zillertalbahn - Österreich

Die Zillertaler Verkehrsbetriebe AG (ZVB) hat im Jahr 2021 den Güterverkehr von Jenbach nach Fügen im Zillertal (Spurweite 760 mm) nach 8 Jahren Pause wieder aufgenommen. [19] Einerseits wird Rundholz von Jenbach nach Fügen transportiert, andererseits werden seit 2022 auch Holzprodukte von Fügen nach Jenbach transportiert.

Der Rundholztransport passiert dabei auf normalen Schmalspurwägen, welche im Bahnhof Jenbach mit Umschlagbaggern beladen werden. Der Transport der Holzprodukte (Schnittholz und Pellets) erfolgt im Rollwagenverkehr. Die Normalspurwägen werden in Fügen bei der Firma Binderholz beladen und in Jenbach dem Normalspurnetz übergeben. [6]

Im Jahr 2021 (von Mai bis zum Jahresende) konnten so 120 146 t Rundholz transportiert werden. Bei Schnittholz und Pellets wird für 2022 ein Transportaufkommen von 1000 Wagen

erwartet. [6] Von Mai 2021 bis Mai 2022 konnten die ZVB in Summe 582 Güterzüge bzw. 4649 Waggons transportieren, was fast 192 596 Nettotonnen entspricht. [40]

## 5 Fazit

Grundsätzlich ist festzuhalten, dass es nicht möglich erscheint, allgemeingültige Aussagen über den intermodalen Güterverkehr auf Schmalspureisenbahnen zu formulieren, da der Begriff zu viele verschiedene Speziallösungen vereint.

„Gerade im Schmalspurnetz sind generelle Aussagen schwierig – außer, dass alles speziell ist.“

*Dipl.-Ing. Markus Schreilechner, NÖVOG<sup>4</sup>*

So ist es Abhängig vom Lichtraumprofil ob und welche Wägen und Wechselbehälter zum Einsatz kommen können. Bei der RhB ist es beispielsweise üblich, dass ISO-Container verladen werden, beim österreichischen Lichtraumprofil ohne Elektrifizierung und Rollbockverkehr (vgl. Kapitel 2.4) erscheint ein Transport von ISO-Containern jedoch nicht (oder nur mit speziell angefertigten Wägen) möglich bzw. müssten die vorhandenen Lichtraumprofile im Bereich von Kunstbauten (Tunnel und Überführungen) vergrößert werden. Insofern ist also bei bereits bestehenden Schmalspurbahnen eine vertiefte Untersuchung für den Einzelfall erforderlich, ob ein gegebener Wagen mit der vorgesehenen ITE auf der Bestandsstrecke eingesetzt werden kann.

Um Aussagen darüber treffen zu können, ob sich eine Schmalspureisenbahn für den intermodalen Güterverkehr eignet, müssten die folgenden Punkte tiefergehend untersucht werden:

- Lässt das Betriebskonzept zusätzliche (Güter-)Züge auf der Strecke zu?
- Ist ein Transport von ITE im vorhandenen Lichtraumprofil möglich?
- Können die maximalen Achslasten bei den geplanten ITE eingehalten werden oder wäre es sinnvoller andere Ladeeinheiten zu wählen?

Bei der Recherche konnten keine Bahnen mit 760 mm Spurweite gefunden werden, welche auch intermodalen Güterverkehr abwickeln. Es kann daher nicht ausgeschlossen werden, dass im Zuge vertiefter Untersuchungen noch weitere Fragestellungen auftreten, welche einen intermodalen Güterverkehr auf Schmalspureisenbahnen verhindern.

Die in Kap. 3.1 dargestellten Beispiele zeigen, dass auch auf kleinen Terminals beachtliche Gütermengen effizient umgeschlagen werden können, die Beispiele aus Kap. 3.2 zeigen, dass ein Umschlag von geringeren Mengen sogar auf einfachen Ladegleisen möglich ist und ein solcher Umschlag bei den normalspurigen Eisenbahnen auch bereits durchgeführt wird. Die aufgezeigten Systeme (sowohl ortsfest, als auch -ungebunden) aus Kap. 3 sind wahrscheinlich für den Einsatz im Bereich österreichischen Schmalspureisenbahnen geeignet, wenn die oben beschriebenen Rahmenbedingungen (Achslasten, Lichtraum, etc.) das ermöglichen.

Auch muss beachtet werden, ob in den Verknüpfungsbahnhöfen (Normal- und Schmalspur) bereits Infrastruktur für den Umschlag von ITE vorhanden ist. Je nach der vorhandenen Infrastruktur kann die Betriebsaufnahme von Güterverkehr auf der Schmalspurbahn einfacher oder komplexer sein, und mit eventuellen zusätzlichen Investitionen verbunden sein.

Die Beispiele aus Kap. 4 zeigen sehr eindrucksvoll, dass auf Schmalspurbahnen auch große Mengen Güter transportiert werden können, jedoch muss angemerkt werden, dass bei den Beispielen aus Japan und Südamerika das bestehende Netz eher mit dem österreichischen Normalspurnetz zu vergleichen ist. Unabhängig davon zeigen die Beispiele, dass der intermodale Güterverkehr auf

<sup>4</sup>SCHREILECHNER, Markus, 2022. AW: Anfrage (214047) Kontaktanfrage auf noevog.at [EMail]. 09.08.2022, 10:47

Schmalspureisenbahnen technisch möglich ist und genutzt wird. Die Reaktivierung des Güterverkehrs auf der Zillertalbahn zeigt, dass auch die nicht verbundenen Schmalspurbahnen einen Beitrag zur Reduktion des Güterverkehrs auf der Straße beitragen können, obwohl sie in den Verknüpfungsbahnhöfen zusätzliche Umschlagarbeiten erfordern. Die rhätische Bahn aus der Schweiz zeigt, dass auch im inneralpinen Bereich intermodaler Güterverkehr möglich ist, wobei auch hier der netzförmige Charakter nicht außer Acht gelassen werden darf.

## Abbildungsverzeichnis

1	Eingliedrige Transportkette . . . . .	4
2	Mehrgliedrige Transportkette . . . . .	4
3	Definition der Spurweite . . . . .	5
4	Allgemeine Darstellung der Begrenzungslinien . . . . .	6
5	Vergleich der Lichtraumprofile gem. ZOV 7 . . . . .	7
	a Lichtraumprofile ohne Elektrifizierung . . . . .	7
	b Lichtraumprofile mit Elektrifizierung . . . . .	7
6	Vergleich der Lichtraumprofile mit ISO-Containern . . . . .	8
7	Vergleich der Streckenverläufe der Mariazellerbahn und der Zillertalbahn . . . . .	10
	a Streckenverlauf Mariazellerbahn . . . . .	10
	b Streckenverlauf der Zillertalbahn . . . . .	10
8	Entwurf eines kostengünstigen Terminals nach Riedl und Müller . . . . .	11
9	Umladevorgänge mit mobiler Container Umsetzer (MCU) . . . . .	13
	a Verladung mittels MCU auf die Schiene . . . . .	13
	b Abladen mittels MCU auf den Boden . . . . .	13
	c Abladen mittels MCU auf einen Container . . . . .	13
10	Platzbedarf beim Umladevorgang mittels MOBILER . . . . .	13
11	Platzbedarf beim Umladevorgang mittels Abroll-Container-Transport-System . . . . .	14
12	Bedienungsnetz der Bündner Güterbahn (RhB) . . . . .	16
13	Vergleich der Lichtraumprofile der RhB und den Lichträumen der ZOV 7 [41] . . . . .	16
	a Lichtraum im RhB-Stammnetz . . . . .	16
	b Lichtraum auf der Berninabahn der RhB . . . . .	16
14	Netz der Japan Freight Railway Company . . . . .	17
15	Netz der Trans Freight Rail . . . . .	18

## Tabellenverzeichnis

1	Schmalspurbahnen in Österreich . . . . .	5
2	Exemplarische Wägen für den Vergleich in Abb. 6 und die Betrachtungen in Kap. 2.5 . . . . .	8

## Abkürzungsverzeichnis

**ACTS** Abroll-Container-Transport-System

**bzw.** beziehungsweise

**etc.** et cetera

**gem.** gemäß

**ISO** International Organization for Standardization

- ITE** intermodale Transporteinheit
- JR** Japan Railways
- JR Freight/JRF** Japan Freight Railway Company
- K.u.K.** kaiserlich und königlich
- KV** kombinierter Verkehr
- LKW** Lastkraftwagen
- MCU** mobiler Container Umsetzer
- MZB** Mariazellerbahn
- ÖBB** Österreichische Bundesbahn
- RCA** Rail Cargo Austria AG
- RCG** Rail Cargo Group
- RhB** rhätische Bahn
- SBB** schweizerische Bundesbahn
- SOK** Schienoberkante
- TEU** Twenty-Foot Equivalent Unit
- TFR** Trans Freight Rail
- TSI** Technische Spezifikationen für die Interoperabilität
- UIRR** Internationale Vereinigung der Gesellschaften für den Kombinierten Verkehr Schiene-Straße
- ZOV** Zusatzoberbauvorschrift
- ZVB** Zillertaler Verkehrsbetriebe AG

## Literaturverzeichnis

- [1] *Allgemeine Bedingungen der Internationalen Vereinigung der Gesellschaften für den Kombinierten Verkehr Schiene-Straße (UIRR)*. Brüssel: UIRR S.C., 1. Juli 1999.
- [2] *B 50 – Teil 3 Oberbauberechnung*. techn. Regelwerk. Wien: ÖBB-Infrastruktur AG, 1. März 2012.
- [3] *Bahnanwendungen – Streckenklassen zur Behandlung der Schnittstelle zwischen Lastgrenzen der Fahrzeuge und Infrastruktur; Deutsche Fassung EN 15528:2021*. Norm. Brüssel: CEN - Europäisches Komitee für Normung, Feb. 2022.
- [4] *Bahnanwendungen – Begrenzungslinien – Teil 1: Allgemeines – Gemeinsame Vorschriften für Infrastruktur und Fahrzeuge; Deutsche Fassung EN 15273-1:2013+A1:2016*. Norm. Brüssel: CEN - Europäisches Komitee für Normung, Okt. 2017.
- [5] *Bahnanwendungen – Oberbau – Gleislagequalität – Teil 1: Beschreibung der Gleisgeometrie; Deutsche Fassung EN 13848-1:2019*. Norm. Brüssel: CEN - Europäisches Komitee für Normung, März 2019.

- [6] R. Beier. „Stadt-, Lokal- und Werksverkehr“. In: *Schienenverkehr aktuell / Eisenbahn Österreich* 4 (2022), S. 216–217.
- [7] W. Bergmüller. „Verschiebeelement zum Umsetzen von Wechsel-Behältern, Containern und Flats“. Dt. Pat. 4208934. 18. Apr. 1996.
- [8] *Bernegger verlagert den Transport hochwertiger Rohstoffe nachhaltig auf die Schiene*. Bernegger GmbH. URL: <https://www.bernegger.at/index.php/ueber-uns/308-bahnverladung.html> (Zugriff am 03.09.2022).
- [9] *Corporate Overview*. Japan Freight Railway Company. 2022. URL: <https://www.jrfreight.co.jp/en/corporate-overview> (Zugriff am 11.08.2022).
- [10] *Das System*. ACTS Abroll-Container-Transport-Service AG. URL: [https://www.actsag.ch/images/downloads/Das\\_System\\_ACTS.pdf](https://www.actsag.ch/images/downloads/Das_System_ACTS.pdf) (Zugriff am 09.09.2022).
- [11] *Das System ACTS*. ACTS Abroll-Container-Transport-Service AG. URL: <https://www.actsag.ch/de/system> (Zugriff am 09.09.2022).
- [12] *DIN 15 190 Teil 101: Frachtbehälter - Binnencontainer - Hauptmaße, Eckbeschläge, Prüfungen*. Norm. Berlin: DIN Deutsches Institut für Normung e. V., Apr. 1991.
- [13] *DIN 30722:2021 12: Abrollkipperfahrzeuge, Abrollbehälter - Allgemeine Anforderungen und Kennzeichnung*. Norm. Berlin: DIN Deutsches Institut für Normung e. V., Dez. 2021.
- [14] M. Fassbender. „Die zweckmäßigste Schmalspurweite“. In: *Die Lokomotive* 17. Jahrgang (Jan. 1920). ANNO/Österreichische Nationalbibliothek, S. 1–3.
- [15] J. Fiedler. *Grundlagen der Bahntechnik : Eisenbahnen, S-, U- und Straßenbahnen*. 2., überarb. u. erw. Aufl. Düsseldorf: Werner, 1980.
- [16] *Geschäftsbericht 2021*. Jahresbericht. Chur: Rhätische Bahn AG, 2021.
- [17] M. Gronalt, L. Höfler, D. Humpl, A. Käfer, H. Pehersdorfer, M. Posset, H. Prippl und F. Starkl. *Handbuch intermodaler Verkehr: kombinierter Verkehr: Schiene - Straße - Binnenwasserstraße*. 1. Aufl. Wien: Bohmann, 2010.
- [18] *Güterwagen und innovative Transport- und Umschlaglösungen der Rail Cargo Group*. Rail Cargo Group. Feb. 2022. URL: [https://www.railcargo.com/dam/jcr:8a794421-0d13-4c29-ab8d-6954a0a57c0b/RCG\\_G%C3%BCterwagenkatalog%202022web%20116022-1589.pdf](https://www.railcargo.com/dam/jcr:8a794421-0d13-4c29-ab8d-6954a0a57c0b/RCG_G%C3%BCterwagenkatalog%202022web%20116022-1589.pdf) (Zugriff am 25.08.2022).
- [19] *Holz wird wieder auf Schiene transportiert*. Österreichischer Rundfunk. 22. Apr. 2021. URL: <https://tirol.orf.at/stories/3100300/> (Zugriff am 20.08.2022).
- [20] *ISO 668:2020: Series 1 freight containers — Classification, dimensions and ratings*. Norm. Geneva: ISO - International Organization for Standardization, 2020.
- [21] *Jahresbericht / Schienen-Control*. Schienen-Control GmbH, VerfasserIn, 2020.
- [22] A. Koller. „Konzipierung eines mobilen Container-Umsetzers : Hubsystem und Containeraufnahme“. Diplomarbeit. Technische Universität Wien, 2012. DOI: 20.500.12708/12924.
- [23] A. Lang. „Konzipierung eines mobilen Container-Umsetzers : Führungssystem und Schlitten“. Diplomarbeit. Technische Universität Wien, 2012. DOI: 20.500.12708/13186.
- [24] *MCU - Mobiler Container-Umsetzer*. HET Hochleistungs- Eisenbahn- und Transporttechnik Entwicklungs-GmbH. URL: <http://www.het-engineering.com/produktentwicklung/mcu.html> (Zugriff am 25.08.2022).
- [25] R. Menius und V. Matthews. *Bahnbau und Bahninfrastruktur : ein Leitfaden zu bahnbezogenen Infrastrukturthemen*. 10. Auflage. Wiesbaden: Springer Vieweg, 2020. DOI: 10.1007/978-3-658-27733-8.

- [26] *MOBILER, Linking Rail and Road*. Rail Cargo Group. Sep. 2021. URL: <https://www.railcargo.com/de/dms/rcg-mobiler-de.pdf> (Zugriff am 09.05.2022).
- [27] *Mobilitätsmasterplan 2030 für Österreich*. Techn. Ber. Wien: Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie, 2021. 68 S.
- [28] *Netzübersicht*. Rhätische Bahn AG. 2022. URL: <https://www.rhb.ch/de/buendner-gueterbahn/bedienungspunkte/netzuebersicht> (Zugriff am 11.08.2022).
- [29] OpenStreetMap–Mitwirkende. *OpenStreetMap*. URL: <https://www.openstreetmap.org> (Zugriff am 22.08.2022).
- [30] Rhätische Bahn AG. *Infrastruktur - Kennzahlen*. 2022. URL: <https://www.rhb.ch/de/unternehmen/kennzahlen/infrastruktur> (Zugriff am 04.08.2022).
- [31] A. Riedl und W. Müller. „Low Cost Terminals im Kombinierten Verkehr Schiene-Straße“. In: *Eisenbahntechnische Rundschau* 47 (1998), S. 228–230.
- [32] C. Seidelmann. *40 Jahre kombinierter Verkehr Straße-Schiene in Europa : vom Huckepackverkehr zum intermodalen Transportsystem*. Brüssel: UIRR sclr, 2010.
- [33] *Trans Freight Rail 2021*. annual report. Johannesburg: Transnet, 2021.
- [34] M. Trully. „Konzipierung eines mobilen Container-Umsetzers: Trägerantrieb, Niveauregulierung und Gesamtkonzept“. Diplomarbeit. Technische Universität Wien, 2012.
- [35] *Umschlagstellen*. Rhätische Bahn AG. 2022. URL: <https://www.rhb.ch/de/buendner-gueterbahn/bedienungspunkte/umschlagsstellen> (Zugriff am 11.08.2022).
- [36] UN-Wirtschaftskommission für Europa (UN/ECE). *Terminologie des kombinierten Verkehrs*. New York, Geneva: UN/ECE, ECMT, EC, United Nations, 2000.
- [37] *Wechselbehälter*. Rhätische Bahn AG. 2022. URL: <https://www.rhb.ch/de/buendner-gueterbahn/gueterwagen/wechselbehaelter-wb> (Zugriff am 27.08.2022).
- [38] *Wechselbehälter – Nicht stapelbare Wechselbehälter der Klasse C – Maße und allgemeine Anforderungen; Deutsche Fassung EN 284:2006*. Norm. Brüssel: CEN - Europäisches Komitee für Normung, Jan. 2006.
- [39] H. Wenger. *UIRR 30 Jahre : Geschichte der Internationalen Vereinigung der Gesellschaften für den kombinierten Verkehr Schiene-Straße (UIRR) und des kombinierten Güterverkehrs Schiene-Straße in Europa 1970 - 2000*. Brüssel: UIRR S.C., 2001.
- [40] *Zillertaler Verkehrsbetriebe schreiben trotz Krisenjahr schwarze Zahlen*. Zillertaler Verkehrsbetriebe AG. 19. Aug. 2022. URL: <https://www.zillertalbahn.at/page.cfm?vpath=aktuell/aktuelles&genericpageid=2995> (Zugriff am 20.08.2022).
- [41] *Zusatzoberbauvorschrift 7 – Umgrenzung des lichten Raumes und Gleisabstand – Zu DV B 51, Pkt. 14, 75 und 225*. techn. Regelwerk. Wien: Österreichische Bundesbahn, 1980.