



Untersuchung und Erprobung einer technischen Lösung zur vertikalen Stapelung (Stacking) von Sattelanhängern in Umschlaganlagen des intermodalen Verkehrs

## Schlussbericht zum Verwendungsnachweis

**dfl duisport facility logistics GmbH**

Zuwendungsempfänger: dfl duisport facility logistics GmbH	Förderkennzeichen: 19G13008B
Vorhabenbezeichnung: <b>VertiModal</b> - Untersuchung und Erprobung einer technischen Lösung zur vertikalen Stapelung (Stacking) von Sattelanhängern in Umschlaganlagen des intermodalen Verkehrs	
Laufzeit des Vorhabens:	01.10.2013 – 30.06.2016
Berichtszeitraum:	01.10.2013 – 30.06.2016

Duisburg, Februar 2017

## Inhalt

I.	Kurzdarstellung.....	4
1.	Aufgabenstellung.....	4
2.	Voraussetzungen, unter denen das Vorhaben durchgeführt wurde.....	6
3.	Planung und Ablauf des Vorhabens.....	9
4.	Wissenschaftlicher und technischer Stand, an den angeknüpft wurde.....	10
5.	Zusammenarbeit mit anderen Stellen .....	12
II.	Eingehende Darstellung .....	14
1.	Verwendung der Zuwendung und des erzielten Ergebnisses im Einzelnen, mit Gegenüberstellung der vorgegebenen Ziele .....	14
2.	Wichtigste Positionen des zahlenmäßigen Nachweises .....	34
3.	Notwendigkeit und Angemessenheit der geleisteten Arbeit.....	34
4.	Voraussichtlicher Nutzen, insbesondere der Verwertbarkeit des Ergebnisses im Sinne des fortgeschriebenen Verwertungsplans .....	34
5.	Während der Durchführung des Vorhabens dem ZE bekannt gewordener Fortschritt auf dem Gebiet des Vorhabens bei anderen Stellen .....	34
6.	Erfolgte oder geplante Veröffentlichungen des Ergebnisses .....	35

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Güterverkehrsprognosen (eigene Darstellung) .....	4
Abbildung 2: Entwicklung der auf der Schiene beförderten Sattelanhänger in Deutschland (eigene Darstellung nach Destatis) .....	7
Abbildung 3: Flächenbedarf Trailer und Container (20') .....	8
Abbildung 4: Flächenverbrauch eines Trailers im Vergleich zu einen 40'-Container.....	8
Abbildung 5: Zeitplanung VertiModal .....	10
Abbildung 6: Lichtraumprofil Bahn und Abmessungen Rahmenkonstruktion .....	15
Abbildung 7: Beispiel für Greifwinkel eines Reachstackers .....	16
Abbildung 8: Anforderungen an die Konstruktion.....	16
Abbildung 9: Auszug aus der Mindmap zur Vorauswahl für Lösungsansatz .....	18
Abbildung 10: Lösungsvariante 1 .....	18
Abbildung 11: Lösungsvariante 2a .....	19
Abbildung 12: Lösungsvariante 2b .....	19
Abbildung 13: Lösungsvariante 2b 3D .....	20
Abbildung 14: Lösungsvariante 3 .....	20
Abbildung 15: Entwurfsplanung VertiModal .....	22
Abbildung 16: Bau der Stahlkonstruktion bei der Firma Beeser .....	24
Abbildung 17: Aufbau der Auffahrrampe bei der Firma Beeser .....	25
Abbildung 18: Impressionen Feldversuche .....	28
Abbildung 19: v.r.n.l. Radmulden, Rampe, Verbindung Quer-und Längsträger .....	29
Abbildung 20: Prozess mit Einsatz einer Stapellösung Verladung LKW – Waggon .....	29
Abbildung 21: Prozess der Einlagerung .....	30
Abbildung 22: Anpassung der Stellflächen auf dem Terminal .....	30
Abbildung 23: Anpassung der Stellflächen auf dem Terminal II .....	31
Abbildung 24: Alternative Stellplatzkonfigurationen .....	31

# I. Kurzdarstellung

## 1. Aufgabenstellung

Ein effizienter und zuverlässiger Transport von Gütern und Produktionsmitteln stellt das Rückgrat einer Volkswirtschaft und des internationalen Handels dar. Aufgrund der zentralen geographischen und wirtschaftlichen Stellung in Europa ist die Bundesrepublik Deutschland von der starken Zunahme internationaler Verkehrsströme betroffen. Während Überseeverkehre fast ausschließlich mithilfe von standardisierten Ladeeinheiten, vorrangig ISO-Containern, abgewickelt werden, stellen im innereuropäischen Gütertransport Sattelanhänger (Trailer) die hpts. genutzte Ladeeinheit dar. Diese Transporte werden bisher vorrangig auf der Straße, durchgeführt. In den vergangenen Jahren hat sich jedoch der Anteil der Trailer, die im Kombinierten Verkehr (KV) auf der Schiene eingesetzt werden, deutlich erhöht.

Gegenstand des Projektes VertiModal war die Flexibilisierung von KV-Terminals beim Umschlag von Sattelanhängern vor dem Hintergrund erhöhter Anforderungen an Infrastruktur und Infrastrukturmaanagement durch steigende Transportzahlen und unter der berechtigten Annahme eines weiteren Wachstums der Güterströme, selbst durch verhältnismäßig zurückhaltende Prognosen. Einstimmig gingen die wichtigsten Verkehrsprognosen von einer deutlichen Steigerung des Güterverkehrs in den aus. Wie der Tabelle 1 zu entnehmen ist, wird von einer jährlichen Steigerung des Güterverkehrs von 0,9 bis 1,4% ausgegangen. Der Kombinierte Verkehr wird nach einer Studie der BVU Beratergruppe Verkehr + Umwelt GmbH aus dem Jahr 2007 mit 116% bis 2025 sogar noch viermal stärker wachsen. Aktuelle Statistiken belegen zwar den Aufwärtstrend insbesondere des Kombinierten Verkehrs. Aufgrund des weltweiten Konjunkturreinbruchs infolge der Finanzmarktkrise Ende 2007, blieben die Zahlen jedoch insgesamt den Erwartungen zurück, so dass neue Verkehrsprognosen, die im Rahmen des Bundesverkehrswegeplans 2015 erarbeitet werden, als Bewertungsgrundlage infrastruktureller Maßnahmen notwendig sind.

Steigerung	Zeitraum	Titel	Autor	Auftraggeber
<b>+28%</b> (KV sogar +116%)	Bis 2025	Prognose der deutschlandweiten Verkehrsverflechtungen	BVU Beratergruppe Verkehr + Umwelt GmbH (2007)	BMVBS
<b>+29,4 %</b> (1,4% p.a)	Bis 2030	Blockierte Moderne? Die Auswirkungen des demografischen und wirtschaftsstrukturellen Wandels auf die Verkehrsinfrastruktur in Deutschland bis zum Jahre 2030	Innovationszentrum für Mobilität und gesellschaftlichen Wandel (InnoZ) GmbH (2009)	
<b>+49%</b> (0,9% p.a)	Bis 2050	Abschätzung der langfristigen Entwicklung des Güterverkehrs in Deutschland bis 2050	ProgTrans AG (2007)	BMVBS

Abbildung 1: Güterverkehrsprognosen (eigene Darstellung)

Um die zukünftigen Gütermengen im innereuropäischen Verkehr bewältigen zu können, ist eine effiziente Kombination aller vorhandenen Verkehrsmittel unerlässlich, ansonsten drohen schlimmstenfalls Lieferverzögerungen, Produktionsengpässe und Behinderungen volkswirtschaftlichen Wachstums vor dem Hintergrund einer zunehmend global vernetzten Produktion.

Neben reinen Straßentransporten wird zunehmend durch Speditionen auch die Kombination von Straße und Schiene genutzt, so kann in der Form des Kombinierten Verkehrs der überwiegende Teil des Transportwegs auf der Schiene gebündelt werden und der kürzere Vor- und Nachlauf auf der Straße erfolgen.

Der Wunsch der verladenden Wirtschaft die Möglichkeit zu erhalten, bei Bedarf und ausreichend langer Strecke den KV als Alternative zum Straßengüterverkehr zu nutzen, wird durch Anschaffung kranbarer Sattelaufleger als KV-fähige Ladeeinheiten unterstrichen. Zu erwartende Energiepreissteigerungen, die wachsende Relevanz der Nachhaltigkeit in der Logistik und der zunehmende Fahrerangel sind die wichtigsten Triebfedern dieses Trends. Das Wachstum der Nachfrage ist zudem damit zu begründen, dass dieses Lademittel explizit auf die Bedürfnisse der Speditionsbranche angepasst ist. Die Nachfrage nach Trailern für den Einsatz im Kombinierten Verkehr (KV) hat auf Seiten der verladenden Wirtschaft und der Transporteure seit dem Jahr 2009 deutlich zugenommen. In einer internen Studie, welche die SGKV 2011 für die Fahrzeugwerke Bernard Krone GmbH durchführte, wurde u.a. die Kodifizierungsstelle der Deutschen Bahn befragt. Im Jahr 2011 wurden dort mit 3.253 Einheiten mehr als fünfzehn Prozent der neu zugelassenen Sattelanhänger als kranbare Trailer zugelassen. Dies entspricht einem Anstieg der neu zugelassenen kranbaren Sattelanhänger von knapp 100% - also einer Verdopplung - gegenüber dem Vorjahr (1.630).

Vor diesem Hintergrund ist Ziel des Projektes VertiModal die Flexibilisierung der Umschlagkapazitäten für Sattelanhänger in den KV-Terminals, um vorhandene und zukünftige Potenziale zur Verlagerung von Verkehren von der Straße auf die Schiene effizient nutzen zu können.

Reale Verlagerungspotenziale Straße/Schiene lassen sich aufgrund von Kapazitätsengpässen in den KV-Terminals derzeit nur unzureichend nutzen, z.T. verzichten Terminals in Stadtlage aufgrund mangelnder Flächenverfügbarkeit gezwungenermaßen gänzlich auf den Umschlag von Trailern. Um den erheblichen Raumbedarf von Sattelauflegern in den Terminalstrukturen einzuschränken, musste eine Lösung gefunden werden die dabei hilft, Trailer effizienter abzustellen und umzuschlagen. Dies kann vor allem durch Nutzung der vertikalen Ebene gelingen, indem die Trailer durch eine geeignete technische Konstruktion „stapelbar“ bzw. „containerisiert“ werden. Da der Kombinierte Verkehr als System mit sehr geringen Gewinnmargen einer starken Konkurrenz zum herkömmlichen Straßengüterfernverkehr ausgesetzt ist, steht in diesem Zusammenhang die Wirtschaftlichkeit eines solchen neu zu entwickelnden Systems im Vordergrund. Aus diesem Grund scheiden komplexe automatisierte Regalsysteme, wie in den 1990er Jahren von der Fa. Krupp konzeptionell untersucht, oder mehrstufige Parkdeckanlagen aufgrund hoher Investitions- und Betriebskosten von vornherein aus.

Der Projektansatz von VertiModal konzentrierte sich vielmehr auf eine offene Rahmenlösung, ähnlich dem Tragrahmen eines im globalen Warenhandel bewährten ISO-Containers, welche den Trailer aufnehmen und in die Abstellvorgänge des Terminals integrieren wird.

Durch die Rahmenkonstruktion wird der Trailer wie ein Container behandelt und kann die Vorzüge der Containerstapelung nutzen, ohne dass es weiterer Regale o.ä. bedarf. Grundvoraussetzung für die Umsetzung ist die Kombinationsfähigkeit mit vorhandenem Umschlaggerät (Kran, Reachstacker) und die Beachtung der systemischen Rahmenbedingungen (Machbarkeit, finanzieller Aufwand, technische Anforderungen) in Umschlaganlagen des Kombinierten Verkehrs, so dass eine größtenteils identische Behandlung wie mit Containern erfolgen kann.

Durch die Herausstellung einer geeigneten Lösung bietet VertiModal einen praxisnahen Ansatz, um das System „Kombinierter Verkehr“ deutlich effizienter zu gestalten und die Flexibilität und Nutzbarkeit im Handling von steigenden Trailertransporten marktgerecht zu entwickeln. Die dem Projekt zugrunde liegenden Zielstellungen lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- Verbesserung der Flexibilität im Terminal im Umgang mit Sattelaufliegern durch Bereitstellung einer technischen Lösung zur „Containerisierung“ von Sattelaufliegern
- Verbesserung der Angebotsstruktur von Terminals durch erweiterte Kapazitäten und eine Verbesserung der Terminalleistungen durch die Möglichkeit, erweitertes Handling von Trailern bei gleichbleibendem Flächenverbrauch anzubieten
- Verbesserung der Auslastung und wirtschaftlichen Nutzung von Terminals durch die erweiterte Angebotsstruktur und ggf. sinkende Kosten für Trailerumschläge durch reduzierte Fixkosten aufgrund von Mehrkapazitäten

Das Projekt VertiModal hat sich, wie skizziert, die „Containerisierung“ von Sattelanhängern für die Stapelung in KV-Terminals zum Ziel gesetzt. Die Beseitigung von Engpässen beim Trailerumschlag in den Terminals durch ineffiziente Flächennutzung fördert die weitere Verlagerung von der Straße auf die Schiene, welches ein erklärtes Ziel der Bundesregierung ist. Diese zusätzliche Verlagerung von Sattelanhängern, die sonst auf der Straße fahren würden und keine Konkurrenz zum Übersee-Containertransport darstellen, entlastet darüber hinaus die straßenseitige Infrastruktur. Insbesondere Brücken werden stark durch Lkw-Verkehre beeinträchtigt, was bereits zur dauerhaften Sperrung von Brücken, wie der A1-Rheinbrücke bei Leverkusen für Lkw über 3,5 Tonnen, geführt hat<sup>1</sup>. Ein Nebeneffekt der Verlagerung wäre zudem die Verringerung des Ausstoßes gesundheits- und klimaschädlicher Schadstoffe, deren volkswirtschaftliche Kosten nur geschätzt werden können. Direkte Auswirkungen auf Produktions- und Verkehrswirtschaft sowie indirekt auch auf die Bevölkerung ergeben sich somit durch die Beseitigung von Engpassfaktoren im Terminal, dem damit verbundenen verbesserten Güterfluss.

## **2. Voraussetzungen, unter denen das Vorhaben durchgeführt wurde**

Das Statistische Bundesamt weist in seiner Fachreihe 8 (Schienengüterverkehr) für das Jahr 2011 insgesamt 392.000 Ladeeinheiten-Transporte mit Sattelaufliegern aus. Dies entspricht über 10 % am

---

<sup>1</sup> Vgl. <http://www.rp-online.de/bergisches-land/leverkusen/nachrichten/a1-bruecke-500-lkw-pro-stunde-missachten-sperrung-1.3092065> (letzter Zugriff: 30.05.2013)

gesamten intermodalen Verkehr in Deutschland und über 22 % im landgebundenen KV, was die wirtschaftliche Bedeutung dieses Sektors unterstreicht. Wie die amtliche Statistik belegt, hat sich die Zahl der schienenseitig transportierten Sattelanhänger in Deutschland von 2005 bis 2011 von ca. 187.000 auf knapp 440.000 mehr als verdoppelt. Während der begleitete Transport (inkl. Zugmaschine) stagnierte, hat der unbegleitete Transport der Sattelaufleger in diesem Zeitraum um 135% zugenommen, was einer jährlichen Steigerung von knapp 20% entspricht (s. Abb. 2). Neuere Zahlen belegen diesen Trend und zeigen, dass die zu Projektbeginn prognostizierten Zahlen sogar noch übertroffen wurden (siehe Kap. III, Abschnitt 2).

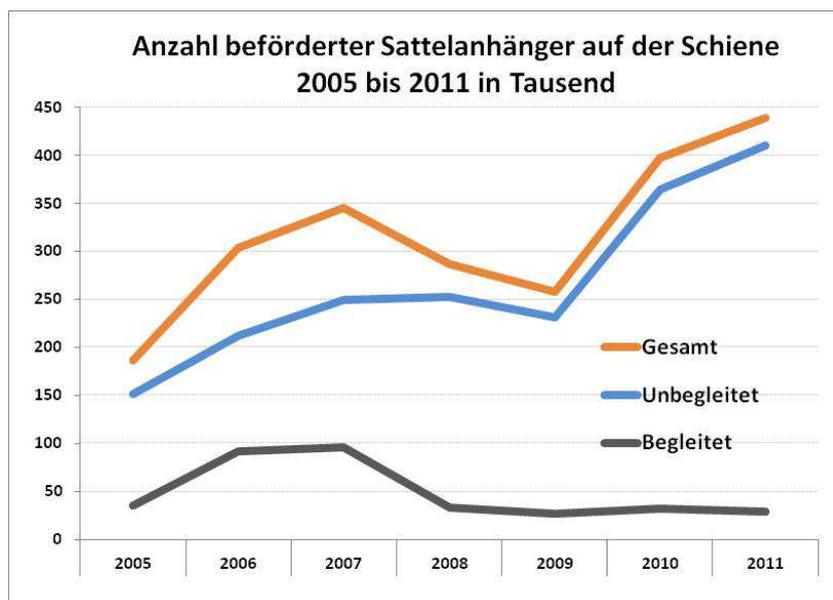


Abbildung 2: Entwicklung der auf der Schiene beförderten Sattelanhänger in Deutschland  
(eigene Darstellung nach Destatis)

Für die Terminals des Kombinierten Verkehrs stellt der Umschlagsprozess der kranbaren Sattelaufleger eine besondere Herausforderung in Hinblick auf die Abstellung dar. Andere Ladeeinheiten, v.a. ISO-Container, sind durch Ihre Stapelbarkeit und die Kranung „von oben“ (während Trailer seitliche Abstände benötigen da Krangreifzangen um das Fahrzeug herum greifen müssen) weit weniger flächenintensiv.

Container werden aufgrund ihrer standardisierten und stapelfähigen Form in mehreren Lagen übereinandergestellt um eine möglichst effiziente Flächenauslastung zu erreichen. Im Binnenterminal ist eine mindestens dreifache Stapelung von Containern üblich. Trailer dagegen können derzeit nicht gestapelt werden und beanspruchen so wertvolle Flächen im Umschlagbereich. Anhand eines vereinfachten Beispiels auf Basis der Rahmenbedingungen im Duisburger Hafen wird im Folgenden die dargestellte Problematik verdeutlicht.

Ein Standard ISO Container hat folgende gerundete Maße: Länge 6,058 m, Breite 2,438 m, Höhe 2,591 m. Ein Standard-Megatrailer, welche die relevante Trailerart für den KV darstellt, hat folgende Maße: Länge 13,62 m, Breite 2,55 m, Höhe 4 m.

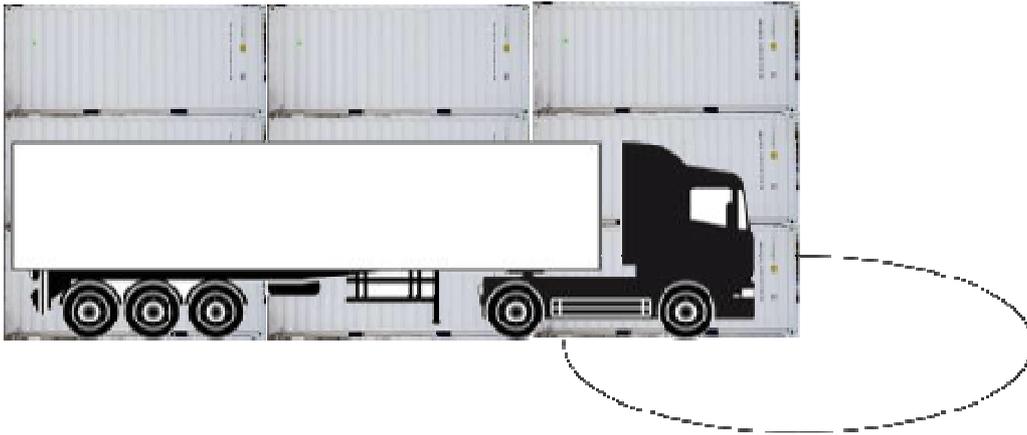


Abbildung 3: Flächenbedarf Trailer und Container (20')

Wie aus Abbildung 3 ersichtlich, benötigt die Abstellung und der Umschlag eines einzelnen Trailers den Platzbedarf von mind. neun TEU (Twenty-foot Equivalent Unit), d.h. neun 20-Fuß-ISO-Container bei dreifacher Stapelung, bei höherer Stapelung vergrößert sich dementsprechend das Verhältnis noch weiter. Vor allem Rangiertätigkeiten für den Trailer, d.h. die notwendige Bewegungsfreiheit für die Sattelzugmaschine führen zu einer erheblichen Erhöhung der Flächeninanspruchnahme für einen einzelnen Trailer, der letztendlich bei der Abstellung eine Grundfläche von ca. 20 x 3 m benötigt.

Ein Trailer entspricht, genau wie ein 40-Fuß-Container, in etwa der Menge von zwei TEU. Terminals sind auf Containerverkehre ausgelegt und im Layout diesbezüglich optimiert. Daraus ergibt sich eine möglichst platzsparende Abstellung der Container, die sich zum einen in der beschriebenen Stapelung und zum anderen in einer möglichst engen Stellweise zum nächstliegenden Container äußert. Dieser Abstand beträgt i.d.R. unter einem Meter. Trailer werden im Gegensatz zu Containern nicht von oben, sondern mit Hilfe eines sog. Piggy-Backs an der Seite mit dem Spreader fixiert. Dies erfordert einen größeren seitlichen Abstand als bei den Containern. In Zusammenhang mit der fehlenden Möglichkeit der Stapelung und des benötigten Platzes für die Sattelzugmaschine ergibt sich ein mehr als fünffach so hoher Flächenbedarf pro TEU des Trailers (ca. 31 m<sup>2</sup>/TEU) gegenüber einem gewöhnlichen Frachtcontainer (ca. 5.5 m<sup>2</sup>/TEU), wie der Abbildung 4 zu entnehmen ist.

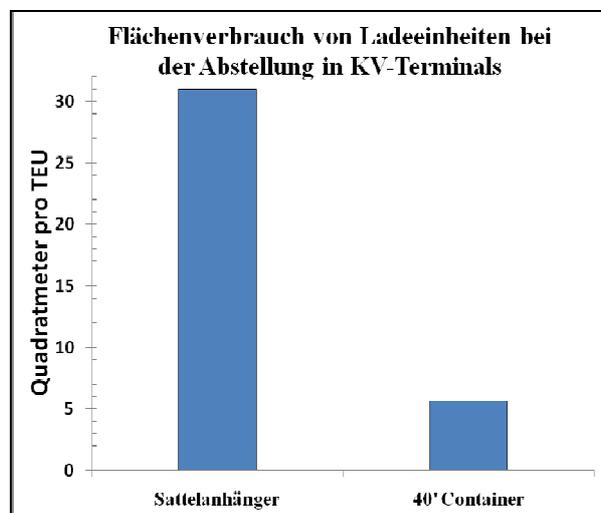


Abbildung 4: Flächenverbrauch eines Trailers im Vergleich zu einen 40'-Container

Zahlreiche Inlandterminals sind trotz Ausbaus an der Kapazitätsgrenze, d.h. sie könnten trotz Bedarf die notwendigen Kapazitäten für weitere Trailertransporte im KV nicht bereitstellen. Die Technik und Organisation eines Terminals berücksichtigen den Umschlag von Sattelaufliegern nur am Rande, was den skizzierten zukünftigen Marktanforderungen nicht entspricht. Der Trend zum Transport von Trailern auf der Schiene, für den eigene Taschenwagen benötigt werden, spiegelt sich auch in der aktuell großen Nachfrage dieser Waggons wider. So hat sich beispielsweise der Hersteller TRARAVAGONKA POPRAD, als Hersteller des T3000 Taschenwagens für Europa, auf die erhöhte Nachfrage eingestellt und eine weitere Fertigungsstraße implementiert, so dass mit nun zwei Fertigungsstraßen bis zu 50 Wagen pro Monat produziert werden können<sup>2</sup>. Bis 2015 werden allein an verschiedene Kunden im deutschsprachigen Bereich insgesamt über 1.000 Stück ausgeliefert. In einer Präsentation des Arbeitskreises Allianz pro Schiene am 30.11.2012, der auch die SGKV angehört, kündigte die DB Schenker Rail GmbH in einer Präsentation von Herrn Dr. Alexander Hedderich an, in den nächsten drei Jahren eine Flotte von ebenfalls ca. 1.000 Taschenwagen in Auftrag geben zu wollen, um u.a. eine Alternative zu den Verfügbarkeiten des Mietmarktes aufzubauen. Die Fachzeitschrift „Verkehr“ meldete 2011, dass der Trailerhersteller Fahrzeugwerke Bernard Krone GmbH aufgrund der stark gestiegenen Nachfrage nach Sattelaufliegern, die im Kombinierten Verkehr transportiert werden können, seine „Huckepackfahrzeug-Palette“ überarbeitete<sup>3</sup>. Auf der Jahresversammlung der Kombiverkehr 2011 wurden auf die Terminalengpässe u.a. der (trailerrelevanten) Terminals München und Köln sowie Hamburg hingewiesen. Erst durch eine Beseitigung dieser Kapazitätsengpässe (sowohl im Handling als auch in der Abstellung) sei es möglich, weitere Verlagerungen zu ermöglichen<sup>4</sup>.

Aufgrund der zumeist auf stapelbare Ladeeinheiten ausgerichteten Layouts der Terminals in Deutschland sowie der bisher fehlenden Möglichkeit, Sattelaufleger zu stapeln oder räumlich konzentriert abzustellen, stellt die effiziente systemische Einbindung von zunehmenden Sattelauflegertransporten im Wirtschaftssektor Güterverkehr ein bisher ungelöstes Problem dar.

### **3. Planung und Ablauf des Vorhabens**

Die SGKV hat als neutrale, projekterfahrende Institution die Federführung des Projekts übernommen und repräsentiert dieses gemeinsam mit dem Partner dfl gegenüber Dritten.

Das Projektmanagement wurde über den federführenden Partner gesteuert, welches Aufgaben der Partner koordiniert und als zentrale Stelle der internen Projektkommunikation (organisatorisch, administrativ) sowie der Kommunikation gegenüber Dritten auftritt. Der Ablauf der geplanten Arbeiten des Projektes VertiModal ist in Abb. 5 grafisch dargestellt.

---

<sup>2</sup> Nach einem Interview mit dem Hersteller, geführt von der SGKV auf der Innotrans 2012 in Berlin

<sup>3</sup> Vgl. Verkehr, Nr. 17/2011, S. 2

<sup>4</sup> Vgl.

[http://www.kombiverkehr.de/web/Deutsch/Archiv\\_Details/?&action=backend\\_media\\_search&kategorie=\\*&stichwort=R%C3%BCckblick%20auf%20das%20&show\\_article=4383&von=00.00.0000&bis=07.08.2012](http://www.kombiverkehr.de/web/Deutsch/Archiv_Details/?&action=backend_media_search&kategorie=*&stichwort=R%C3%BCckblick%20auf%20das%20&show_article=4383&von=00.00.0000&bis=07.08.2012), eingesehen im August 2012

Arbeitspaket	Titel Arbeitspaket	1. Jahr												2. Jahr												3. Jahr					
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
1	Definition Anforderungsprofile	[Blue bar]																								Abbruchmeilenstein Workshop					
2	Konzeption / Statik / Design	[Blue bar]																													
3	Prototypkonstruktion und Standardisierung													[Blue bar]																	
4	Durchführung des Feldversuchs																									[Blue bar]					
5	Auswertung der Testphase / Anpassung																									[Blue bar]					
6	Projektmanagement / Kommunikation	[Blue bar]																													

Abbildung 5: Zeitplanung VertiModal

Das Projekt VertiModal beinhaltete einen Abbruchmeilenstein am Ende des AP2. Dieser bot die Möglichkeit das Projekt zum genannten Zeitpunkt abubrechen. Dies wäre der Fall gewesen, wenn keines der auf dem Papier entwickelten Lösungskonzepte ausreichend Aussicht auf Erfolg besessen hätte und somit das angestrebte Ziel, der Flexibilisierung der Terminals beim Trailerumschlag, nicht wirtschaftlich hätte erreicht werden können. Da jedoch vielversprechende Lösungsalternativen bis zum Ende des AP2 entwickelt werden konnten, war ein Abbruch des Projektes zu diesem Meilenstein nicht notwendig.

Aufgrund der unerwartet langen Bearbeitungszeit zur Erstellung der endgültigen Bauskizze, inkl. Statikberechnung, kam es zu Verzögerungen aller damit direkt verbundenen, nachgelagerten (Teil-) Arbeitspakete. Hierzu zählen insbesondere die Arbeitspakete 3 und 4. Daher wurde das Projekt kostenneutral um 3 weitere Monate verlängert, so dass das Projekt insgesamt in einer Projektlaufzeit von 33 Monaten bearbeitet wurde.

Nach Fertigstellung der Skizzen wurden darüber hinaus Gespräche bzgl. einer Kooperation mit dem Projekt NIKRASA weiterverfolgt. Für die Zeit der Gespräche wurde die bauliche Umsetzung der Prototypen ausgesetzt, da zu diesem Zeitpunkt eine Neuplanung mit einer Vereinigung beider Systeme im Bereich des Möglichen lag. Nachdem die Verhandlungen zu dem Ergebnis kamen, dass eine Zusammenarbeit im Rahmen des Projekts VertiModal nicht zustande kommen wird, wurde unverzüglich mit der baulichen Umsetzung der bestehenden Planungen begonnen.

Die geplanten Arbeiten konnten nach dieser Verzögerung in Gänze erfüllt und im Rahmen der verlängerten Projektlaufzeit bearbeitet werden.

#### 4. Wissenschaftlicher und technischer Stand, an den angeknüpft wurde

Die Entwicklung eines wirtschaftlich tragbaren, technischen Konzeptes zur Stapelung eines Sattelauflegers (Trailers) innerhalb eines Terminals des Kombinierten Verkehrs ist bisher nicht wissenschaftlich (und auch nicht hinreichend durch die Wirtschaft) bearbeitet worden. Zwar existierten konzeptionelle Überlegungen von automatisierten Großregalsystemen aus den 1990er Jahren (Krupp), die aufgrund eines unwirtschaftlichen Ansatzes und der ehemals geringen Zahlen an transportierten Einheiten jedoch nie ernsthaft weiterverfolgt wurden. Dies liegt unter anderem an der Neuartigkeit des kon-

kreten Problemdrucks. Es existieren jedoch Ansätze aus benachbarten Themengebieten mit Einfluss auf die zu erarbeitende Lösung in VertiModal.

Forschungsansätze und Erfahrungen für eine effiziente Flächennutzung im Terminalbereich bestehen vorwiegend im Bereich von Containern und Wechselbrücken, die jedoch (zumindest bei Containern) durch ihre Stapelbarkeit ein deutlich effizienteres Flächenmanagement ermöglichen.

Die wissenschaftliche Forschung zur Optimierung von Abstellprozessen in KV-Terminals wurde bisher überwiegend aus Sicht der Optimierung des Informationsflusses gesehen, der dem Terminal frühzeitig das Eintreffen einer Ladeeinheit anzeigt, so dass eine Übergabe an den Transporteur oder Endkunden im Vorfeld arrangiert werden kann. Hier sind verschiedene Projekte insbesondere aus dem Forschungsprogramm „Innovative Seehafentechnologien II“ (ISETEC II) zu nennen. Insbesondere das Projekt KOKOBahn, welches erstmals eine für alle deutschen Seehäfen einheitliche Informationsplattform entwickelt, mit dem Ziel des sicheren, zeitnahen und detaillierten Austausches bahnprozessrelevanter Daten als standardisierte Dienste und Formate kommen soll, oder ProCon, welches mit der Entwicklung eines Systems zur automatisierten Positions- und Statuserfassung von Ladungsträgern und Ladungen in Seehafenterminals durch Kombination innovativer Informations- und Kommunikationstechnologien betraut ist. Die genannten Projekte konzentrieren sich vornehmlich auf seeseitige Terminals und hier explizit auf die Optimierung von für den Seehafenhinterlandverkehr typischen ISO-Containern und ggf. nicht-kranbaren Trailern.

VertiModal hat den Themenbereich Informationsfluss und IT-Steuerung nicht direkt adressiert und fokussiert auf den Bereich der Inlandterminals. Bereits vorhandenes Wissen der Projektpartner zum Informationsfluss ist jedoch eine wichtige Grundlage für die Abschätzung der Integrationsfähigkeit der angestrebten Lösung.

Weitere Ansätze für eine effizientes, räumliches, Flächenmanagement ergeben sich aus der betrieblichen Praxis, so hat sich z.B. das „Fischgräten“-Muster in einigen Terminals (insbesondere in den USA) bewährt, um die Fläche optimal zu nutzen.

Ein Ansatz für die Kombination der Vorteile von Sattelaufleger und Container stellt der Trimoder dar. Prinzip dieses Systems ist ein, mit einem Container vergleichbarer stapelbarer Aufbau, der einem Trailer ähnliche Maße aufweist. In Verbindung mit dem Superleicht-Chassis des tschechischen Fahrzeugherstellers PANA V a.s. lassen sich bei der Curtainside-Variante auch vergleichbare Nutzlasten wie beim Trailer erreichen. Das System hat die Praxistauglichkeit bisher nicht unter Beweis stellen können. Insbesondere die Bedingung, dass sowohl im Vor- als auch im Nachlauf die speziellen Chassis notwendig werden, da sonst das Gewichtslimit überschritten wird und somit seitens der Speditionen Investitionen in neue Ladeeinheiten und Chassis notwendig werden (Umrüstung der Fahrzeugflotten), stellt eine nennenswerte Hürde zur flächendeckende Implementierung dar. Die hohen Anschaffungskosten (ca. 19.000 € nur für die Ladeeinheit ohne Chassis) und die bisher fehlende Marktreife lassen eine nennenswerte Marktdurchdringung in den nächsten Jahren nicht erwarten. Ein weiteres neues System ist der AMS Megaswap von DB Schenker. Diese Ladeeinheit ist vergleichbar mit dem Trimoder und benötigt ebenfalls ein spezielles Chassis. Im Gegensatz zum Trimoder ist diese Ladeeinheit jedoch ausschließlich im Leerzustand stapelbar. Da Leerfahrten weitestgehend vermieden

werden sollen und der Fokus einer effizienten Transportlogistik vor allem auf Ladungstransporten liegt, wird das Problem der hohen Flächeninanspruchnahme durch dieses System nur unzureichend gelöst.

Beide Systeme bedingen erhebliche Investition in neues Equipment und grenzen sich insofern von der angestrebten Rahmenlösung des Projekts VertiModal ab.

Im Zusammenhang mit der Projektausrichtung von VertiModal sind auch existierende technische Lösungen zu nennen, die einen Bahntransport nichtkranbarer Trailer ermöglichen. Diese relativ neuen horizontalen Umschlagsysteme werden entweder derzeit in Europa getestet, wobei hier vor allem das System CargoBeamer zu nennen ist, oder sind eher für einen Nischenmarkt (Mobiler, Megaswing, o.Ä.) konzipiert. Das französische Modalohr-System, welches bisher nur in Frankreich auf einer definierten Strecke eingesetzt wurde, entwickelte kürzlich eine gesamteuropäische Lösung mit einem UIC-Standard. Diese technischen Lösungen, die je nach Ausrichtung des Systems mit dem KV-Verkehr interagieren, intensivieren die Problematik der Trailerstandzeiten zusätzlich. Sollte sich das CargoBeamer System in Deutschland durchsetzen, ist eine drastische Übernutzung der Abstellflächen zu befürchten, da das System über eine Wannenkranung mit bestehenden KV-Terminals kompatibel ist. Weitere Ansätze für Horizontalumschläge kommen aus Österreich (RoLa, ISU, Mobiler) oder den USA (RailRunner). Keiner der genannten Ansätze hat jedoch abseits von Nischennutzungen eine weite Verbreitung erreicht.

Bisher jedoch sind die Lösungen in Hinblick auf die Terminalstrukturen sehr kostenintensiv, da sie technisch komplexe und kostenintensive Verladesysteme benötigen. Eine flächendeckende Infrastruktur muss zudem noch aufgebaut werden. Aufgrund des voraussichtlich hohen finanziellen Risikos sind Investitionen in ein logistisches Netz, bestehend aus alternativen Terminals und den zugehörigen Zugverbindungen daher mittelfristig eher unwahrscheinlich.

Gespräche mit den Trailerherstellern Kögel Trailer GmbH und Fahrzeugwerke Bernard Krone GmbH im Juni 2012 legen nahe, dass das zu Projektbeginn keine technische Lösung für die Schaffung einer Möglichkeit der Stapelbarkeit von Sattelaufliegern angedacht, in Planung oder in der Umsetzung ist. Das Unternehmen Fahrzeugwerke Bernard Krone GmbH bestätigte fernmündlich, dass man sich dieser Problematik bisher nicht angenommen habe. Ebenso erfolglos verlief eine Patentrecherche, sowohl zu den Fahrzeugen (Untergruppen B60 und B61) als auch zu Hebewerkzeugen (B66, insbesondere B66C) im IPC-Verzeichnis des deutschen Patent- und Markenamtes zu technischen Patenten hinsichtlich der Stapelung von Sattelaufliegern jedweder Bauart. Auch im Verlauf des Projektes sind keine weiteren Entwicklungen in diese Richtung begannt worden.

## **5. Zusammenarbeit mit anderen Stellen**

Neben der Kooperation der Projektpartner SGKV und dfl wurde u.a. mit folgenden Unternehmen im Rahmen des Projektes zusammengearbeitet:

- Warns+Löschmann-Ingenieure zur Fachplanungsleistung zum Tragwerk der Rahmenkonstruktion. Dies beinhaltet die Festlegung der Einwirkungen und Erarbeitung eines Lastmodells, die überschlägige statische Berechnung und Bemessung der Rahmenkonstruktion zur vertikalen

len Stapelung von Sattelanhängern und die Festlegung der Hauptabmessungen sowie der Entwurf der konstruktiven Details zur Ausbildung der Auflager- und Knotenpunkte.

- Firma Fritz Beeser in Krefeld für den Bau der Rahmenprototypen aus Stahl auf Basis der erstellten Konstruktionsunterlagen.
- Technischen Experten der Firma Schmitz Cargobull AG, Hersteller von Sattelaufliegern, Aufbauten und Anhängern.
- Terminalmanagement des Containerumschlagsterminals Samskip Van Dieren Multimodal (logport III) in Duisburg.

## **II. Eingehende Darstellung**

### **1. Verwendung der Zuwendung und des erzielten Ergebnisses im Einzelnen, mit Gegenüberstellung der vorgegebenen Ziele**

Im Folgenden werden die Ergebnisse der einzelnen Arbeitspakete zum Berichtszeitpunkt dargestellt:

#### **AP1: Definition Anforderungsprofile**

##### **1.1 Ermittlung der terminalbezogenen Bedarfe und Rahmenbedingungen für eine Stapellösung**

Das AP1 konnte planungsgemäß abgeschlossen werden. Das Ergebnis der Arbeiten aus dem Teilarbeitspaket 1.1 bestand in der Ermittlung der terminalbezogenen Bedarfe und Rahmenbedingungen für eine Stapellösung. Dabei wurden insbesondere folgende Arbeiten durchgeführt:

- a) Als Grundlage für den Anforderungskatalog wurden die hierfür maßgeblichen Eigenschaften des eingesetzten Equipments (Zugmaschinen, Ladeeinheiten, Kräne, Spreader), der Terminalinfra- und Suprastruktur (Rangierflächen, Abstellflächen, Hubhöhe, Neigungen der Böden, Bodenbelastbarkeit, etc.) zusammengefasst.
- b) Erfassung von relevanten Eigenschaften des Terminallayouts (Bereich Abstellung Kran und Umschlag mit Reachstacker), des gängigen Equipments (Trailerarten, Umschlaggeräte, Zugmaschinen) und der Betriebsabläufe (Personalbedarf, zusätzliche Hübe, etc.).
- c) Prüfung der Kombinierbarkeit der Konstruktion mit dem Transport auf der Schiene. Das Gewicht der Trailer inkl. Konstruktion spielt für den Transport auf der Schiene keine Rolle. Das Problem beim Transport der Konstruktion auf der Schiene stellen die Maße da. Die Maximalmaße für Schienentransporte werden bei der Bahn durch die sogenannten Bezugslinien definiert, die sich wiederum von dem Regellichtraum abhängen. Die maßgeblichen Bezugslinien können sich je nach Streckenausbau unterscheiden. Das größtmögliche Profil in Deutschland (gilt nur für Inlandsverkehre) ist das Profil G2. Daraus ergeben sich folgende Maximalmaße:
  - größtmögliche Höhe über Schienenoberkante: Bezugslinie G2 = 4.680 mm
  - größtmögliche Breite: Bezugslinie G2 = 3.290 mm (von 1.170 bis 3.530 mm über SO)

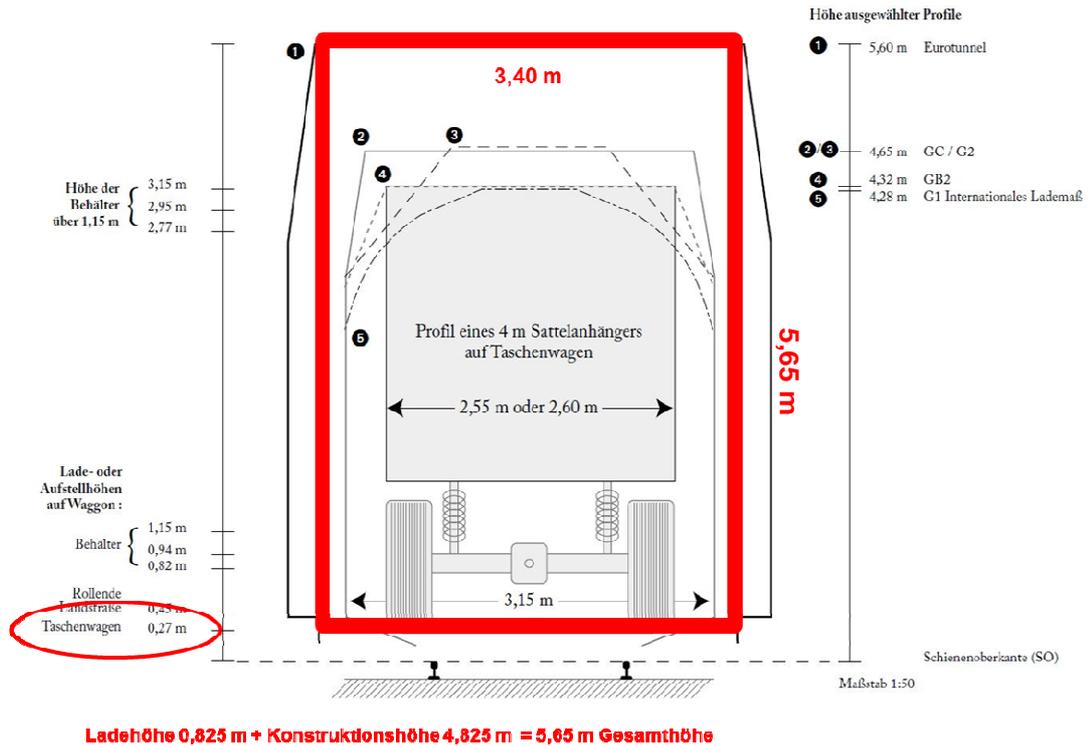


Abbildung 6: Lichtraumprofil Bahn und Abmessungen Rahmenkonstruktion

Während die Breite bei geschickter Konstruktion möglicherweise einzuhalten wäre, stellt die durch die Bezugslinie definierte Maximalhöhe ein K.O.-Kriterium dar. Allein die Höhe des Megatrailers beträgt 4.000 mm, teilweise auch 4.100 mm. Da die Trailer bedingt durch die Rahmenkonstruktion nicht in die Taschen der Taschenwagen bei einer Höhe von 270 mm eingesetzt werden können, sondern wie Container auf den Ecken in einer Höhe von min. 850 mm aufgesetzt werden müssen, erreicht die Fahrzeugkombination eine Höhe ohne Rahmen bereits Minimum 4.850 mm, was die maximal zulässigen Höhe übersteigt. Mit Rahmen würde die Konstruktion noch einmal ca. 500 mm höher ausfallen.

- d) Prüfung relevanter Normen und Richtlinien für Ladeeinheiten, Trailer, und Umschlageliquid. Hierzu wurden die erforderlichen Dokumente gesammelt und in einem für die Projektbeteiligten zugänglichen SharePoint-Ordner bereitgestellt. Eine genaue Auswertung der einzelnen Normen erwies sich aufgrund der Masse an Normen und Richtlinien (allein ca. 150 nur für Trailer) rasch als wenig sinnvoll. Treten konkrete konstruktive Fragen z.B. nach der Dimension des Königzapfens oder des Unterfahrsschutzes auf, können diese während der Entwicklungsphase der Rahmenkonstruktionen durch die gesammelten Normen, Richtlinien und Datenblätter rasch beantwortet werden.



Abbildung 7: Beispiel für Greifwinkel eines Reachstackers

Beispielhaft ist hier die Anforderung an den Greifwinkel der Reachstacker zu nennen, die bei der Dimensionierung der Rahmenkonstruktion berücksichtigt werden muss (s. Abb. 7).

## 1.2 Erarbeitung eines Anforderungskatalogs

Im Teilarbeitspaket 1.2 wurden die erhobenen Informationen aus 1.1. ausgewertet in Anforderungen an die Konstruktion zusammengefasst. Diese umfassen im Wesentlichen die Bereiche Gewicht, Maße und Material.

Gerät Handling	Konstruktion					
	Höhe	Breite	Länge	Last	Bodenfreiheit	Breite Führungsschienen
Trailer	4,00 m	2,55 m	13,62 m	38 t	0,95 m	Außen: 2,55 m Innen: ?
Spreader Reach Stacker	-	2,25 m (Comer Castings)	20', 30' oder 40'	41 t	-	-
Spreader Kran	-	2,25 m (Comer Castings)	20', 30' oder 40'	45 t	-	-
Reach Stacker	-	-	-	45 t (erste Reihe) 43 t (zweite Reihe)	-	-
Mafi mit Trailer	4,49 m	2,50 m	-	-	0,20 m	Außen: 2,50 m Innen: 0,90 m
Zugmaschine	< 4,00 m	2,55 m + Spiegel	-	-	?	Außen: 2,55 m Innen: 1,56 (Breite Reifen bis 49,5 cm)

Abbildung 8: Anforderungen an die Konstruktion

Hinzukommen weitere textliche Empfehlungen an die Konstrukteure in verschiedenen Bereichen, wie Beispiele:

### Sicherheit

Die Konstruktion muss auch ungleichmäßigen Beladungen standhalten können, um das Verrutschen oder Abstürzen der Trailer während des Umschlagvorgangs zu verhindern. Dies könnte sonst der Fall sein, wenn einseitig beladene Trailer eine Neigung des Reachstackers und die Trailer nicht entsprechend fixiert wären. Darüber hinaus muss die Stapellösung einer gewissen Überladung standhalten.

### Zugmaschinen

Konzeptabhängig wird die Durchfahrt bzw. Einfahrt der Sattelanhänger in die Stapellösung mit einer Sattelzugmaschine oder einem Tugmaster vorwärts oder rückwärts erfolgen. Bei der kompletten Durchfahrt der Zugmaschinen könnte u.a. die Höhe dieser (bedingt durch den Einsatz von Luftleitkonstruktionen) ein Problem darstellen.

### **Terminal-Suprastruktur**

Aufgrund der hohen Punktbelastungen, die an den Greif- und Abstellecken (corner castings) auftreten und zu Schäden an der Asphaltierung führen könnten, muss die Traglast der Terminalböden betrachtet werden.

Die Abstellweise (Fischgrät, etc.) der Trailer inkl. Stapellösung ist bereits in der Konstruktionsphase zu berücksichtigen. So müssen je nach Abstellweise ausreichende Flächen für Schleppkurven berücksichtigt werden.

### **Wirtschaftlichkeit / Haltbarkeit**

Zur Erhöhung der Wirtschaftlichkeit der Rahmenlösung ist eine lange Produktlebensdauer notwendig. Aus diesem Grund sollte bei der Auswahl der verwendeten Materialien und der Verarbeitung Wert auf eine möglichst lange Haltbarkeit gelegt werden.

U.a. um die Akzeptanz der potentiellen Anwender zu erhöhen und Schutzvorrichtungen ist auf den Schutz der Trailer, aber auch der Konstruktion, ggf. mithilfe von Spurführungen zu achten.

Da die Unterhaltskosten (Wartung, Reparatur, etc.) ein wichtiges Element der Kaufentscheidung bilden, ist darauf zu achten diese möglichst gering zu halten.

### **Normen und Richtlinien**

Eine Vielzahl vorhandener Normen, Richtlinien und UIC-Richtlinien, die das Projekt betreffen stehen zur Verfügung und können bei konstruktiven Fragen herangezogen werden.

Als Ergebnis wurde in AP1 ein detailliertes Anforderungsprofil an die zu technische Rahmenkonstruktion erstellt. Darüber hinaus wurde eine Bibliothek mit relevanten Normen und Richtlinien erstellt, die es erlaubt, konstruktive Eigenheiten des Lösungsansatzes auf ihre Einpassung in diese vorhandenen Rahmenbedingungen hin zu überprüfen. Die Prüfung auf die Möglichkeit des Einsatzes der Rahmenlösung auf der Schiene, fiel aufgrund der nötigen Dimensionierung negativ aus.

## **AP 2: Erarbeitung von Lösungsvarianten**

### **2.1 Erarbeitung von Konstruktionsvorschlägen**

Das Anforderungsprofil war eine wichtige Voraussetzung zur Bearbeitung von groben Konstruktionsvorschlägen, da bei der Entwicklung solcher Skizzen eine Vielzahl von Faktoren bedacht werden müssen (Funktionalität, Stapelhöhe, Maße, Angriffspunkte, Gewicht, etc.). In der ersten Ideenphase kamen drei grundlegend unterschiedliche Ansätze in Betracht (s. Abb. 9). In intensiven Diskussion der Projektpartner intern und mit Bautechnikern wurde sowohl die „Regallösung“, als auch die „Standlösung“ verworfen. Der Grund hierfür lag zum einen in der lediglich 2-lagigen Stapelbarkeit und zum anderen in der geringen Flexibilität aufgrund der Fixierung im Boden. Eine Rahmenkonstruktion würde dagegen prinzipiell alle Anforderungen erfüllen und wurde daher weiterverfolgt.



Abbildung 9: Auszug aus der Mindmap zur Vorauswahl für Lösungsansatz

Insgesamt wurden die folgenden drei Varianten der Rahmenlösung erarbeitet und für eine Detailauswahl visualisiert.

**Variante 1:**

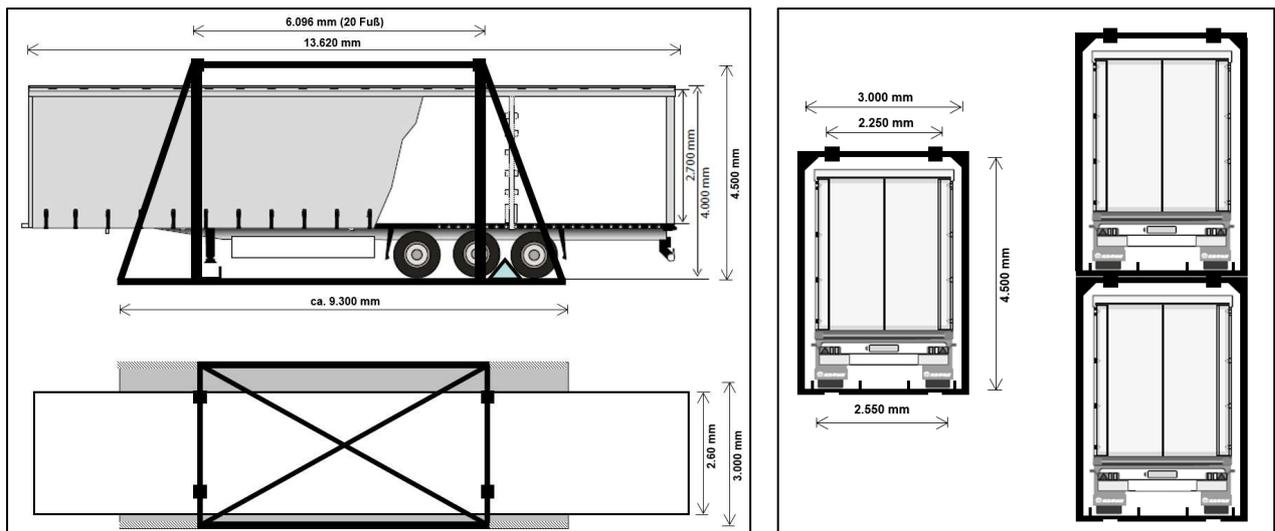


Abbildung 10: Lösungsvariante 1

Die Varianten sind sich relativ ähnlich. Variante 1 besteht aus einem 20-Fuß Grundgerüst, das an beiden Enden durch eine verlängerte Bodenplatte an die Maße der Sattelaufleger angepasst wird. Die Enden der Bodenplatte werden dabei mit den oberen Ecken verbunden, um die nötige Tragkraft zu erreichen.

**Variante 2a:**

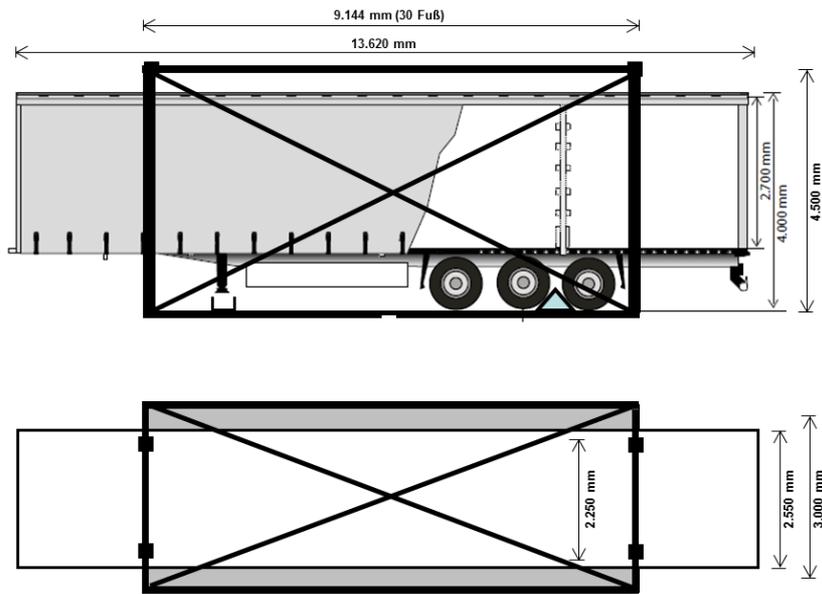


Abbildung 11: Lösungsvariante 2a

**Variante 2b:**

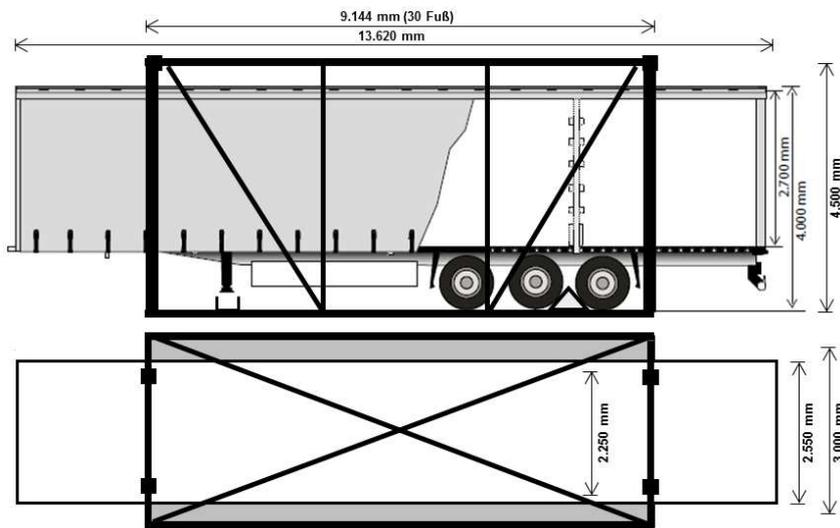


Abbildung 12: Lösungsvariante 2b

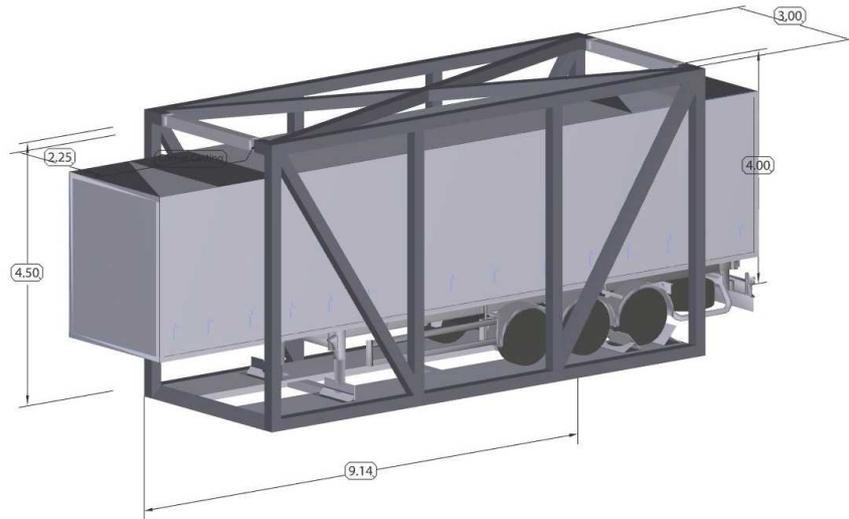


Abbildung 13: Lösungsvariante 2b 3D

Die Varianten 2a und 2b unterscheiden sich lediglich in der Art der seitlichen Verstreibungen, weshalb sie zusammengefasst wurden. Im Gegensatz zu Variante 1 besteht das Grundgerüst aus einem 30-Fuß großem Quadrat.

**Variante 3:**

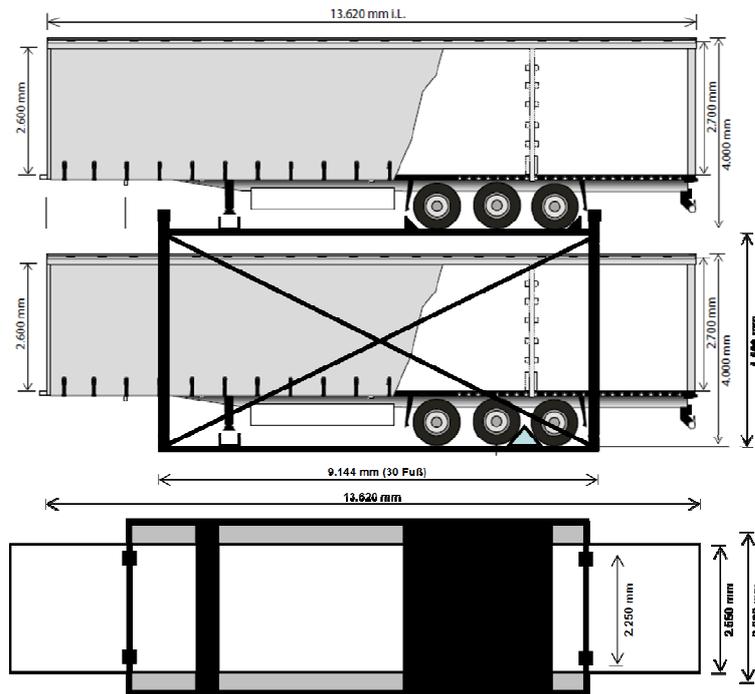


Abbildung 14: Lösungsvariante 3

Die Variante 3 unterscheidet sich von den beiden Varianten 1 und 2 v. a. darin, dass der oberste Trailer einfach aufgesetzt werden kann. Dies würde im Betrieb zu Vorteilen führen, da dieser Anhänger direkt auf den bzw. vom Zug verladen werden kann ohne eine Einfahrt in eine Rahmenkonstruktion. Allerdings müsste die Konstruktion im oberen Bereich, auf dem der darüber liegende Trailer steht, sehr robust ausgeführt werden, woraus sich Nachteile in Bezug auf das Gewicht ergeben.

## 2.2 Auswahl eines Ansatzes für einen Prototypen

Als Grundlage für die Auswahl einer Variante wurden die Ergebnisse des Anforderungskatalogs genutzt. Die wichtigsten Kriterien bildeten dabei:

1. Entsprechung der definierten technischen Anforderungen
2. Positive Einschätzung der Wirtschaftlichkeit bei Serienfertigung
3. Potenzial für verbreitete Nutzung.

Punkt 1 war Bedingung für die Entwicklung der Lösungsvarianten, so dass bereits bei der Erstellung der Funktionszeichnungen bestmöglich auf die Einhaltung der Anforderungen geachtet wurde.

Die Punkte 2 und 3 wurden zusammengefasst, da für die Abschätzung der Wirtschaftlichkeit Annahmen über das Marktpotential getroffen werden mussten. In die Abschätzung des Marktvolumens gingen u. a. Informationen über die Anzahl der Terminals mit SaAnh-Umschlag in Europa, Herstellungskosten der Konstruktion und Stellplatzgewinn in den Terminals mit ein. Die Berechnung gilt gleichermaßen für alle Varianten, da diese nach einer ersten Einschätzung in den Herstellungskosten weitestgehend vergleichbar sind.

Für die Ermittlung des Absatzpotenzials und daraus resultierend der Wirtschaftlichkeitsuntersuchung wurden Schätzwerte ermittelt und in ein Berechnungstool eingespeist. Dabei wurden 20 deutsche KV-Terminals mit Trailerumschlag betrachtet und die durchschnittliche Anzahl an Abstellflächen im Umschlagbereich ermittelt. Diese Zahl (ca. 40 Stellplätze) wurde auf alle europäischen 282 KV-Terminals mit Trailerumschlag (Annahme ca. 1/3 der aller KV-Terminals schlagen auch Trailer um) hochgerechnet. Anschließend wurde der Anteil der Terminals geschätzt, der Bedarf an einer Stapellösung hat und drei Szenarien (pessimistisch, realistisch und optimistisch) gebildet. Das Ergebnis dieser Analyse ergab ein maximales Absatzpotenzial in Europa zwischen ca. 8.500 und ca. 18.000 Stück. Die maximale Marktdurchdringung in den nächsten 20 Jahren wurde auf 60% geschätzt. Bei einer Haltbarkeit von 10 Jahren, ergab sich selbst bei einer pessimistischen Schätzung aller Inputvariablen ein positiver interner Zinsfuß i.H.v. 6%, der eine Investition in die Herstellung der Stapellösung für ein Unternehmen lohnenswert macht. Da aufgrund ihrer Ähnlichkeit alle Varianten zusammenfasst werden konnten, gilt dieses Ergebnis somit für alle Lösungsvarianten gleichermaßen.

In weiteren Diskussionen auch mit Statikern, wurde zunächst Variante 3 verworfen, da die Ausgestaltung der Traverse der Dachkonstruktion zum Abstellen eines weiteren Trailers, das Gesamtgewicht der Konstruktion deutlich erhöhen würde. Da die Varianten 1 und 2 der Rahmenkonstruktion bei Beladung mit dem Maximalgewicht, gerade noch die üblichen Hublasten der Krane einhält, würde das zusätzliche Gewicht der Variante 3 zur Folge haben, dass nicht mehr ausnahmslos alle Trailer durch die üblichen Krane angehoben werden könnten. Bei der Auswahl zwischen Variante 1 und 2 (a und b) sprach das bessere Verhältnis von Statik und Gewicht für Variante 2a, weshalb die Variante weiterverfolgt wurde.

Gemäß Vorhabenbeschreibung fand zum Ende des AP2 ein Workshop statt, an dem der Projektfortschritt und insbesondere eine vorausgewählte Lösung zur vertikalen Stapelung der Sattelanhänger durch die Projektpartner, externe Experten und den Projektträger evaluiert wurde. Die bis dahin ge-

wonnenen Erkenntnisse im Rahmen der Projektarbeit wurden als Grundlagen für die weiteren Arbeiten intensiv genutzt. Insbesondere das positive Feedback und die Bestätigung des in VertiModal gewählten Ansatzes durch die Teilnehmer des Workshops bestätigten die durchgeführten Arbeiten. Die in der Vorhabenbeschreibung festgelegten Ziele für den Meilenstein, wurden aus Sicht der Projektpartner vollständig erfüllt. Genaue Informationen hierzu s. Meilensteinbericht, Anhang 1 Präsentation des Meilensteins.

### 2.3 Ausgestaltung des ausgewählten Konstruktionsansatzes

Für die detaillierte Ausgestaltung eines Modells der Lösungsvariante 2a wurde ein Ingenieurbüro beauftragt. In Zusammenarbeit mit der dfl und der WARNS + LÖSCHMANN - INGENIEURE Ingenieurgesellschaft mbH für Bautechnik wurden detaillierte technische und funktionale Anforderungen an die Rahmenkonstruktion diskutiert und Detaillösungen erarbeitet. Hierbei wurden u.a. Lösungen für die Positionierung der Corner Castings (Eckbeschläge für die Aufnahme des Krans), die Profilhöhe und Konfiguration des Unterbodens, Reduzierung der Gesamthöhe, etc. in Meetings und Telefonaten gefunden.

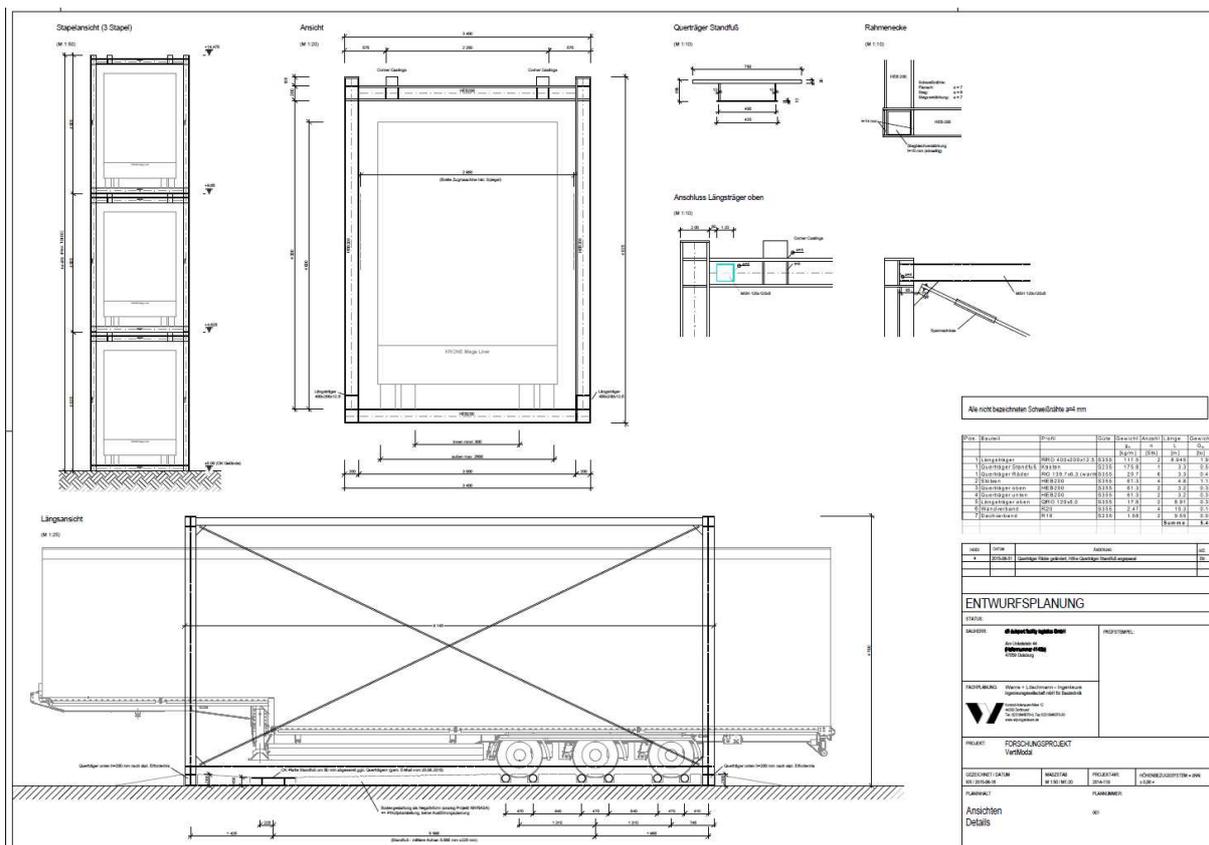


Abbildung 15: Entwurfsplanung VertiModal

Ausgehend von der Entwurfsplanung in Abb. 15 wurde eine detaillierte statische Berechnung vorgenommen, die auf 188 Seiten die genauen Anforderungen und Möglichkeiten der Rahmenkonstruktion darlegt und somit die sichere Stapelung der in 3-facher Stapelung knapp 14,5 Meter hohen Gesamtkonstruktion gewährleistet.

*Technische Grunddaten der Rahmenkonstruktion*

Länge: 9,145 m, Breite: 3,400 m, Höhe: 4,825 m; Gesamtgewicht: 5.400 kg, Tragfähigkeit: 38.000 kg, Material: Baustahl S235, S355

Zudem wurde ermittelt ab welchen Windlasten Restriktion bei der Stapelung entstehen. Aus der Statik ergeben sich folgende Restriktionen im Einsatz unter Windlasten:

- Da das Trailergewicht günstig wirkt, ist der Nachweis der Lagesicherheit für den Fall „3 übereinanderstehende Trailer“ für alle möglichen Kombinationen von vollen und leeren Trailern erfüllt
- Standsicherheit bei 3 Lagen: bis max. 8 Bft ( $v = 20,7$  m/s)
- Stapelvorgang bis max. 7 Bft ( $v = 17,2$  m/s)
- Aufsetzen des dritten Trailers bei Wind bis 7 Bft nur in folgenden Schema möglich:

Ebene 3	leer	voll	voll
Ebene 2	leer	leer	$\geq 70\%$
Ebene 1	leer	leer	$\geq 70\%$
<b>Nachweis</b>	<b>erfüllt</b>	<b>nicht erfüllt</b>	<b>erfüllt</b>

- Die Stapelung von leeren Trailern kann bis 7 Bft erfolgen
- Die Kombination, bei der in der obersten Lage ein voller Trailer steht und in den darunterliegenden Lagen jeweils leere Trailer muss in jedem Fall ausgeschlossen werden
- Grundsätzlich sind alle Kombinationen, bei denen in der obersten Lage ein voller Trailer steht, nur möglich, wenn das Gewicht der Trailer in den unteren Lagen einen Mindestwert erreicht. Hierzu ist ein Wiegen der zu stapelnden Trailer erforderlich

**AP 3: Prototypkonstruktion**

Die konzeptionellen Entwürfe, insofern durch die Bewertung des Meilensteins als technisch und wirtschaftlich tragfähig bewertet, wurden in dieser Phase baulich umgesetzt.

Ziel von AP3 war der Bau eines Prototyps in mehrfacher Ausführung für den anschließenden Feldversuch. Dieses Ziel wurde durch den Bau von insgesamt 3 Prototypen erreicht. Die Prototypen wurden dabei nicht alle zeitgleich gefertigt, sondern nacheinander erstellt um Verbesserungen aus dem Feldversuch direkt in den nächsten zu bauenden Prototyp umsetzen zu können.

**3.1 Konstruktion eines Prototypen einer Rahmenkonstruktion**

Auf Basis der in AP 2.3 ausgestalteten Konstruktionsansätze wurden unter Federführung der dfl die Lösungen baulich umgesetzt. Die Prototypen wurden komplett beim Stahlbauunternehmen Beeser in Krefeld gefertigt und anschließend auf Grund der Überbreite per Sondertransport auf das Terminalgelände logport III in Duisburg-Hohenbudberg transportiert. Eine Endmontage auf dem Terminalgelände war aufgrund der fehlenden Hallen und Kranungsmöglichkeiten abseits der Umschlagsgeräte nicht möglich. Während und nach Abschluss des Prototypenbaus konnte in ersten Tests eine erste Bewertung der Konstruktion im Hinblick auf die Stabilität, die Handhabbarkeit und evtl. Materialschwächen vorgenommen werden. Diese Tests sollten ein frühzeitiges Erkennen von Schwächen der Konstruktion

tion sicherstellen um diesen durch eine Anpassung der Konstruktionszeichnung begegnen zu können. Kleinere Verbesserungen konnten bereits während der Produktion umgesetzt werden, andere größere Optimierungen wurden im jeweils nächsten Prototyp realisiert. Der gesamte Bau der Rahmenkonstruktion wurde durch Mitarbeiter der dfl begleitet um mögliche Fehler frühzeitig identifizieren zu können.



*Abbildung 16: Bau der Stahlkonstruktion bei der Firma Beeser*

Neben der eigentlichen Stahlkonstruktion wurde auch die für die Einfahrt in die Konstruktion benötigte Auffahrrampe beim der Firma Beeser gefertigt. Die Rampenkonstruktion wurde als ein mit Stahlblechen verkleidetes Holzgrundgerüst hergestellt. Der Baustoff Holz erwies sich hierbei sowohl als kostengünstiger als auch flexibler gegenüber Änderungen als Stahl oder Beton. Für die Tests wurde nur eine Auffahrrampe als Prototyp benötigt. Im Laufe der Testreihen wurden mehrfach Änderungen an der speziellen Auffahrrampe vorgenommen.



Abbildung 17: Aufbau der Auffahrrampe bei der Firma Beeser

### **3.2 Sicherheitsüberprüfungen der Prototypen**

Durch die detaillierte Statikberechnung eines angesehenen Ingenieurbüros und die genauen Bauanleitungen für den Stahlbau konnten bereits im Vorfeld Risiken bezüglich der Sicherheit der Prototypen minimiert werden. Zudem ist die Stahlbaufirma Beeser ein Schweissfachbetrieb nach DIN 18800-7 und hat Erfahrung mit dem Bau prototypischer Stahlbaukonstruktionen. Dadurch konnten eine Fertigungsqualität im Stahlbau sichergestellt werden.

Nach dem Bau der Prototypen wurden diese schrittweise, unter Beachtung der Sicherheitsanforderungen, mit steigenden Belastungen hinsichtlich ihrer Tragfähigkeit getestet. Dabei kam es zu keiner Zeit zu Auffälligkeiten welche einen Einsatz in weitergehenden Testreihen verhindert hätte.

#### **AP 4: Durchführung des Feldversuchs**

Im Feldversuch wurde der Prototyp in die Terminalprozesse integriert und in einer Reihe von wissenschaftlich begleiteten Testläufen, die während dieses Arbeitspakets vorbereitet, durchgeführt und dokumentiert wurden, hinsichtlich seiner technischen Funktionalität bewertet und angepasst.

Die Zielstellung ist ein umfangreicher Test der Umsetzungspotenziale, -hürden und Rahmenbedingungen einer Stapellösung.

#### **4.1 Vorbereitungen Feldversuch**

Im Rahmen des AP 4.1 wurde zunächst ein einheitliches Prüfprotokoll entwickelt. Dieses Prüfprotokoll (s. Anhang 2) enthält zum einen Angaben zu den verantwortlichen Prüfleitern, dem Ort, den äußeren Bedingungen, der Prototypenversion und dem eingesetzten Equipment. Zum anderen wurde ein einheitliches Design zur Testabfolge definiert. Dieses vorab definierte „Drehbuch“ diente sowohl dazu, die Tests durch eine effiziente Abfolge zu untersuchender Aspekte möglichst kurz zu halten, damit der

Terminalbetrieb nicht zulange gestört wird, und zum anderen dazu, die einzelnen Feldtests vergleichbar zu machen. Hierfür war es notwendig den Ablauf möglichst gleich zu halten, d.h. dass nach Möglichkeit jedes Mal die gleichen Aspekte in der gleichen Reihenfolge untersucht wurden. Zudem wurde bei der Abfolge der Aktionen darauf geachtet, dass die Komplexität von einfach zu schwer gesteigert wurde, um gegebenenfalls vorhandene Mängel an der Rahmenkonstruktion möglichst risikoarm zu ermitteln. Als Beispiel sei hier genannt, dass der neue Prototyp immer zunächst unbeladen angehoben und abgesetzt wurde, anschließend zunächst mit einem leeren und erst danach mit einem beladenem Trailer bestückt wurde, usw. Außerdem wurde sichergestellt werden, dass auch ein Wechsel der Trailer und Zugmaschinen stattfand, um eventuelle Kompatibilitätsprobleme bei dem auf dem Markt vorhandenem Equipment zu ermitteln.

Der Test der praktischen Nutzbarkeit der Rahmenlösung erfolgte auf einer dafür vorbereiteten Fläche im Bereich des Duisburger Hafens mit Zugriff auf entsprechendes Umschlaggerät. Da die Tests nicht unabhängig von bestehenden Terminalprozessen stattfinden konnten, wurden diese in verschiedene kürzeren Testphasen durchgeführt um bestehende Abläufe möglichst wenig zu beeinträchtigen. Für die Testphase waren u. a. folgende Ressourcen notwendig:

- Prototyp
- Fläche
- Umschlaggerät
- Bedienpersonal
- Absicherung
- Trailer in verschiedenen Ladungszuständen, inkl. Fahrer
- Prüfprotokoll

Für die Planung des Feldversuchs waren darüber hinaus eine Vielzahl von Faktoren, wie beispielsweise:

- der Transport der Rahmenlösung,
- die Zeitplanung mit ausreichend Puffern für die laufende Optimierung,
- die Personalplanung und
- eine Kurzschulung des Bedienpersonals

zu berücksichtigen. Im Anschluss an die Planung und Vorbereitung der Tests konnten die Feldversuche durchgeführt werden.

#### **4.2 Durchführung des Feldversuchs**

Die Testphase untergliederte sich in mehrere Abschnitte. Dies ermöglichte den Projektpartnern, den Ansatz unter praxisnahen Bedingungen auf seine Tauglichkeit bzw. Schwachstellen in der Umsetzung zu untersuchen, zu bewerten und Lösungsoptimierungen durchzuführen (AP 5.1) und im Rahmen einer Feedbackschleife erneut zu testen.

Die Hauptphasen des Tests gliederten sich wie folgt:

##### *1) Umschlagsimulation im Leerzustand (ohne Trailer)*

Die erste Phase diente dem Test der Eigenstabilität der Konstruktion und einer ersten Ermittlung von externen Einflüssen (Boden, Wind, Geschwindigkeit), sowie der Schulung und Gewöhnung des Bedienpersonals an das Handling.

### *2) Umschlagsimulation mit unbeladenem Trailer*

Die zweite Phase diente dem Test der Konstruktion unter gleichbleibender geringer Belastung und der Ermittlung von externen Einflüssen auf diesen Zustand. Relevant war hier vor allem die hohe Angriffsfläche für Wind durch die Trailerseiten in Kombination mit relativ geringem Eigengewicht.

### *3) Umschlagsimulation mit veränderten Ladungszuständen des Trailers*

Die dritte Phase diente dem Test der Konstruktion unter sich verändernden Belastungen. Diese Phase kam dem Alltag im Terminal nahe und wurde dementsprechend im Verlauf der Testreihen an den in AP 1 gestellten Anforderungen ausgerichtet um eine möglichst praxisnahe Einschätzung der realen Nutzbarkeit zu erhalten.

Aufgrund von Anpassungen der Rahmenkonstruktion wurden die durchgeführten Tests mehrfach wiederholt. Aus diesem Grund liefen die Feldversuche über einen längeren Zeitraum ab. Die Basisdaten der Testphase und einige Fotos der Testdokumentation sind untenstehend aufgeführt.

## **Testphase**

- Zeitraum: Dez. 2015 – Juni. 2016
- Ort: Terminal logport III im Duisburger Hafen
- Equipment: 1 Reachstacker, 1 Terminalfahrzeug (Mafi), insg. 3 Rahmen, 1 Rampe, diverse Trailer
- Anzahl Testphasen: 5
- Identifikation und Umsetzung vieler Optimierungen

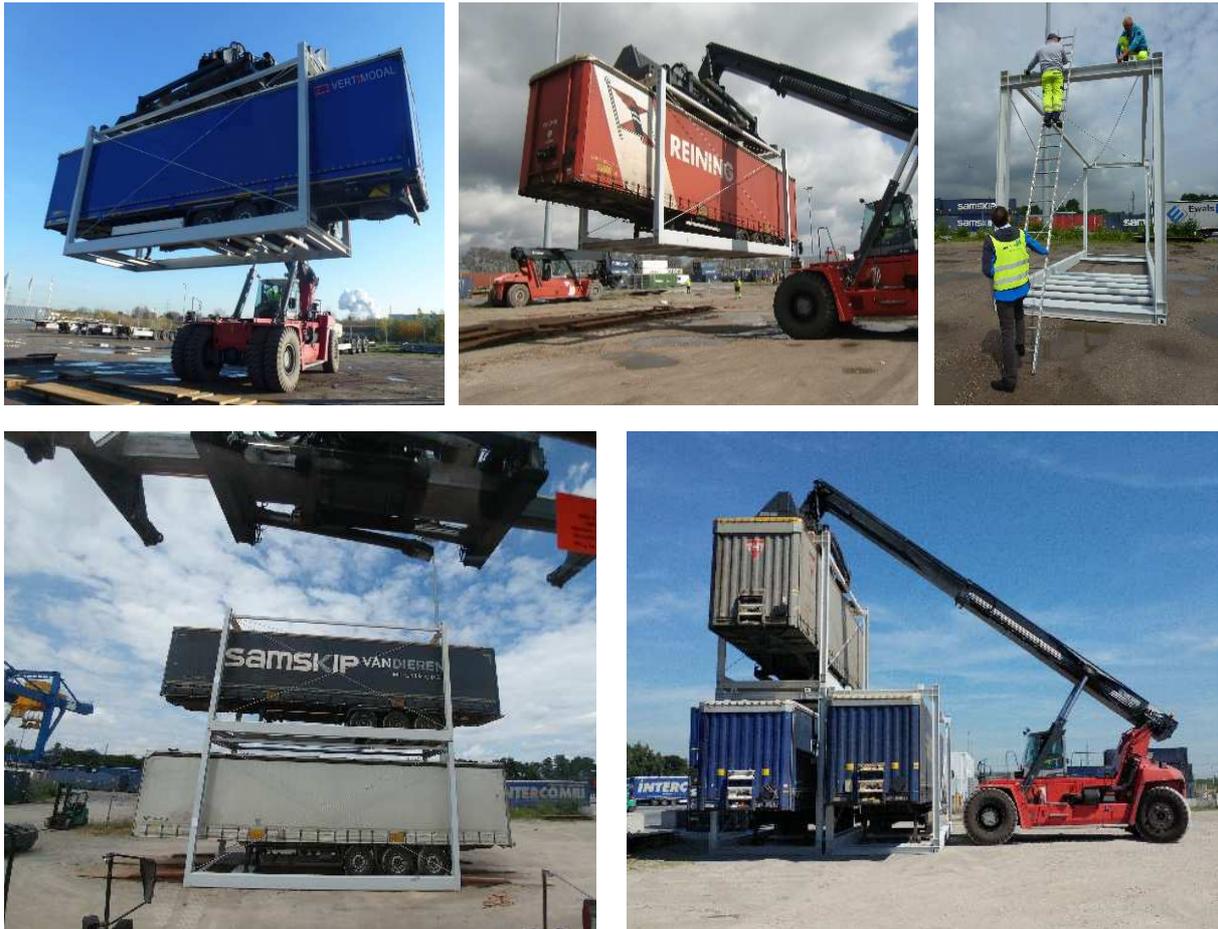


Abbildung 18: Impressionen Feldversuche

Die Ergebnisse des Feldversuchs wurden ausgewertet und entsprechend Anpassungen an der Rahmenkonstruktion vorgenommen. Im Rahmen einer Feedbackschleife wurden diese dann erneut im parallel verlaufenden AP 4.2 getestet.

### 5.1 Anpassung Testreihen

Im Rahmen des AP5 wurden die einzelnen Testreihen in Prüfprotokollen erfasst und ausgewertet. Parallel dazu wurden während und unmittelbar nach den Feldversuchen Optimierungspotenziale ermittelt und nach ihrer Umsetzbarkeit geprüft. So konnten einige Optimierungen direkt an dem Prototypen bzw. der Rampe durchgeführt werden, während andere Optimierungen erst beim nächsten, der nacheinander hergestellten Prototypen umgesetzt werden konnten. Sehr aufwendige Optimierungen, wie beispielsweise eine mögliche Kombination von VertiModal und NIKRASA, damit in Terminals künftig nur ein Rampentyp vorgehalten werden muss dagegen, können erst projektnachgelagert umgesetzt werden.

Die drei Prototypen wurden nacheinander gebaut und zunächst getestet, bevor der nächste Prototyp gefertigt wurde. Bei jedem Test wurden Optimierungspotenziale identifiziert, Lösungen erarbeitet und wenn möglich anschließend am vorhandenen und/oder folgenden Prototyp umgesetzt. Die Optimierungsmaßnahmen können zudem grob den folgenden Bereichen zugeordnet werden:

- Betriebsoptimierung: z. Bsp. Markierungen für Kranführer, Anpassungen an der Rampe zum leichteren Einsetzen der Rahmen
- Sicherheit: z. Bsp. Anpassung der Größe der Radmulden, Anbringung von Zapfen & Corner Castings unten
- Bauliche Optimierung: z. Bsp. Anpassung der Verbindung zwischen Quer- und Längsträger



Abbildung 19: v.r.n.l. Radmulden, Rampe, Verbindung Quer- und Längsträger

Insgesamt wurden zwölf Optimierungsmaßnahmen ermittelt, wovon sich allein vier auf Veränderungen der Rampe bezogen haben. Des Weiteren wurden die Abstände der Querträger für die Radmulden angepasst, und bauliche Veränderungen an z.B. den Verbindungen zwischen Quer- und Längsträger vollzogen (s. Abb. 19 Bild ganz rechts). Daneben wurden auch kleinere Maßnahmen, wie beispielsweise das Anbringen einer Markierung an den Stellen wo die Corner Castings sitzen, durchgeführt. Dies wurde war sinnvoll, da die aufsitzenden Corner Castings für den Reachstackerfahrer nicht zufriedenstellend sichtbar waren.

## 5.2 Evaluation der Rahmenlösung im Terminalbetrieb

Für eine grobe Evaluation der Stapellösung im Terminalbetrieb wurden zum einen die aktuellen Prozesse zum Umschlag von Trailern analysiert und mit dem Einsatz der Stapellösung verglichen (s. Abb. 20 & 21).

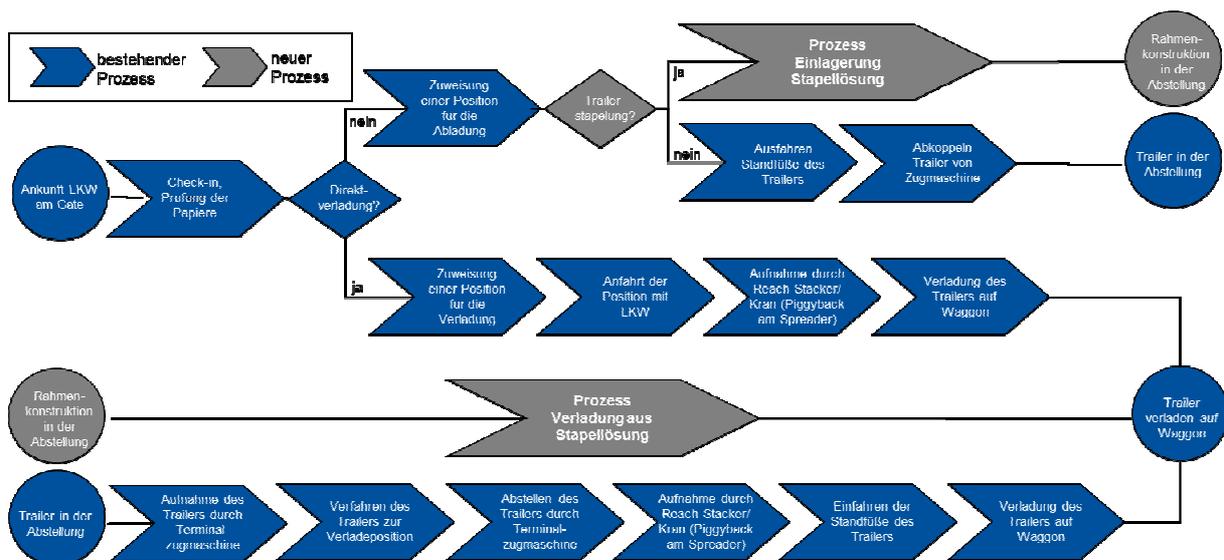


Abbildung 20: Prozess mit Einsatz einer Stapellösung Verladung LKW – Waggon



des kleinen Ausschnitts ist ersichtlich, dass auch den bisher etwas mehr als acht Stellplätzen, bei zweifacher Stapelung 36 Stellflächen generiert werden können. Wobei bei dem sehr wahrscheinlich meisten gängigen Reachstackern lediglich eine zweireihige Abstellung bei einseitige Bedienung möglich ist, die jedoch immer noch eine Verdreifachung der Abstellkapazität bedeutet. Bei 3-facher Stapelung unter Kran können sogar 54 auf der gleichen Fläche, wo vorher ca. acht Trailer Platz fanden, abgestellt werden, was mehr als einer Versechsfachung der Abstellkapazität entspricht. Allerdings muss gerade bei Bestandsterminals die Verringerung der Abstellkapazität für Container in die Kalkulation mit einbezogen werden.

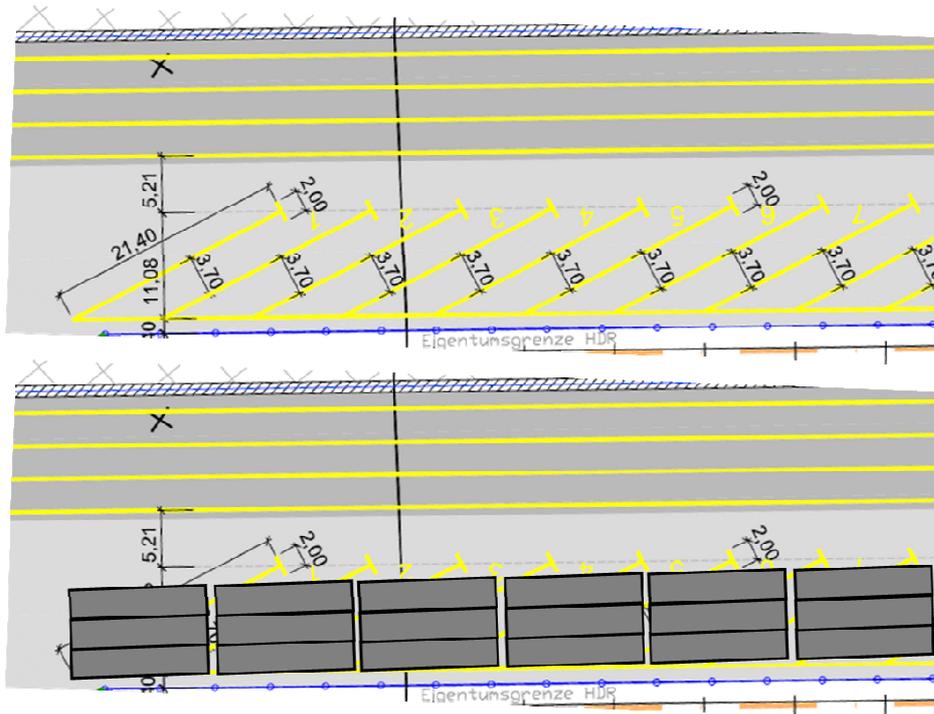


Abbildung 23: Anpassung der Stellflächen auf dem Terminal II

Auch andere Konfigurationen der Abstellung können je nach Terminallayout sinnvoll sein. So kann beim Betrieb mit Reachstackern auch eine Bildung von Zweierblöcken (Abb. 24) sinnvoll sein. Bei einer 3-fachen Stapelung ergäbe sich so ein Stellplatzplus von ca. 375%, wobei in diesem groben Beispiel zwei weitere der ursprünglichen Stellplätze beansprucht werden. Dies ist jedoch in der Berechnung bereits berücksichtigt.

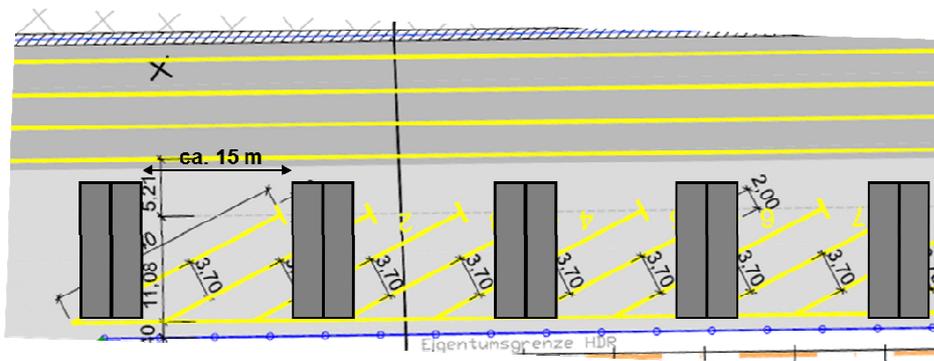


Abbildung 24: Alternative Stellplatzkonfigurationen

Es kann festgehalten werden, dass durch VertiModal signifikante Stellplatzgewinne und somit auch möglich sind. Sofern die Abstellflächen den Engpassfaktor bei der gesamten Umschlagkapazität darstellen, lassen sich somit auch Steigerungen in der Umschlagkapazität erzielen.

### **5.3 Anforderungen an Verbesserungsbedarf**

Potenziale der Verbesserung der Konstruktion oder der Testbedingungen, die nicht im Rahmen der Testphase umgesetzt werden können, wurden erfasst und systematisch aufbereitet. Die Erkenntnisse dienen der weiteren Entwicklung der Konstruktion und deren Einsatz im Terminalbetrieb für eine spätere Verwertung durch interessierte Marktteilnehmer. Das Projekt hatte zum Ziel funktionsfähige Prototypen zu entwickeln, von dem ausgehend weitere Optimierungen erfolgen können. Folgende Punkte bieten aus Sicht der Projektpartner die größten Verbesserungspotenziale:

1. Optimierung des Rahmens bzgl. Gewicht
2. Weitere optische Markierungen zur besseren Befahrbarkeit im operativen Betrieb
3. Kostenreduzierung bei größeren Produktionsstückzahlen des Rahmens
4. Entwicklung einer Konstruktion im „Bausatz“ zur Vermeidung von Sondertransporten auf der Straße (Höhe/Breite), um die Rahmen flexibler auch zwischen Terminalstandorten disponieren zu können.
5. Schaffung gemeinsamer Lösungen mit anderen Initiativen. So sehen die Projektpartner Möglichkeiten für Synergien mit z.B. System NIKRASA, durch die Verwendung einer einheitlichen Rampe. Somit ließen sich im Terminal Platz und Investitionskosten sparen.
6. Bedarf für Anpassung der Terminalprozesse zur optimalen Einbindung in Terminal-IT-Systeme und Stellplatzkonfiguration. Die optimale Einbindung der Rahmen in den Terminalbetrieb war explizit nicht Teil des Projekts. Hier besteht noch weiterer Forschungsbedarf.

### **AP 6: Projektmanagement / Kommunikation**

Folgende Arbeitsinhalte waren Teil des AP6 zum Projektmanagement und der Kommunikation des Projektes gegenüber dem Projektträger und Dritten durch die Projektpartner:

- Internes Projektmanagement
- Ansprechpartner für Anfragen Fördermittelgeber/ Projektträger/ Interessierte
- Ansprechpartner für Dritte sowie aktive Veröffentlichung der Projekthinhalte
- Einrichtung und Pflege einer Projektwebseite
- Inhaltliche Vorbereitung und Organisation des Abschlussworkshops
- Erstellen von Fachbeiträgen, Informationsmaterial, etc.
- Dokumentation der Projektergebnisse
- Erstellung von Zwischenberichten und des Abschlussberichts

Des Weiteren wurde ein Projektposter (s. Anhang 3) erstellt, welches auf dem 2. TerminalTag der SGKV ausgestellt wurde.

Im Rahmen der Öffentlichkeitsarbeit wurde auf das Projekt VertiModal und die damit verbundene Problematik in Fachartikeln (u.a. „GOOD SOUND und VertiModal setzen Standards im Intermodalumschlag“, SUT 4/2015 S. 100; „Mehr Trailer auf die Schiene – Die Branche ist zuversichtlich“, SUT

4/2015; Sattelanhänger im Kombinierten Verkehr – Wohin geht die Reise?“, GÜTERBAHNEN Ausgabe 01/2015 S. 17-20) hingewiesen. Des Weiteren wurde das Forschungsprojekt in dem Arbeitskreis Terminal der SGKV vorgestellt und in persönlichen Gesprächen auf Messen und anderen Veranstaltungen diskutiert. Parallel dazu wurde die Website des Projekts [www.vertimodal.de](http://www.vertimodal.de) gepflegt und aktuelle Meldungen erstellt.

Die SGKV hat im Berichtszeitraum auf Veranstaltungen, wie u.a. der Mitgliederversammlung oder dem TerminalTag der SGKV, sowie in einer Vielzahl persönlicher Gespräche mit Entscheidungsträgern der Branche das Projekt und die aktuellen Entwicklungen vorgestellt. Darüber hinaus hat die SGKV im zweiten Halbjahr 2015 die Mitgliederinformation eingeführt, in der die über 80 Mitglieder der SGKV alle zwei Monate über die aktuellen Tätigkeiten und Projektfortschritte der Geschäftsstelle informiert werden. U.a. dadurch konnte ein erhöhtes Interesse an dem Projekt festgestellt werden. Exemplarisch dafür steht das Interesse des BASF-Terminals KTL in Ludwigshafen, da dort ein weiter rasch steigender Traileranteil erwartet wird und das Terminal vor Herausforderung beim Abstellen der Trailer stellt. Außerdem wurde die Website des Projekts [www.vertimodal.de](http://www.vertimodal.de) gepflegt und aktuelle Meldungen erstellt.

Die SGKV hat im Projektzeitraum außerdem die Möglichkeit einer Kooperation zwischen dem Projekt NIKRASA und VertiModal ausgelotet, da sich in Bezug auf die Rampe und die Auflagefläche Synergien ergeben könnten. Aufgrund von Bedenken in Bezug auf die spätere Verwertung, sowie der zu diesem Zeitpunkt nur noch geringen zeitlichen Ressourcen wurde von einer Kooperation zunächst Abstand genommen. Es wurde sich jedoch darauf geeinigt, dass nach Ende des Projekts VertiModal die Gespräche erneut aufgenommen werden.

## **2. Wichtigste Positionen des zahlenmäßigen Nachweises**

Die im Projekt angefallen Kosten bei der SGKV waren im Wesentlichen Personalkosten. Der Personalaufwand im Berichtszeitraum ist für die geleisteten Arbeiten angemessen.

Die dfl duisport facility logistics GmbH hat ebenfalls zu einem großen Anteil Personalaufwand im Projekt angesetzt. Für die statische Berechnung und den Stahlbau der Rahmenkonstruktion und Auffahrrampe fielen jedoch zusätzlich Materialkosten und sonstige unmittelbare Vorhabenkosten an. Diese wurde im Rahmen des Projektes in Form von Unteraufträgen ordnungsgemäß vergeben. Alle Aufwendungen der dfl sind für die im Projekt geleisteten Arbeiten angemessen.

## **3. Notwendigkeit und Angemessenheit der geleisteten Arbeit**

Der Verlauf der Arbeiten im Projekt folgte der im Projektantrag formulierten Planung. Alle im Arbeitsplan formulierten Aufgaben wurden erfolgreich bearbeitet. Es waren keine zusätzlichen Ressourcen für das Projekt nötig.

Aufgrund der unerwartet langen Bearbeitungszeit zur Erstellung der endgültigen Bauskizze, inkl. Statikberechnung, kam es zu Verzögerungen aller damit direkt verbundenen, nachgelagerten (Teil-) Arbeitspakete. Hierzu zählen insbesondere die AP: 3.1 Bau der Konstruktion, AP 3.2 Sicherheitsüberprüfung des Prototypen, AP 4.2 Durchführung des Feldversuchs. Nach Fertigstellung der Skizzen wurden darüber hinaus Gespräche bzgl. einer Kooperation mit dem NIKRASA-Projekt weiterverfolgt. Für die Zeit der Gespräche wurde die bauliche Umsetzung der Prototypen ausgesetzt, da zu diesem Zeitpunkt eine Neuplanung mit einer Vereinigung beider Systeme im Bereich des Möglichen lag. Nachdem die Verhandlungen zu dem Ergebnis kamen, dass eine Zusammenarbeit im Rahmen des Projekts VertiModal nicht zustande kommen wird, wurde unverzüglich mit der baulichen Umsetzung der bestehenden Planungen begonnen. Aus diesem Grund wurde eine kostenneutrale Verlängerung des Projekts um drei Monate beantragt und anschließend dem Projektkonsortium genehmigt.

## **4. Voraussichtlicher Nutzen, insbesondere der Verwertbarkeit des Ergebnisses im Sinne des fortgeschriebenen Verwertungsplans**

Durch die erfolgreiche Umsetzung in der Projektplanung anvisierten Maßnahmen wurden Prototypen geschaffen, die als Referenz für weitere zu bauende Anlagen dienen. Die Duisburger Hafen AG hat bereits angekündigt den Ansatz weiterverfolgen und optimieren zu wollen und somit zu einer Verwertung der Ergebnisse beizutragen. Für die Verbreitung der Ergebnisse waren bis zum Projektende und darüber hinaus die Duisburger Hafen AG und die SGKV zuständig. Aufgrund von Interessensbekunden seitens Akteuren des Marktes (BASF, DB, verschiedenen KV-Terminals) ist zudem eine zweite praktische Vorführung für das Frühjahr 2017 geplant.

## **5. Während der Durchführung des Vorhabens dem ZE bekannt gewordener Fortschritt auf dem Gebiet des Vorhabens bei anderen Stellen**

Den Projektpartnern sind während der Projektdurchführung keine externen Fortschritte auf dem Gebiet des Vorhabens bekannt geworden.

## 6. Erfolgte oder geplante Veröffentlichungen des Ergebnisses

Im Rahmen des Berichtszeitraums wurden folgende Veröffentlichungen publiziert:

- „Vertimodal hilft beim Trailer stapeln“, DVZ, 11.10.2013
- „Wie Sattelaufleger am besten stapeln?“, Verkehr, 18.10.2013
- „GOOD SOUND und 'VertiModal' setzen Standards im Intermodalumschlag“, SUT, 04/2015
- „Hochstapler am Werk“, Verkehrsrundschau, Ausgabe 37, 16.09.2016
- „Vertimodal macht Trailer stapelbar“, DVZ, 11.10.2016
- „Trailer lassen sich dank VertiModal stapeln“, Rail Business, 17.10.2016
- „VertiModal stacks semi-trailers“, World Cargo News, October 2016

Des Weiteren wurden die Ergebnisse des Projektes Organisationen und Verbänden, Mitgliedern der vorgestellt, sowie auf Messen, Tagungen und Mitgliederinformationen und Unternehmenspublikationen präsentiert.

Die Zielsetzung, Arbeitspakete und selektive Ergebnisse werden des Weiteren durch die für das Projekt eingerichtete Website publiziert ([www.vertimodal.de](http://www.vertimodal.de)).

Da es sowohl im Interesse der SGKV (hier sogar im Vereinszweck verankert) als auch der dfl und der Duisburger Hafen AG ist, Kombinierte Verkehre zu stärken, besteht auch über das Projektende hinaus ein immanentes Interesse, die in VertiModal erzielten Ergebnisse Interessierten Akteuren zu vermitteln und unterstützend tätig zu sein. Eine Vielzahl von Anfragen von Interessenten an der entwickelten Lösung nach Ende des Projektes zeigt die Relevanz des Themas im Kombinierten Verkehr und Terminalbetrieb.