

# **Studie zum Transport von Sattelanhängern im unbegleiteten Kombinierten Verkehr durch die Schweiz**

- Schlussbericht -

Bearbeiter: Rainer Mertel  
Kai Petri  
Klaus-Uwe Sondermann

KombiConsult GmbH  
Zum Laurenburger Hof 76  
60594 Frankfurt am Main

**15. November 2012**

## INHALTSVERZEICHNIS

1	Ausgangssituation und Zielsetzung .....	1
2	Strukturanalyse des alpenquerenden Güterverkehrs der Schweiz.....	2
3	Analyse des unbegleiteten Kombinierten Verkehrs .....	5
4	Vergleich der bestehenden UKV-Technologie mit neuen Umschlagsystemen.....	8
4.1	Darstellung der neuen Technologien.....	8
4.2	Systemvergleich.....	16
4.2.1	Zugkapazität .....	17
4.2.2	Kapazität der Umschlaganlagen.....	20
4.2.3	Flächenbedarf und Investitionskosten der Umschlaganlagen.....	24
4.2.4	Systemkosten der untersuchten Technologien.....	29
5	Kostenanalyse der Verlagerung von Sattelanhängerverkehren durch die Schweiz ..	32
5.1	Ermittlung des Verlagerungsbedarfs .....	34
5.2	Gesamtkosten einer Verlagerung von Sattelanhängern durch UKV-Ist- bzw. Modalohr-UIC-Technologie .....	36
5.3	Gesamtkostenvergleich unter Berücksichtigung der Kosten für den Infrastrukturausbau.....	44
6	Management Summary und Schlussfolgerungen .....	47
6.1	Management Summary .....	47
6.2	Schlussfolgerungen.....	55

## 1 Ausgangssituation und Zielsetzung

Die Schweiz investiert Milliardenbeträge in den Ausbau der beiden alpenquerenden Schienenkorridore Lötschberg und Gotthard. Beide Korridore sind für den unbegleiteten Kombinierten Verkehr (UKV) zwischen Italien und Mittel-, Nord- und Nordwesteuropa und damit – aufgrund der Vernetzungswirkung - für das gesamte intermodale System in Europa von außergewöhnlich hoher Bedeutung. Für das Jahr 2016 ist mit der Vollendung des Gotthard-Basistunnels die Eröffnung der NEAT geplant. Dadurch werden erhebliche zusätzliche Transportkapazitäten im Verkehr durch die Schweiz insbesondere auch für den UKV verfügbar.

Wenn jedoch bis zu diesem Zeitpunkt die Zulaufstrecken zu den wichtigen KV-Terminals im Raum Milano nicht auch dementsprechend ausgebaut würden, könnte die volle Kapazität der Gotthard-Linie nicht ausgeschöpft werden. Dies gilt neben der reinen Streckenkapazität vor allem auch für das Lichtraumprofil, das anders als auf der Lötschberg-Achse, wo begrenzte Trassenkapazitäten verfügbar sind, die Beförderung von 4 Meter hohen Sattelanhängern derzeit nicht zulässt.

In Anbetracht der zunehmenden Bedeutung des Sattelanhängers im europäischen UKV, der hierbei auf sogenannten Taschenwagen befördert wird, in der Transportlogistik allgemein und im alpenquerenden Transitverkehr durch die Schweiz im Besonderen würde ein Fortbestehen der infrastrukturellen Restriktionen die Möglichkeit, diese Verkehre in den UKV zu verlagern, nicht nur beschränken, sondern weitgehend verhindern. Denn abgesehen von Tank-Sattelanhängern und Fahrzeugen zum Transport schwergewichtiger Güter weist die überwiegende Mehrheit aller Standard-Sattelanhänger mit Planen- oder Kofferaufbau eine Gesamthöhe von 4 m auf.

Die Kosten für den Ausbau der südlichen Zulaufstrecke zum Gotthard-Basistunnel inklusive einer Ausweitung des Lichtraumprofils werden gemäß aktuellen Untersuchungen seitens des Bundesamtes für Verkehr (BAV) auf ca. 940 Mio. CHF geschätzt. Davon sollen gemäß Schätzungen schweizerischer Experten etwa 30% der Kosten auf Maßnahmen, die zur Verbesserung des Schienenpersonenverkehrs dienen, entfallen (siehe auch Kapitel 5.).

Um das Profilproblem zu lösen, wurden in den letzten Monaten verschiedene Lösungsansätze ins Spiel gebracht. Dabei handelt es sich um neue Umschlagsysteme, die insbesondere an der Wagentechnologie ansetzen. Hierzu zählen das CargoBeamer-System, das derzeit in Deutschland im Testbetrieb ist, und zwei Varianten der Modalohr-Technologie. Die Fa. Lohr hat zusätzlich zum System der Horizontalverladung von Sattelanhängern, das in Frankreich bereits im kommerziellen Einsatz ist, eine sog. UIC-Variante ihrer Modalohr-Technologie vorgestellt. Damit sollen 4 m hohe kranbare Sattelanhänger trotz Profileinschränkungen befördert werden können.

Vor diesem Hintergrund war das **Ziel** der Studie, deren Ergebnisse mit diesem Bericht vorgelegt werden, die Systemkosten der Lösungsansätze CargoBeamer, Modalohr Horizontal, Modalohr UIC sowie des UKV mit Taschenwagen zu analysieren und schließlich zu bewerten, mit welcher Technologie bzw. welchen Technologien das verfassungsmäßig verankerte Verlagerungsziel am wirtschaftlichsten zu erreichen wäre.

## **2 Strukturanalyse des alpenquerenden Güterverkehrs der Schweiz**

Zwischen 1994 und 2010 hat der alpenquerende Güterverkehr durch die Schweizer Alpen um rund 60% zugenommen. Im gleichen Zeitraum verbesserte sich der unbegleitete Kombinierte Verkehr (UKV) über die Schiene um 136,5% und steigerte dabei das Beförderungsaufkommen von 6,3 auf 14,9 Mio. Netto-Tonnen. Das entspricht einer durchschnittlichen jährlichen Wachstumsrate von 5,5%. Aufgrund des überproportionalen Wachstums hat der UKV seinen Anteil am alpenquerenden Güterverkehr im Betrachtungszeitraum von 26,1 % auf 38,8% UKV erhöht. Dies entspricht einem Marktanteilsgeinn von knapp 50% (siehe Abb. 2-1).

Dies gilt auch für den alpenquerenden Straßengüterverkehr. Mit einem Volumen von 6,2 Mio. Netto-Tonnen hatte er im Jahr 1994 eine nahezu identische Ausgangsposition wie der UKV. Und trotz eines unterschiedlichen Wachstumsverlaufs lag das LKW-Transportaufkommen mit 14,3 Mio. t auch im Jahr 2010 fast wieder auf dem Niveau

des UKV. Hingegen hat der Wagenladungsverkehr relativ und auch absolut an Bedeutung verloren. Der Marktanteil fiel innerhalb der 16 Jahre seit 1994 von 44% auf nur noch gut 19% im Jahr 2010.

**Abb. 2-1: Alpenquerender Güterverkehr der Schweiz nach Verkehrsträgern 1994, 2000-2010**

Jahr	LKW	WLV	BKV	UKV	Gesamt	Anteil UKV
	(Mio. Netto-t)					
1994	6,2	10,6	1,0	6,3	24,1	26,1%
2000	8,9	10,5	1,0	9,0	29,4	30,6%
2001	10,8	10,7	1,0	9,1	31,6	28,8%
2002	10,7	8,8	1,1	9,4	30,0	31,3%
2003	11,4	8,8	1,5	10,2	31,9	32,0%
2004	12,5	8,9	1,8	12,2	35,4	34,5%
2005	12,8	8,5	1,9	13,3	36,5	36,4%
2006	12,8	8,5	1,9	14,8	38,0	38,9%
2007	14,0	8,3	1,9	15,1	39,3	38,4%
2008	14,4	8,8	1,8	14,8	39,8	37,2%
2009	13,4	6,4	1,8	12,7	34,3	37,0%
2010	14,3	7,4	1,8	14,9	38,4	38,8%

LKW = Straßengüterverkehr  
 WLV = Wagenladungsverkehr  
 BKV = Begleiteter Kombiniertes Verkehr  
 UKV = Unbegleiteter Kombiniertes Verkehr

Quelle: BAV: Verlagerungsbericht 2011. Dienst GVF: Alpinfo 1994. KombiConsult-Berechnungen

Laut BAV hat die Zahl der schweren LKW im alpenquerenden Verkehr von 732.000 Fahrten im Jahr 1990 um gut 70% auf 1.257.000 Fahrten in 2010 zugenommen. Die Gesamtheit der erfassten Fahrzeuge umfasst Last- und Sattelzüge sowie Solo-LKW (Lastwagen). Letztere Kategorie, deren Aufkommen in den letzten zwei Jahrzehnten

meist um einen Wert von etwa 200.000 Fahrten geschwankt hat, kann in der nachfolgenden Analyse außer Acht gelassen werden. Denn diese Fahrzeuge und ihre Fahrtbewegungen dürften, wie schon heute, kaum in den UKV zu verlagern sein. Unter Umständen wären spezifische Angebote der Rollenden Landstraße dafür geeignet. Alternativ könnte die Zahl der Fahrten durch geeignete Anreizsysteme vermindert werden.

Betrachtet man vor diesem Hintergrund nur die Fahrzeugkategorien Last- und Sattelzüge, so zeigt sich, dass sich deren Verkehrsvolumen im Zeitraum 1990-2010 mehr als verdoppelt hat, und zwar von 0,52 auf 1,06 Mio. Fahrzeuge (+104%). Mit einem Anteil von etwa 80% ist die Gotthard-Route die aufkommensstärkste Achse im alpenquerenden Verkehr der Schweiz. Hier fiel das Wachstum mit einem Plus von 109% noch etwas stärker aus (siehe Abb. 2-2).

**Abb. 2-2: Alpenquerender Straßengüterverkehr in der Schweiz nach Fahrzeugkategorien 1990-2010**

Jahr	Gotthard-Korridor				Gesamter alpenquerender Verkehr			
	LKW-Zug	Sattelzug	Gesamt	Anteil SZ	LKW-Zug	Sattelzug	Gesamt	Anteil SZ
1990	195.000	193.000	388.000	49,7%	265.000	254.000	519.000	48,9%
1995	252.000	398.000	650.000	61,2%	301.000	465.000	766.000	60,7%
2000	318.000	559.000	877.000	63,7%	366.000	664.000	1.030.000	64,5%
2005	259.000	547.000	806.000	67,9%	316.000	714.000	1.030.000	69,3%
2010	245.000	564.000	809.000	69,7%	303.000	758.000	1.061.000	71,4%

Quelle: BAV: Güterverkehr durch die Schweizer Alpen 2010. KombiConsult-Berechnungen

Bis zum Jahr 1991 war das Verkehrsaufkommen von Sattel- und Lastzügen annähernd gleich hoch. Das galt sowohl für die Gotthard-Achse als auch den gesamten alpenquerenden Verkehr der Schweiz. Seit dem Jahr 1992 hat sich der Modal-Split der beiden Fahrzeugkategorien sprunghaft zugunsten des Sattelzugs (SZ) verändert. Nach unserer Einschätzung kamen folgende Faktoren zusammen, die im Wesentlichen diese Veränderung auslösten:

- Änderungen in den logistischen Prozessen in Folge der Liberalisierung des Straßengüterverkehrs in der EU seit 1985.
- Nach dem Fall des „Eisernen Vorhangs“ und der Integration der osteuropäischen Länder in eine europäische Warenversorgung entstand ein erheblicher Bedarf an Transportkapazität. Dieser konnte auf die schnellste und effizienteste Art durch Sattelzugkombinationen gedeckt werden.
- Sattelzüge haben eine günstigere Fahrdynamik als Lastzüge und sind auch erheblich leichter in der Rückwärtsfahrt zu rangieren. Damit konnten auch Fahrer ohne große Praxis diese Fahrzeuge beherrschen.

Im Lauf der letzten 20 Jahre haben weitere Entwicklungen in Güterverkehr und Logistik zum europaweiten „Siegesszug“ des Sattelzuges beigetragen (siehe auch Kapitel 4). Damit spiegelt die Struktur des alpenquerenden Straßengüterverkehrs in der Schweiz, wo sich der Marktanteil von Sattelzügen bis zum Jahr 2010 auf rund 70% erhöht hat, die Entwicklung in Gesamteuropa sehr gut wider.

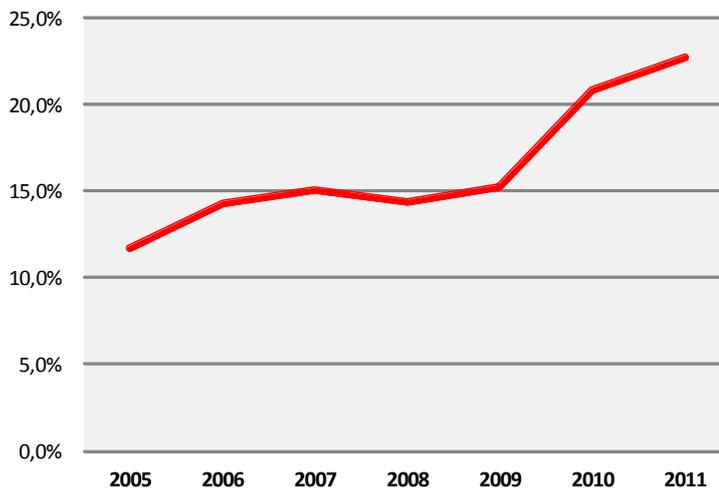
### **3 Analyse des unbegleiteten Kombinierten Verkehrs**

Auf den ersten Blick liegt der Anteil von Sattelanhängern am Gesamtaufkommen im UKV - sowohl in der Schweiz als auch am gesamten KV in Europa – deutlich unter dem von Sattelzügen im Straßenverkehr. Ein derartiger Vergleich greift jedoch zu kurz. Denn ein wesentlicher Vorteil des UKV ist es ja gerade, dass ein Spediteur nur den für das jeweilige Gut benötigten LKW-Aufbau in Form eines Wechselbehälters oder Containers auf die Schiene geben kann und das Achsaggregat nicht mit befördern lassen muss. Im Vor- und Nachlauf auf der Straße werden aber die intermodalen Ladeeinheiten mehrheitlich mit Sattelzügen transportiert, maritime Container sogar ganz überwiegend, so dass dieser Anteil die eigentliche Grundlage zum Vergleich mit der Fuhrparkstruktur im Straßengüterverkehr darstellt.

Dessen ungeachtet werden seit gut zehn Jahren auch immer mehr kranbare Sattelanhänger im kontinentalen UKV in Europa befördert. Dies belegt eine Analyse des UKV

in Deutschland. Ging der Anteil von Sattelanhängern am UKV-Aufkommen in Deutschland bis Ende der 90er Jahre kontinuierlich zurück, ist seit etwa zehn Jahren eine „Renaissance“ des Sattelanhängers sowohl im nationalen als auch im internationalen Verkehr zu beobachten. Zwischen 2005 und 2011 hat sich sein Marktanteil am kontinentalen UKV in Deutschland von 11,8% auf 22,7% fast verdoppelt, und das Aufkommen legte um 186% von 137.000 auf 392.000 Sattelanhänger zu (siehe Abb. 3-1).

**Abb. 3-1: Anteil kranbarer Sattelanhänger am kontinentalen UKV in Deutschland 2005-2011 (ohne Transitverkehr)**



Quelle: KombiConsult auf Grundlage Destatis

Dieser Wachstumsschub ist neben den erwähnten logistischen und fahrzeugtechnischen Gründen vor allem auf die verbesserten Möglichkeiten zurückzuführen, kranbare Sattelanhänger, die die gleiche Kapazität wie ein nur auf der Straße eingesetzter Sattelanhänger aufweisen, im UKV zu nutzen. Zwei Komponenten waren hierfür maßgebend: die Entwicklung von Taschenwagen, mit denen Megatrailer mit 3 m Innenhöhe befördert werden können, und die Aufweitung des zulässigen Lichtraumprofils bei wichtigen internationalen Schienenstrecken auf mindestens P 70/P 400. Der letzteren infrastrukturellen Maßnahme kommt dabei sicherlich die Schlüsselfunktion zu. Dieser Zusammenhang kann deutlich am Beispiel des Brenner-Korridors gezeigt werden.

Während im Jahr 1999 Sattelanhänger knapp 17% aller Sendungen im Transit durch Österreich von und nach Italien ausmachten, stieg ihr Marktanteil bis 2008 auf 28%. Im gleichen Zeitraum legte das Sattelanhänger-Aufkommen um über 500% zu, das Gesamtaufkommen im UKV auf dieser Achse hingegen „nur“ um 300%. Nach unseren Marktanalysen dürfte der Anteil des Sattelanhängers bis zum Jahr 2011 sogar auf ca. 35-37% geklettert sein. Impulsgeber für dieses überproportionale Wachstum war eindeutig die Anhebung des Lichtraumprofils im Jahr 2000 von P45/P375 auf P70/400.

Im Vergleich dazu spielt der Sattelanhänger im kontinentalen UKV durch die Schweiz derzeit eine spürbar geringere Rolle:

- Im Gotthard-Korridor, auf dem nur ein Lichtraumprofil von P50/P380 zur Verfügung steht, erreichten Sattelanhänger im UKV zwischen Deutschland und Italien im Jahr 2010 nur knapp 14% des gesamten Beförderungsvolumens. Allerdings haben die KV-Operateure durch die Entwicklung moderner Taschenwagen, deren Aufstandsfläche für Sattelanhänger gegenüber dem UIC-Profil um 60 mm abgesenkt ist, das nutzbare Profil auf P56/P386 erhöhen können.
- Der Anteil der kranbaren Sattelanhänger im Lötschberg-Korridor, der für eine begrenzte Zahl von sog. SIM-Trassen das Profil P 400 bietet, dürfte dagegen deutlich höher liegen, auch wenn für diese Studie keine umfassenden Statistiken verfügbar waren. Nach Angaben einiger KV-Operateure, die SIM-Trassen nutzen, machen Sattelanhänger bis zu etwa 50% ihres relationsbezogenen Beförderungsaufkommens aus.
- Bezieht man noch die weiteren im Schweiz-Transit abgewickelten Verkehre zwischen Italien und den Benelux-Ländern sowie Nordeuropa in die Betrachtung ein, so dürfte der gesamte Marktanteil von Sattelanhängern am kontinentalen UKV der Schweiz in der Größenordnung von etwa 17-18 % liegen.

Die obige Analyse zeigt, dass trotz vergleichbarer Güterstruktur im Italien-Verkehr durch die Schweiz und Österreich die KV-Kunden im Brenner-Korridor etwa doppelt so oft Sattelanhänger einsetzen wie im Schweiz-Transit. Der ursächliche Zusammenhang mit dem höheren, mit dem Straßen-LKW wettbewerbsfähigen Lichtraumprofil ist offensichtlich.

## 4 Vergleich der bestehenden UKV-Technologie mit neuen Umschlagsystemen

Beim nachfolgenden Systemvergleich wurden die Leistungsfähigkeit und die Systemkosten von neuen Transport- und Umschlagtechnologien analysiert und zu den analog ermittelten Werten für die Status-quo-Techniken des UKV in Beziehung gesetzt. Dabei wurden für jede Technologie identische oder – falls dies aufgrund der Systemeigenschaften nicht möglich war - vergleichbare Rahmen- und Einsatzbedingungen angenommen. Um ein möglichst umfassendes Bild der alternativen, in den letzten Jahren entwickelten oder noch in Entwicklung befindlichen Umschlagsysteme zu erhalten, wurden folgende Technologien in die Untersuchung einbezogen:

- Bestehende UKV- Technologie kranbare Sattelanhänger
- CargoBeamer-Technologie
- Modalohr-Technologie für den Horizontalumschlag
- Modalohr-Technologie für den Vertikalumschlag (UIC)

Zum besseren Verständnis dieses Systemvergleichs werden eingangs die neu entwickelten Technologien kurz dargestellt und ihre zentralen Komponenten erläutert. Auf eine Beschreibung der bestehenden UKV-Technik wird verzichtet, da davon ausgegangen werden darf, dass deren Systemeigenschaften und Funktionsweisen allgemein bekannt sind.

### 4.1 Darstellung der neuen Technologien

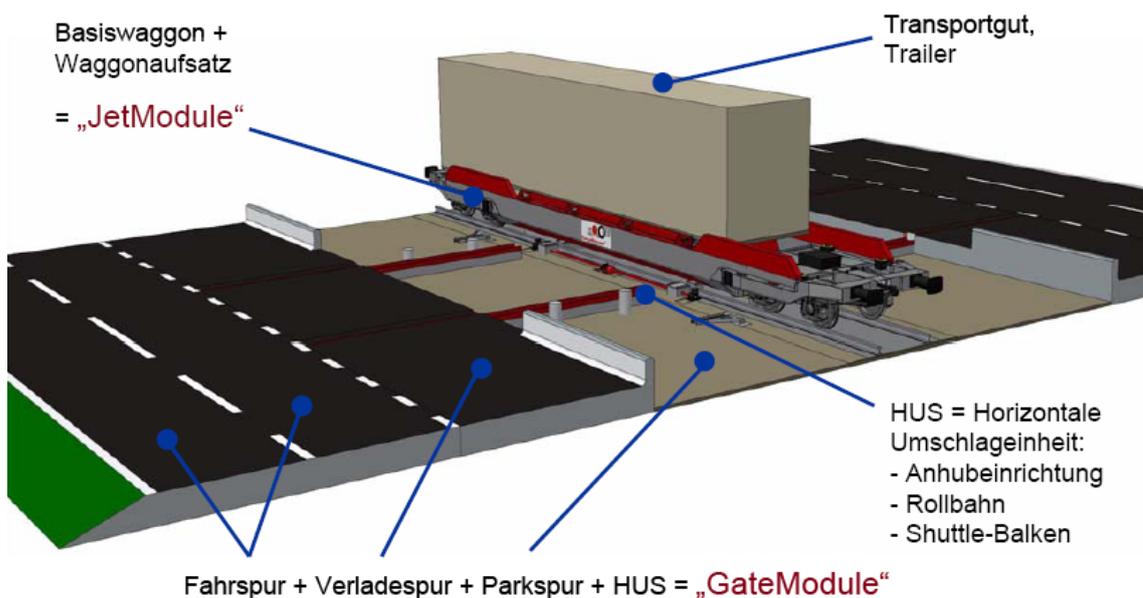
Die Anbieter der **CargoBeamer**-Technologie geben als Zielmarkt die Beförderung von unbegleiteten, nicht kranbaren Sattelanhängern an.<sup>1</sup> Dementsprechend ist dieses System als Horizontalumschlagsverfahren mit zwei wesentlichen Systemkomponenten konzipiert (siehe Abb. 4-1):

---

<sup>1</sup> Es können selbstverständlich auch kranbare Sattelanhänger umgeschlagen werden.

- Das Umschlagmodul umfasst ein mittig angeordnetes Umschlaggleis, auf beiden Seiten des Gleises je zwei Fahrspuren und eine Verlade- und Parkspur sowie ortsfeste Horizontale Umschlageinheiten (HUS) mit folgenden Komponenten: Waggonzentrierung, Anhubeinrichtung, Rollbahn und Shuttle-Balken zur Förderung der Waggonaufsätze.
- Die Schienentransporteinheit besteht aus einem Spezialwagen und einem Waggonaufsatz, dem sog. Jetmodul oder CargoJet, auf dem die Sattelanhänger verladen werden.

**Abb. 4-1: Systemkomponenten der CargoBeamer-Technologie**



Quelle: CargoBeamer

Der Umschlag von Sattelanhängern soll automatisiert und zentral gesteuert erfolgen. Das bedeutet, dass bei eingehenden Zügen alle Waggonaufsätze zeitgleich angehoben und quer nach beiden Seiten bis zu den Verladespuren verschoben werden. Dann können die Sattelanhänger von Zugmaschinen, die von vorne anrücken, herausgefah-

ren werden. Im Versand werden die Sattelanhänger von Zugmaschinen auf den Waggonaufsatz gezogen und dort abgestellt. Wenn alle Sattelanhänger verladen sind, werden die Waggonaufsätze in den Wagenverbund verschoben. Dies soll nach Herstellerangaben innerhalb von zehn Minuten geschehen. Aufgrund dieser Verfahrensweise besteht die Notwendigkeit, beiderseits des Umschlaggleises Lade- und Fahrspuren anzuordnen, um ausreichend Manövrierabstand für die Bewegung der Sattelkraftfahrzeuge gewährleisten zu können (siehe auch Abb. 4-2).

**Abb. 4-2: Systemdarstellung der CargoBeamer-Umschlaganlage**



Quelle: CargoBeamer Website

Wir gehen davon aus, dass im Regelbetrieb eine „indirekte“ Betriebsorganisation gewählt wird, bei der die straßenseitige Anlieferung bzw. Abholung der Sattelanhänger von der Be- bzw. Entladung entkoppelt werden. Das bedeutet, dass eine Gate-nahe Abstellfläche für Sattelanhänger eingerichtet wird, und Terminalzugmaschinen (Tugmaster) die Umfuhr zwischen Abstellfläche und Umschlagmodul durchführen. Abgesehen davon, dass dies die Leistungsfähigkeit der Anlage steigert, wird die Platzie-

zung der Sattelanhänger auf den eng dimensionierten Waggonaufsätzen auch sicherer und schneller von erfahrenem Terminalpersonal als von fremden LKW-Fahrern durchgeführt werden können.

Die **Modalohr-Technologie für den Horizontalumschlag** hat, wie das CargoBeamer-System, primär den Transport unbegleiteter, nicht kranbarer Sattelanhänger im Fokus. Zusätzlich ist das System zumindest für die Pilotrelation Bettembourg – Le Boulou so ausgelegt, dass 4 m hohe Sattelanhänger im Profil P375/P45 befördert werden können. Dies wurde hier mit drei Maßnahmen erreicht:

- **Wagentechnik:** Absenken der Aufstandsfläche für Sattelanhänger auf eine Höhe von ca. 205 mm und damit in den Bereich des unteren, ansonsten frei zu haltenden UIC-Hüllraums.
- **Infrastrukturelle Maßnahmen:** Damit diese Wagen überhaupt verkehren können, wurde auf der Pilotstrecke der untere UIC-Hüllraum „frei geräumt“, das heißt, dass alle in diesem Bereich eingebauten betriebs- bzw. sicherungstechnischen Einrichtungen abgebaut und verlegt werden mussten.
- **Betriebliche Vorkehrungen** (siehe unten ausführlich).

Der Systemansatz und die Komponenten der Technologie können anhand der für die Pilotrelation erstellten Umschlaganlagen erläutert werden:

- Das Umschlagmodul besteht aus einem mittig angeordneten Umschlaggleis, das gegenüber der gesamten Umschlagfläche abgesenkt ist, Vorrichtungen zur Waggonpositionierung und zur Durchführung des Umschlags sowie Abstellflächen für Sattelanhänger (siehe Abb. 4-3).
- Es werden sechsachsige Gelenkwagen vom Typ Modalohr NA (Beförderungskapazität für zwei Sattelanhänger) eingesetzt, die zu einer 10er-Einheit (20 Stellplätze) für einen halben Ganzzug fest gekuppelt sind.
- Die Umschlagvorrichtung besteht aus einem Hub-/Schwenksystem im Gleisbett zur Entriegelung der Wagentaschen und zum Tragen der vertikalen Last. Jede einzelne, wagenbezogene Umschlageinheit wird manuell bedient und gesteuert.

**Abb. 4-3: Umschlaganlage für die Modalohr-Technologie Horizontal**

Quelle: Lohr

Die Waggon müssen exakt positioniert werden, damit die Wagentasche angehoben und gedreht werden kann. Hydraulisch angetriebene Tragrollen bewirken das Drehen der Wagentasche bis in die integrierten Anschläge in Endlage. Die Wagentasche liegt dann wie eine Brücke zwischen den beiden Tragrollengruppen (siehe Abb. 4-4). Die Be- bzw. Entladung der Sattelanhänger erfolgt mit Tugmaster (siehe Abb. 4-5). Die Kunden stellen jedoch ihre Sattelanhänger auf einer Bereitstellungsfläche im Umschlagmodul ab bzw. holen diese von dort ab.

Da die Modalohr-Technologie das Lichtraumprofil völlig nutzt, ohne dass Toleranzen verbleiben, müssen aus Gründen der Betriebssicherheit die Sattelanhänger vermessen werden, auch wenn sie kodifiziert sind. Aus dem gleichen Grund muss bei Sattelanhängern mit Planenaufbau (Curtainsider) die Plane mit Spanngurten am Sattelanhänger gesichert werden (siehe Abb. 4-6). Beide Maßnahmen zusammen beanspruchen ca. 10-15 Minuten.

**Abb. 4-4: Umschlageinrichtung der Modalohr-Technologie Horizontal**



Quelle: KombiConsult

**Abb. 4-5: Sattelanhängerentladung bei Modalohr-Technologie Horizontal**



Quelle: KombiConsult

**Abb. 4-6: Planensicherung bei Modalohr-Technologie Horizontal**

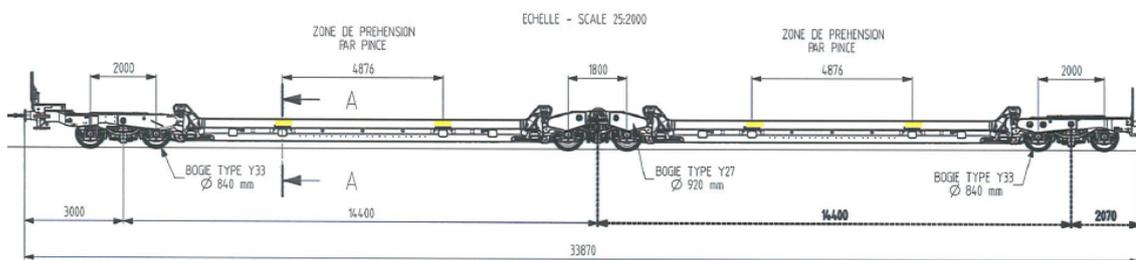
Quelle: KombiConsult

Von der **Modalohr-Technologie UIC** ist bislang nur das Grundkonzept bekannt; es wurde im Mai 2011 bei der Transportmesse in München vorgestellt. Bei dieser Technologie sollen - wie im heutigen UKV - kranbare und kodifizierte Sattelanhänger vertikal umgeschlagen werden. Schlüsselkomponente ist ein neu konzipierter Waggon vom Typ Modalohr UIC (siehe Abb. 4-7), eine Weiterentwicklung des Typs Modalohr NA. Mit der neuen Wagentechnik und unterstützt durch organisatorische Maßnahmen im Terminalbetrieb wird nach Angaben des Herstellers ein Höhengewinn von 160 mm gegenüber dem heutigen Taschenwagen erreicht. Damit sei sichergestellt, dass Sattelanhänger mit einer P400-Kodifizierung durch die Schweiz und über die Gotthard-Zulaufstrecke via Chiasso, die mit P384 kodifiziert ist, befördert werden könnten.

Die entscheidenden Merkmale des Waggons vom Typ Modalohr UIC sind die Höhenverstellbarkeit sowohl der Wanne/Tasche, der Aufstandsfläche für die Sattelanhänger, und als auch des Stützbockes, der Aufnahmevorrichtung für den Königszapfen des Sattelanhängers. Je nach Gewicht des Sattelanhängers kann nämlich die Wanne ab-

gesenkt oder angehoben und der Stützbock entsprechend so eingestellt werden, dass der Sattelanhänger völlig waagrecht und fest auf dem Wagen ruht. Durch diese Maßnahmen kann das Lichtraumprofil vollständig – ohne Berücksichtigung einer Toleranz, wie beim Standard-Taschenwagen - ausgeschöpft werden.

**Abb. 4-7: Doppelwagen des Typs Modalohr UIC**



Quelle: Lohr

Um diesen Höhengewinn zu realisieren, müssen nach dem derzeitigen Kenntnisstand folgende Prozesse im Terminalbetrieb vorgesehen werden, und zwar sowohl für kodifizierte als auch nicht kodifizierte Sattelanhänger:

- Alle Sattelanhänger müssen präzise verwogen und vermessen werden, auch wenn sie kodifiziert sind.
- Wenn die Wanne eines Wagens angehoben oder abgesenkt werden muss, weil sonst das untere oder obere Profil nicht eingehalten würde, ist ein zusätzliches Handling erforderlich. Denn diese Aktion muss der Kran durchführen, bevor der Sattelanhänger aufgenommen werden kann.
- Sattelanhänger müssen mit äußerster Präzision auf die Waggons verladen werden.
- Da die Modalohr-Technologie UIC das Lichtraumprofil ohne Toleranz ausschöpfen soll, werden nach unserer Ansicht Maßnahmen notwendig sein, die die Betriebssicherheit während des Schienentransports gewährleisten. Bei Sattelanhängern mit Planenaufbau wird die Plane mit Spanngurten zu sichern sein.

- Im Rahmen der wagen- und zugtechnischen Überprüfung ist das beauftragte EVU gehalten, die Vermessung von Wagen und Sattelanhängern zu wiederholen, da mit der Übergabe des Zuges die Verantwortung für die Betriebssicherheit auf das EVU übergeht.

## 4.2 Systemvergleich

Zur Untersuchung und zum Vergleich aller KV-Technologien wurde die **Annahme** getroffen, dass sie jeweils in einem **dedizierten System** zum Einsatz kämen. Das heißt, dass die relevanten Komponenten Umschlaganlage und Schienentransport ausschließlich auf die jeweils betrachtete Technologie ausgelegt wären und keine „Vermischung“ mit anderen KV-Technologien erfolgt. Nur unter dieser Voraussetzung besteht eine einheitliche Grundlage, auf der die Umschlag- und Transportsysteme von CargoBeamer und Modalohr, die ausschließlich auf die Beförderung von Sattelanhängern ausgelegt sind, mit dem heutigen UKV verglichen werden können.

An dieser Stelle muss darauf hingewiesen werden, dass die logistische Realität vielfältiger ist. Die Anforderungen an die Art des einzusetzenden Transportequipments von Seiten der Verloader und Spediteure sind höchst differenziert. Dies spiegelt sich letztlich auch im alpenquerenden Straßengüter- und intermodalen Verkehr der Schweiz wider. Der Ist-UKV kann diesen Bedürfnissen durch sein offenes Netzwerk Rechnung tragen und durch Einsatz geeigneten Wagenmaterials alle Arten von Wechselbehältern und Containern genauso wie Sattelanhänger in einem standardisierten Verfahren behandeln und befördern.

Auf der Grundlage der obigen Annahme wurden zur vergleichenden Bewertung der Technologien die folgenden hauptsächlichen Leistungskennwerte ermittelt:

- Zugkapazität: Anzahl von Sattelanhängern bzw. Ladeeinheiten, die je Zug bei Ausnutzung der Zugparameter des Korridors befördert werden könnten
- Kapazität einer Umschlaganlage
- Flächenbedarf und Investitionskosten einer Umschlaganlage
- Systemkosten für einen KV-Transport Terminal-Terminal

Als Grundlage für die Analyse dienten Angaben von Systemherstellern bzw. –betreibern, die Daten- und Wissensbank von KombiConsult sowie Erfahrungswerte aus der Praxis. Wenn für neue Technologien keine Daten oder Unterlagen verfügbar waren, aus denen entsprechende Kennwerte ableitbar waren, wurden qualifizierte Abschätzungen vorgenommen.

#### 4.2.1 Zugkapazität

Zur Berechnung der maximal möglichen Beladepazität eines Zuges für jede untersuchte Technologie haben wir zunächst Annahmen zu den infrastrukturellen Rahmenbedingungen getroffen. Gemäß Angaben der SBB Infrastruktur sollen nach Inbetriebnahme des Gotthard-Basistunnels KV-Züge mit folgenden maximalen Parametern gefahren werden können: Zuggewicht von 2.000 t, Zuglänge von 750 m. Unter Berücksichtigung des Einsatzes von bis zu zwei Lokomotiven haben wir daraus - vereinfachend - folgende Parameter für den Wagenzug abgeleitet:

- Max. Wagenzuggewicht: 1.800 t
- Max. Wagenzuglänge: 700 m

Wir setzen voraus, dass die italienischen Zulaufstrecken zwischen den KV-Terminals im Raum Milano und dem Gotthard-Tunnel bis 2020 ebenfalls auf diese Zugparameter ausgebaut sein werden. Im deutschen Streckennetz sind diese Parameter im Grundsatz bereits heute unter bestimmten Voraussetzungen möglich, so dass keine wesentlichen Einschränkungen im Zulauf zum Schweizer Schienennetz gegeben sein sollten.

Darüber hinaus haben wir zur Ermittlung der systemspezifischen Zugkapazitäten folgende Daten herangezogen bzw. Annahmen getroffen:

- Ladungsgewicht: Es wurde ein Gewicht der Ladung von 20 t als Durchschnitt über alle Gütergruppen und Marktsegmente angenommen. Diese basieren auf folgenden typischen Auslastungsgraden von Sattel- bzw. Lastzügen:
  - Stückgut und KEP: 10 – 16 t
  - Verpackte Ware (Automotive, Chemie, Food): 18 – 22 t
  - Bulk, Stahl, Papier, Recycling u.ä.: 25 – 27 t

- Taragewicht der Ladeeinheit: Angaben von Herstellern
- Taragewicht des Wagens: Angaben der Systemanbieter bzw. KV-Operateure

Die **Kapazitätsberechnung** wurde in drei Stufen durchgeführt. Im ersten Schritt wurde die maximale Anzahl von Sattelanhängern ermittelt, die unter den obigen Annahmen und unter Einhaltung des maximalen Wagenzuggewichts von 1.800 t befördert werden könnten (siehe Abb. 4-8).

Im zweiten Schritt wurde geprüft, ob bei einem derartigen Beladezustand und den dafür erforderlichen Tragwagen die maximale Wagenzuglänge von 700m eingehalten werden kann. Es zeigte sich, dass dies für alle Technologien der Fall ist. Daraus leitete sich die jeweilige **technische, maximale Beförderungskapazität je Zug** wie folgt ab (siehe Abb. 4-9):

- Mit der bestehenden UKV-Technologie wird die höchste Transportkapazität mit 40 Sattelanhängern je Zug erreicht.
- Die beiden Modalohr-Technologien kommen auf eine Zugkapazität von je 38 Sattelanhängern.
- Die geringste Kapazität hat das CargoBeamer-System mit 31 Sattelanhängern. Dies ist eine direkte Folge des sehr hohen Taragewichts der Spezialwagen.

Da unter Betriebsbedingungen nicht immer alle Stellplätze eines KV-Zugs belegt sind, wurde im dritten Schritt eine durchschnittliche Auslastung von 85% angenommen, die im Grundsatz betriebswirtschaftlich akzeptable Ergebnisse ermöglicht, Daraus leitet sich dann die **betriebliche Zugkapazität** je Technologie ab (siehe Abb. 4-9):

- UKV-Ist: 34 Sattelanhänger.
- Modalohr horizontal und UIC: je 32 Sattelanhänger.
- CargoBeamer: 26 Sattelanhänger.

**Abb. 4-8: Systemspezifische Zugkapazitäten unter Berücksichtigung des maximalen Zuggewichts**

Technologie	Ladeinheit (LE)			Wagen	$\Sigma$ (LE + Wagen)	Max. Zuggewicht	Max. Anzahl LE je Zug
	Ladung	Tara	Gesamt				
	(Tonnen)						
UKV-Ist Sattelanhänger	20	7,5	27,5	17,3	44,8	1.800	40,2
Modalohr horizontal	20	7,2	27,2	20,3	47,5	1.800	37,9
Modalohr UIC	20	7,5	27,5	20,3	47,8	1.800	37,7
CargoBeamer	20	7,2	27,2	31,0	58,2	1.800	31,0

Quelle: KombiConsult

**Abb. 4-9: Systemspezifische Zugkapazitäten unter Berücksichtigung von Zuggewicht, Zuglänge und Auslastungsgrad**

Technologie	Max. LE bei 1.800 t Zuggewicht (LE)	Zuglänge $\leq$ 700 m?		Zugkapazität		
		Wagenlänge (m)	Zuglänge (m)	Max. (LE)	$\emptyset$ Auslastung	
					(%)	(LE)
UKV-Ist Sattelanhänger	40	17,02	681	40	85%	34
Modalohr horizontal	38	16,95	644	38	85%	32
Modalohr UIC	38	16,95	644	38	85%	32
CargoBeamer	31	16,20	502	31	85%	26

Quelle: KombiConsult

#### 4.2.2 Kapazität der Umschlaganlagen

Wie eingangs erwähnt, geht diese Studie davon aus, dass jede der untersuchten Technologien in einem dedizierten System zum Einsatz kommt. Dies gilt auch für die Umschlaganlage. Zur Berechnung der Umschlagkapazitäten wurde für jede Technologie eine typische **Anlagenkonfiguration** zugrunde gelegt (siehe Abb. 4-10).

**Abb. 4-10: Komponenten der systemspezifischen Umschlaganlagen**

Komponente	UKV Sattelanhänger	Modalohr horizontal	Modalohr UIC	CargoBeamer
Gleise	4 x 700 m	1 x 700 m	4 x 700 m	1 x 700 m
Kräne	3	-	3	-
Betriebsverfahren	indirekt	indirekt	indirekt	indirekt
Ø Umschlagdauer je LE	3,0 min	4,0 min	4,5 min	10 min (Zug)
Tägliche Betriebszeit	21 h	21 h	21 h	21 h

Quelle: KombiConsult

Für den Ist-UKV mit Sattelanhängern sowie für die UIC-Variante von Modalohr, bei der ebenfalls kranbare Sattelanhänger behandelt werden, wurde ein „klassisches“ Umschlagmodul mit vier Gleisen à 700 m kranbarer Länge sowie drei Portalkränen unterstellt, obwohl aufgrund des unterstellten optimierten Betriebsablaufs 2-3 Gleise ausreichen würden. Für die beiden Horizontalumschlagsysteme von Modalohr und CargoBeamer wurde das in Abschnitt 4.1 erläuterte Layout übernommen. Es besteht aus einem mittig angeordneten Umschlaggleis, wobei der Zug von beiden Seiten bzw. entladen werden kann. Im Grundsatz könnten auch Zwei- oder Mehrgleisanlagen errichtet werden. Die dadurch zu erzielenden Skaleneffekte sind aber als eher gering einzuschätzen. Denn für eine Verdoppelung der Kapazität ist im Prinzip eine Verdop-

pelung aller Anlagenkomponenten erforderlich, und damit wäre auch eine entsprechende Steigerung der Investitionskosten verbunden.

Für alle Technologien haben wir eine **indirekte Terminalbetriebsorganisation** angenommen. Damit bestand eine einheitliche Grundlage für den Systemvergleich, auch wenn dieses Verfahren im kontinentalen UKV derzeit nicht gebräuchlich ist. Hierbei stellt ein Aufliefer-LKW den Sattelanhänger, der auf einen Zug verladen werden soll, nach Passieren des Gate auf einer Abstellfläche ab bzw. holt von dort eine über die Schiene eingegangene Einheit ab. Die Umfuhr des Sattelanhängers zwischen Abstell- und Umschlagbereich übernimmt eine Platzzugmaschine (Tugmaster). Bei den Horizontalumschlagssystemen führen diese auch die Be- bzw. Entladung durch. Das bedeutet, dass keine Zustell- bzw. Abhol-LKW direkt in den Umschlagbereich einfahren.

Die **Umschlagdauer** gibt die über Be- und Entladung gemittelte Zeit für den Umschlag eines Sattelanhängers an. Die Umschlagdauer ist also der Durchschnitt aus der Zeit, die benötigt wird, um - im Versand - einen Sattelanhänger nach Eintreffen im Umschlagbereich betriebssicher auf den Wagen zu verladen und - im Empfang - vom Wagen abzukranen und auf der Fahrspur abzusetzen bzw. bei Horizontalsystemen vom Wagen herunterzufahren.

Die Angaben zur Ist-UKV-Technologie basieren auf Erfahrungswerten und berücksichtigen zusätzlich die indirekte Betriebsorganisation, die die Umschlagzeit von derzeit etwa vier auf drei Minuten reduzieren dürfte. Für die Horizontaltechnologie von Modalohr liegen Messungen sowie Angaben von Betreibern vor. Dies führt zu einer durchschnittlichen Dauer von etwa vier Minuten. Dabei dauert der Verladevorgang in der Regel deutlich länger als die Entladung eines Sattelanhängers.

Für die UIC-Technologie von Modalohr wurde eine Zeitbedarfsanalyse für die vom Hersteller angegebenen Prozesse durchgeführt. Während der Entladevorgang mit dem beim Ist-UKV identisch ist und damit auch die Umschlagdauer bei rund drei Minuten gleich hoch sein dürfte, rechnen wir für den Beladeprozess mit durchschnittlich 6 min. Daraus leitet sich bei gleichen Mengen im Versand und Empfang ein durchschnittlicher Zeitbedarf von 4,5 min ab. Die mittlere Umschlagdauer von 6 min für den Verladevor-

gang haben wir dabei wie folgt ermittelt. Wir haben angenommen, dass in 50% aller Fälle Sattelanhänger und Waggon perfekt disponiert werden können und keine Anpassung des Wagens erforderlich ist (siehe dazu Abschnitt 4.1). Dann dauert der Umschlagvorgang nur drei Minuten. Muss jedoch die Aufstandsfläche des Waggons in der Höhe angepasst werden, dann rechnen wir mit einem Zeitbedarf für den gesamten Verladeprozess von etwa neun Minuten. Wenn dies bei 50% aller Sattelanhänger der Fall ist, ergibt sich ein Durchschnitt von sechs Minuten.

Die CargoBeamer-Technologie verfügt insofern über eine Besonderheit, als hier im Versand alle Sattelanhänger auf sog. „Cargojets“ (Wannen) abgestellt werden, die dann gemeinsam quer in die Wagen gezogen werden. Laut Hersteller werden dafür 10 min benötigt. Dabei ist jedoch der Zeitbedarf für die Bereitstellung der Sattelanhänger auf den Cargojets nicht berücksichtigt. Von daher ist der gesamte Zeitbedarf für den Verladevorgang deutlich höher als 10 min (siehe Zugfolgezeiten). Im Empfang kehren sich die Abläufe um, der Zeitbedarf wird in etwa gleich hoch sein.

Für die Terminals wurde einheitlich eine tatsächliche **Betriebsdauer** von 21 Stunden angesetzt. Damit werden bei einer Öffnungszeit der Anlage von 24 Stunden und einem 3-Schicht-Betrieb drei Stunden für Wartungs- und Reparaturarbeiten und Übergabezeiten bei den Schichtwechseln berücksichtigt.

Auf der Grundlage dieser Anlagenkonfigurationen und Eingangsgrößen wurde die Umschlagkapazität für jede Umschlaganlage ermittelt (siehe auch Abb. 4-11). Ausgehend von der durchschnittlichen, betrieblichen Auslastung eines Zuges wurde zunächst die **Zeit** berechnet, die unter optimalen Bedingungen zur **Entladung und Wiederbeladung eines Zuges** benötigt würde. Um zu bestimmen, wann nach Beendigung der Be- und Entladung eines Zuges der nächste Zug bearbeitet werden kann, muss die **Zugfolgezeit** ermittelt werden. Dabei setzen wir auch hier optimale Betriebsbedingungen für alle Technologien voraus. Weder auf der Zuführungsstrecke zum Terminal („last mile“) noch bei Abstellgleisen (Vorbahnhof) noch auf der Fernstrecke bestehen Restriktionen, die das Ausschöpfen der Kapazität der Anlagen behindern.

Für die 4-Gleis-Anlage beim Ist-UKV und bei Modalohr UIC wird angenommen, dass der nächste Zug bereits unter dem Kran bereitgestellt ist, so dass im Prinzip die Kräne unmittelbar weiter arbeiten könnten. Wir haben dennoch eine „Übergangszeit“ von 10 Minuten angenommen. Bei Modalohr UIC muss das EVU im Rahmen der wagen- und zugtechnischen Überprüfung die Vermessung von Wagen und Sattelanhängern wiederholen (siehe S. 15f). Wir haben unterstellt, dass sich diese Arbeiten bei einer 4-Gleis-Anlage nicht negativ auf die Zugfolgezeit auswirken. Auch eventuelle Zusatzkosten wurden diesem System nicht angelastet.

Demgegenüber muss bei einer 1-Gleis-Anlage das Gleis zunächst vom Ausgangszug geräumt werden, bevor der nächste Eingangszug bereitgestellt werden kann. Für die Horizontalumschlagtechnologie von Modalohr haben wir hierfür einen Zeitbedarf von 60 min unterstellt. CargoBeamer selbst gibt eine Zugfolgezeit von rund 180 min an.

Bei einer Betriebszeit von 21 Stunden lässt sich dann berechnen, wie viele Zugpaare jede Anlage maximal pro Verkehrstag (VT) bearbeiten kann. Unter Berücksichtigung der durchschnittlichen Zugauslastung leitet sich daraus die tägliche Umschlagkapazität und unter der Annahme von 250 Verkehrstagen die **Jahresumschlagkapazität** ab (siehe Abb. 4-11):<sup>2</sup>

- Das Terminal, das auf das bestehende Vertikalumschlagverfahren für kranbare Sattelanhänger (UKV-Ist) ausgelegt ist, könnte unter den genannten idealen Betriebsbedingungen täglich 16 Zugpaare behandeln. Unter allen Technologien verfügt der UKV-Ist deshalb über die größte Umschlagkapazität von 1.088 LE pro VT bzw. 272.000 LE im Jahr.
- Eine hohe Umschlagkapazität von 768 LE je VT bzw. 192.000 LE p.a. erreicht Modalohr mit der UIC-Vertikaltechnologie (12 Zugpaare je VT). Dennoch liegt die Kapazität um rund 30% niedriger als beim UKV-Ist-System.
- Dem gegenüber schneiden die beiden Horizontalumschlagsverfahren mit einem 1-Gleis-Modul vor allem infolge deutlich höherer Zugfolgezeiten vergleichsweise

---

<sup>2</sup> Es könnten auch z.B. 300 Verkehrstage zugrunde gelegt werden. Dies würde zwar eine 20% höhere Kapazität zur Folge haben, aber die Verhältnisse zwischen den untersuchten Technologien nicht verändern.

schwach ab. Die CargoBeamer-Anlage käme auf 392 LE je VT bzw. 91.000 LE im Jahr und Modalohr nur auf 256 LE je VT bzw. 64.000 LE p.a. Damit verfügten diese Anlagen nur über 34% bzw. 24% der Leistungsfähigkeit eines Terminals für den Ist-UKV.

Selbst wenn man kürzere Umschlag- bzw. Zugfolgezeiten unterstellte, kämen die beiden Horizontalumschlagsverfahren nicht an die Kapazität der Vertikalsysteme heran. Hierzu muss beachtet werden, dass die Modulbreite der Anlagen für den Horizontalumschlag – und damit die benötigte Fläche – auch etwa in der Größenordnung der Anlagen für den Vertikalumschlag liegt (siehe hierzu den folgenden Abschnitt 4.2.3).

**Abb. 4-11: Systemspezifische Umschlagkapazitäten**

Technologie	Sattelanhänger je Zug (LE)	Be- + Ent- ladezeit Zug (min)	Zug- folgezeit (min)	Zugpaare je VT	Umschlag- kapazität	
					(LE je VT)	(LE p.a.)
UKV-Ist Sattelanhänger	34	68	78	16	1.088	272.000
Modalohr horizontal	32	256	316	4	256	64.000
Modalohr UIC	32	96	106	12	768	192.000
CargoBeamer	26	10	180	7	364	91.000

Quelle: KombiConsult

### 4.2.3 Flächenbedarf und Investitionskosten der Umschlaganlagen

Die Ergebnisse des Abschnitts 4.2.2 sind für sich allein betrachtet nur begrenzt aussagefähig, weil ihnen – aufgrund der Systemeigenschaften der untersuchten Technologien - unterschiedliche Designs der Umschlaganlagen zugrunde liegen. Deshalb ist es erforderlich, die Leistungsfähigkeit der systemspezifischen Umschlaganlagen zu normieren, also Kennziffern zu bilden, die einen Vergleich ermöglichen. Als geeignete

Kennwerte erachten wir den spezifischen Flächenbedarf und die spezifischen Investitionskosten für die Umschlaganlagen der untersuchten Technologien. Der spezifische Flächenbedarf ist wie folgt definiert: Er gibt die durchschnittliche Anlagenfläche an, die rechnerisch benötigt wird, um die Kapazität für den Umschlag einer Ladeeinheit je Verkehrstag zu schaffen. Analog sind die spezifischen Investitionskosten der Betrag, der im Mittel erforderlich ist, um die Kapazität für den Umschlag einer LE je Tag zu erstellen.

Als Input zur Herleitung der systemspezifischen Kennwerte diente das Know-how von KombiConsult aus zahlreichen Terminalprojekten sowie, bezogen auf die Horizontal-systeme, zusätzliche Angaben von Seiten der Systemanbieter bzw. –betreiber. Darüber hinaus haben wir folgende Annahmen getroffen:

- Bei allen Technologien wurden die Anlagenflächen und Investitionen in Schienen- und Straßenanbindung nicht berechnet.
- Die Grundstückskosten wurden einheitlich mit 35 €/je m<sup>2</sup> berechnet.
- Die Abstellflächen für Sattelanhänger wurden bei allen Technologien auf 50% des durchschnittlichen täglichen Umschlagaufkommens dimensioniert. Im Fall der Ist-UKV-Technologie sind dies 544 Stellplätze.
- Da die Abstellflächen außerhalb des Umschlagmoduls liegen sollen, wurde das Umschlagmodul für die beiden Vertikalssysteme Ist-UKV und Modalohr UIC ohne die sonst üblichen 3-4 Abstellspuren gerechnet. Wir gehen jedoch von insgesamt drei anstelle der üblichen zwei Fahr- und Ladespuren unter Kran aus.
- Der Bedarf für die Gate-Funktion, Check-In/Check-Out, Prüfung der Ladeeinheiten auf Betriebssicherheit, wurde für alle Technologien gleich hoch angesetzt. Zwar werden bei den Vertikalumschlagssystemen aufgrund des höheren LE-Durchsatzes mehr Abfertigungsplätze benötigt, im Gegenzug fallen aber die Sicherheitsüberprüfungen bei den Horizontalumschlagverfahren deutlich umfangreicher aus: Verwiegen und Profilprüfung der Sattelanhänger, Sicherung der Planen bei Curtainsider-Trailern. Letztlich dürfte dies auch zu einem höheren Personalbedarf an dieser Stelle führen, der jedoch für diese Studie den Systemen nicht angelastet wurde.

Die Untersuchungsergebnisse sind jetzt aussagekräftig (siehe Abb. 4-12).

**Abb. 4-12: Spezifischer Flächenbedarf und spezifische Investitionskosten für die Umschlaganlagen der untersuchten Technologien**

Technologie	Kapazität (LE/VT)	Flächenbedarf		Investitionskosten	
		Gesamt	Je LE-Kapazität	Gesamt	Je LE-Kapazität
UKV-Ist Sattelanhänger	1.088	66.000 m <sup>2</sup>	61 m <sup>2</sup>	32.000.000 €	29.000 €
Modalohr horizontal	256	40.000 m <sup>2</sup>	156 m <sup>2</sup>	19.000.000 €	74.000 €
Modalohr UIC	768	57.000 m <sup>2</sup>	74 m <sup>2</sup>	30.500.000 €	40.000 €
CargoBeamer	364	42.500 m <sup>2</sup>	117 m <sup>2</sup>	24.500.000 €	67.000 €

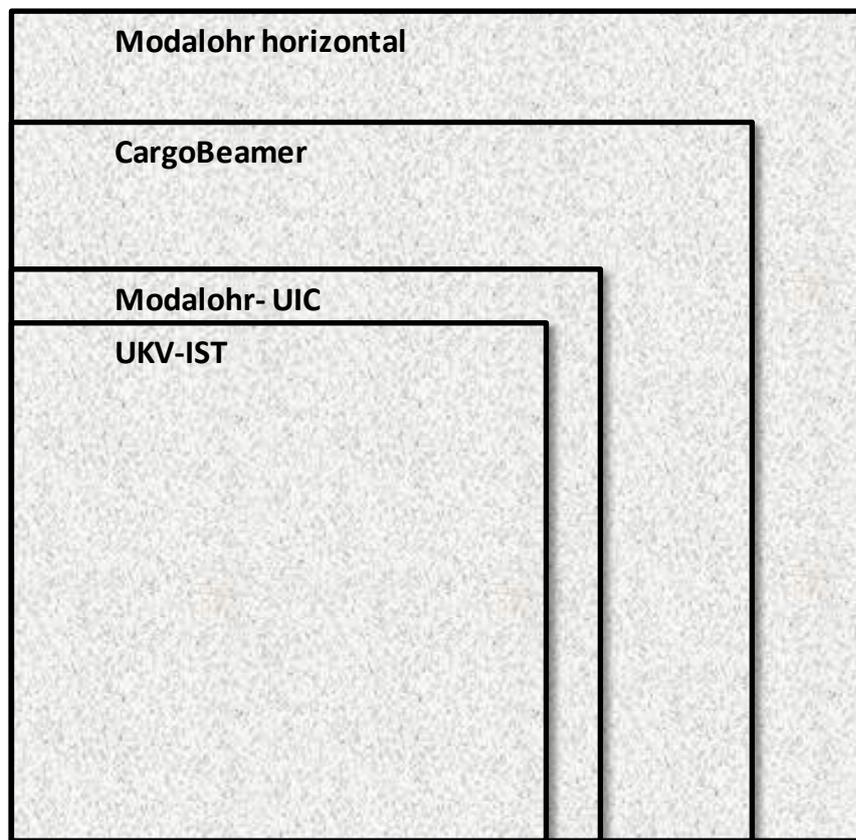
Quelle: KombiConsult

Auch wenn der Ist-UKV die größte Fläche für eine Umschlaganlage benötigt, so ist diese Technologie dennoch die flächeneffizienteste. Der **spezifische Flächenbedarf** beträgt beim Ist-UKV nur 61 m<sup>2</sup> je Kapazitätseinheit. Die nächst günstigere Technologie, das UIC-System von Modalohr, braucht mit 74 m<sup>2</sup> bereits rund 20% mehr Fläche. Die von Systemanbietern als platzsparend dargestellten Horizontalumschlagsverfahren schneiden bei diesem Leistungskennwert tatsächlich sehr schwach ab: Der CargoBeamer hat einen um 82% und Modalohr sogar einen um 155% erhöhten Flächenbedarf je Kapazitätseinheit im Vergleich zum bestehenden UKV-System für kranbare Sattelanhänger (siehe auch Abb. 4-13).

Der Ist-UKV zeigt im Hinblick auf die **spezifischen Investitionskosten** erneut die beste Performance. Unter den gegebenen Annahmen liegen die Investitionskosten des Ist-UKV bei 29.000 € je LE-Kapazität und Verkehrstag. Das Modalohr-UIC-System benötigt dem gegenüber bereits 38% mehr an durchschnittlichen Investitionskosten je Kapazitätseinheit. Die niedrigste Effizienz weisen die beiden Horizontalsysteme auf. Sie

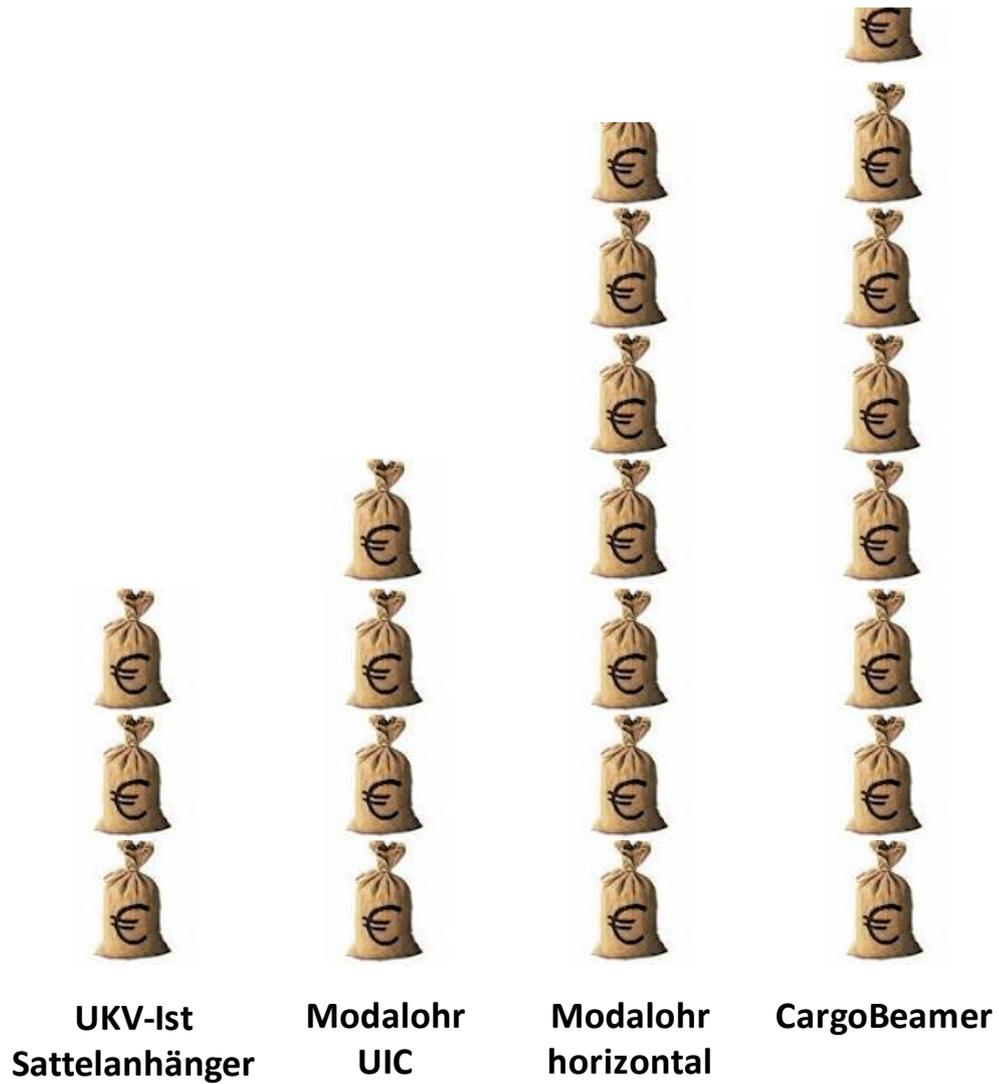
erfordern mehr als doppelt so hohe Investitionen wie der Ist-UKV, um die gleiche LE-Umschlagleistung zu installieren (siehe Abb. 4-14).

**Abb. 4-13: Vergleich des spezifischen Flächenbedarfs je LE-Kapazität für die Umschlaganlagen der untersuchten Technologien**



Quelle: KombiConsult

**Abb. 4-14: Vergleich des spezifischen Investitionsbedarfs je LE-Kapazität für die Umschlaganlagen der untersuchten Technologien**



Quelle: KombiConsult, Nordkap (Graphik)

#### 4.2.4 Systemkosten der untersuchten Technologien

Als **Systemkosten** bezeichnen wir die je untersuchter Technologie anfallenden Kosten, die bei der Beförderung eines Sattelanhängers im Kombinierten Verkehr zwischen zwei Terminals entstehen. Sie beinhalten die Kosten für den Umschlag an beiden Enden der Transportkette, den Waggon, die Zugtraktion sowie für den Einsatz der Ladeeinheit. Da die Kosten für den Vor- und Nachlauf unter gleichen Voraussetzungen für alle Technologien identisch wären, konnten sie im Rahmen des Systemkostenvergleichs unberücksichtigt bleiben. Aus demselben Grund wurden weitere Kostenkomponenten wie z.B. Gemeinkosten, Verzinsung, Kosten für IT-Systeme etc. ebenfalls außer Acht gelassen. Vor diesem Hintergrund dürfen die dadurch ermittelten Systemkosten nicht mit den Kosten oder Preisen für heute eingesetzte Ressourcen im UKV verwechselt werden.

Für alle untersuchten Systeme wurde angenommen, dass der Transport auf der **Strecke Köln–Milano** mit einer Schienentransportentfernung von rund 860 km durchgeführt wird. Zur Ermittlung der einzelnen Kostenkategorien wurden die nachfolgenden Gesichtspunkte berücksichtigt:

Die **Kosten der Ladeeinheit** umfassen Abschreibungen und Unterhaltungskosten, alternativ könnten auch Miet- oder Leasingraten angesetzt werden. Bei den beiden Vertikalumschlagsystemen kommen kranbare Sattelanhänger zum Einsatz, deren Beschaffungskosten um ca. 1.500 € höher als bei Standard-Straßentrailern liegen. Dies führt bei einer Nutzungsdauer von fünf Jahren und 250 Einsatztagen pro Jahr zu 2 Euro höheren Kosten je Transport. Entsprechend den realen transportlogistischen Bedingungen wurde eine Einsatzzeit von zwei Tagen unterstellt.

Die **Umschlagkosten** umfassen Finanzierungs- und Betriebskosten und wurden unter der Voraussetzung ermittelt, dass keine staatliche Mitfinanzierung der Investition erfolgt ist. Bei den Finanzierungskosten wurde eine Abschreibungsdauer von 20 Jahren auf die Anlageninvestitionen sowie eine 3%-ige Verzinsung angenommen. Für die Betriebskosten der Horizontalumschlagsysteme liegen keine validen Angaben vor. Auf der Grundlage unserer Analysen zu den Betriebsverfahren (siehe Abschnitt 4.1) gehen

wir davon aus, dass die Betriebskosten je Ladeeinheit mindestens in der gleichen Höhe wie beim Vertikalumschlag liegen. Hier haben wir einen Wert von 16 € inkl. des Einsatzes der Tugmaster ermittelt.

Bei den **Wagenkosten** wurden folgende Beschaffungskosten je Sattelanhänger-Stellplatz angesetzt:

- UKV-Ist Taschenwagen: € 70.000
- Modalohr UIC: € 200.000 (Schätzung)
- Modalohr horizontal: € 175.000 (Mittel aus zwei Quellen)
- CargoBeamer € 140.000 (Herstellerangabe)

Für die jährlichen Unterhaltungskosten wurden beim Taschenwagen ein Erfahrungswert der Operateure von 4,5% der Investition kalkuliert und bei den erheblich aufwendigeren Wagen für die anderen Technologien ein Wert von 8%. Für keinen Wagentyp haben wir – mangels ausreichender Erfahrungswerte - die im Gefolge des Viareggio-Unfalls verschärften Sicherheitsanforderungen an Wageneinsteller berücksichtigt, die in jedem Fall zu höheren Kosten führen werden.

Des Weiteren haben wir noch den durchschnittlichen Auslastungsgrad des Zuges mit 85%, wie bereits im Abschnitt 4.2.1 erläutert, berücksichtigt. Unter der Annahme, dass die Züge immer als Shuttle mit der gleichen Wagenkonfiguration verkehren, wären daher durchschnittlich 15% aller Wagen nicht beladen. Die Kosten dafür werden auf die beförderten Sattelanhänger gleichmäßig umgelegt.

Hieraus lassen sich für jede Technologie die **Wagenkosten je Einsatztag** ermitteln. Dabei wurden ideale Einsatzbedingungen unterstellt: Jeder Wagen wird 360 Tage pro Jahr eingesetzt, und es gibt keine Ausfalltage infolge von Zugaussetzungen, Verspätungen oder dergleichen. Entsprechend den realen Bedingungen wurden jedoch für die gewählte Relation Köln-Milano zwei Einsatztage angenommen.

Für die **Traktionskosten**, die auch die Trassengebühren beinhalten, haben wir einen einheitlichen Preis von 14,50 € je Zugkilometer sowie pauschal 500 € je Zuglauf für die technische Zugabfertigung angenommen.

Es zeigt sich, dass die Beförderung eines kranbaren Sattelanhängers im bestehenden UKV die geringsten **Systemkosten Terminal-Terminal** von 580 € auf der Relation Köln-Milano aufweist. Mit Ausnahme der Kosten für die Ladeeinheit ist der UKV-Ist auch bei allen einzelnen Kostenkategorien am effizientesten. Der Kostenvorsprung gegenüber allen neuen Systemen ist beträchtlich. Der Transport eines Sattelanhängers kostet bei beiden Technologien von Modalohr mit 759 € bzw. 768 € fast 200 €, also über 30% mehr als beim heutigen UKV-System. Die Horizontaltechnologie des CargoBeamers ist sogar um 40% aufwendiger als der UKV-Ist (siehe Abb. 4-14).

**Abb. 4-15: Systemkosten der untersuchten Technologien für die Terminal-Terminal-Beförderung eines Sattelanhängers auf der Relation Köln-Milano**

Technologie	Kosten je befördertem Sattelanhänger				
	Ladeeinheit	Umschlag	Waggon	Traktion	Gesamt
UKV-Ist Sattelanhänger	88 €	51 €	60 €	381 €	<b>580 €</b>
Modalohr horizontal	84 €	80 €	190 €	405 €	<b>759 €</b>
Modalohr UIC	88 €	57 €	218 €	405 €	<b>768 €</b>
CargoBeamer	84 €	75 €	152 €	499 €	<b>810 €</b>

Quelle: KombiConsult

## 5 Kostenanalyse der Verlagerung von Sattelanhängerverkehr durch die Schweiz

Im Jahr 2018, zwei Jahre nach der vorgesehenen Eröffnung des Gotthard-Basistunnels, soll der alpenquerende Straßengüterverkehr in der Schweiz bis auf maximal 650.000 LKW (Verlagerungsziel) reduziert worden sein. Die „Hauptlast“ der Verlagerung von LKW-Transporten auf die Schiene muss der Sattelzug tragen. Denn bereits heute beträgt sein Anteil rund 70% am gesamten Aufkommen der alpenquerenden Fernverkehrsfahrzeuge (siehe Kapitel 2.), und er dürfte mit großer Wahrscheinlichkeit in den nächsten Jahren noch weiter zunehmen.

Nach unserer Einschätzung dürften derzeit mehr als zwei Drittel aller Sattelzüge eine Gesamthöhe von 4 Metern auf. Nur Fahrzeuge mit Spezialaufbau etwa zum Transport von Flüssig- bzw. Schüttgut oder von Recyclingmaterial kommen auf deutlich niedrigere Höhen. Und auch Sattelanhänger, die in einer Richtung schwere Ladung wie Stahlprodukte oder Papier befördern und deshalb die erlaubten 4 m Gesamthöhe nicht benötigen, verfügen in der Regel über höhenverstellbare Aufbauten, so dass auf der Rückreise volumenintensive Waren mitgenommen werden können. Wir erwarten, dass angesichts des anhaltenden Güterstruktureffekts – das durchschnittliche spezifische Gewicht der Güter sinkt seit Jahrzehnten kontinuierlich – sich die Tendenz zur Beschaffung von Sattelanhängern, die die zulässige Gesamthöhe voll ausnutzen werden, weiter verstärkt. Das außerordentliche Wachstum des Megatrailers mit einer (inneren) Ladehöhe von 3 m, der nach Aussagen der führenden europäischen Hersteller innerhalb von gut zehn Jahren einen Anteil von etwa 25-30% aller verkauften Sattelanhänger erreicht hat, unterstützt diese Einschätzung.

Um 4m hohe Sattelanhänger in den UKV über die Schiene verlagern zu können, muss die Strecke über ein Lichtraumprofil von P400 verfügen. Im alpenquerenden Verkehr durch die Schweiz von und nach Italien bestehen diese Verhältnisse gegenwärtig nur im Lötschberg-Korridor. Die nur begrenzt verfügbaren Trassen für P400 sind jedoch fast völlig vergeben. In keinem Fall kann auch nur annähernd die zum Erreichen des Verlagerungsziels notwendige, hohe Zahl an Zügen mehr realisiert werden.

Die Anbieter von UKV-Leistungen im Gotthard-Korridor mit den Terminals im Raum Milano, insbesondere mit dem logistischen Knotenpunkt Busto Arsizio/Gallarate, können derzeit nur Sattelanhänger mit 3,80m Eckhöhe befördern. Dies bliebe auch nach Inbetriebnahme des Gotthard-Basistunnels, wenn das Profil von P380 nicht ausgeweitet werden würde. Damit könnten etwa 70% aller Sattelzüge im alpenquerenden Verkehr nicht in den UKV verlagert werden, und das Verlagerungsziel bliebe unerreichbar.

In dieser Situation hat die Fa. Lohr angeboten, die UIC-Variante ihrer Modalohr-Technologie entsprechend zu entwickeln. Denn damit könnten kranbare Sattelanhänger mit einer Eckhöhe von 4m bis in den Raum Milano befördert werden, ohne dass infrastrukturelle Maßnahmen an den Zulaufstrecken vorgenommen werden müssten.

Im vorangegangenen Kapitel konnte gezeigt werden, dass der UKV-Ist im Vergleich zur Modalohr UIC-Technologie deutlich geringere Systemkosten bei der Beförderung eines Sattelanhängers hat. Damit ist aber noch nicht klar, ob, um das Verlagerungsziel zu erreichen, der Einsatz der UKV-Ist-Technologie und die Lichtraumprofilerhöhung, die Infrastrukturinvestitionen erfordert, auch die wirtschaftlich insgesamt günstigere Alternative als die Verwendung des Modalohr-Systems darstellt. Das **Ziel** der folgenden Kalkulationen ist es deshalb zu ermitteln, welche gesamten Investitions- und Betriebskosten bei den beiden Alternativen entstünden, wenn die zum Erreichen des Verlagerungsziels erforderlichen Fahrten mit Sattelzügen von der Straße in den KV auf die Schiene verlagert würden.

Es ist dabei nicht erforderlich, die beiden anderen im 4. Kapitel untersuchten Technologien in diesen Vergleich einzubeziehen. Der CargoBeamer stellt keine Alternative dar, da die Aufstandsfläche des Wagens mit 330 mm über Schienenoberkante noch um 60 mm höher als bei den modernen Taschenwagen liegt. Das heißt, dass die CargoBeamer-Technologie, wie der Ist-UKV, nicht ohne Infrastrukturinvestitionen eingesetzt werden könnten. Dies gilt ebenfalls für die Horizontaltechnologie von Modalohr. Hierfür wären signifikante Anpassungsmaßnahmen im unteren UIC-Hüllraum im gesamten Korridor Deutschland-Italien notwendig (siehe Abschnitt 4.1), für die nach unserer Ansicht weder ein länderübergreifender Konsens noch die erforderliche Bereitstellung der Investitionsmittel zu erwarten sind.

## 5.1 Ermittlung des Verlagerungsbedarfs

Im ersten Schritt muss der Verlagerungsbedarf berechnet werden. Damit bezeichnen wir die Zahl der Sattelanhänger, die zum Zeithorizont „2 Jahre nach Eröffnung des Gotthard-Basistunnels“ zusätzlich im KV befördert werden müssten, damit das Verlagerungsziel von 650.000 LKW eingehalten werden könnte.

Aus Vereinfachungsgründen wählen wir das Jahr 2020. Für dieses Jahr erwartet das Bundesamt für Verkehr (BAV) gemäß „Verlagerungsbericht 2011“ ein Aufkommen von 1,5 Mio. LKW-Fahrten. Das würde einen Anstieg von 20% gegenüber dem Volumen von 1,26 Mio. LKW im Jahr 2010 bedeuten und einem durchschnittlichen linearen Wachstum von 2% pro Jahr entsprechen.

Um den Bedarf an in den UKV zu verlagernden Sattelzügen bzw. Sattelanhängern zu ermitteln, müsste die Zusammensetzung des Aufkommens nach Fahrzeugkategorien bekannt sein. Da uns hierfür keine Prognosen vorliegen, haben wir im Folgenden eine eigenständige Einschätzung erarbeitet (siehe auch Abb. 5-1):

- Unsere Analyse zur Entwicklung des alpenquerenden Straßengüterverkehrs der Schweiz seit 1980 hat gezeigt, dass das Aufkommen von Solo-LKW trotz Strukturänderungen in Wirtschaft und Logistik relativ stabil um 200.000 Fahrten schwankt. Wir nehmen an, dass dies auch noch zum Zeithorizont 2020 zutrifft.
- Das restliche Aufkommen von 1,3 Mio. LKW verteilt sich auf Last- und Sattelzüge. Wir haben hierzu drei Entwicklungsszenarien entwickelt. Im Fall (A) verändert sich der Anteil der Sattelzüge praktisch nicht und bliebe bei rund 70%. Die Annahme, dass der Marktanteil der Sattelzüge auf 80% steigt, liegt dem Fall (B) zugrunde. Die Wachstumsrate von einem zusätzlichen Prozentpunkt pro Jahr würde in etwa der Entwicklung der vergangenen 20 Jahre entsprechen. Das Szenario (C) mit einem Sattelanhänger-Anteil von 75% im Jahr 2020 bedeutete ein im Vergleich zu (B) halb so schnelles Wachstum des Marktanteils von Sattelzügen.
- Je nach Szenario würde sich im Jahr 2020 ein Gesamtaufkommen an Sattelzügen zwischen 0,91 und 1,04 Mio. Fahrten ergeben.

**Abb. 5-1: Prognose des alpenquerenden Straßengüterverkehrs in der Schweiz 2020**

Jahr	Gesamter alpenquerender LKW-Verkehr (Fahrten)				Anteil SZ	
	Solo-LKW	LKW-Zug	Sattelzug	Gesamt		
Ist 2010	196.000	303.000	758.000	1.257.000	71,4%	
Prognose 2020	(A)	200.000	390.000	910.000	1.500.000	70,0%
	(B)	200.000	260.000	1.040.000	1.500.000	80,0%
	(C)	200.000	325.000	975.000	1.500.000	75,0%

Quelle: Bundesamt für Verkehr; Prognose KombiConsult

Aus dem geschätzten Gesamtaufkommen an Sattelzügen im Jahr 2020 haben wir im nächsten Schritt den zu verlagernden Anteil, den Verlagerungsbedarf, abgeleitet. Hierzu sind wir wie folgt vorgegangen (siehe auch Abb. 5-2):

- Trotz aktiver Verlagerungspolitik wird die Schweiz - nach derzeitigem Stand - auch künftig noch ein Volumen von 650.000 LKW-Fahrten zulassen. Wir nehmen an, dass die 200.000 Fahrten der Solo-LKW aus Gründen von Logistik, Technik und Relation jedoch grundsätzlich nicht in den UKV verlagerbar sind.
- Damit könnten noch maximal 450.000 alpenquerende Last- und Sattelzüge im Rahmen des Verlagerungsziels operieren und 850.000 LKW müssten auf die Schiene verlagert werden.
- Je nach Prognoseszenario und dem dabei unterstellten Sattelzuganteil von 70%, 80% oder 75% ergibt sich daraus die Zahl der zu verlagernden Sattelzüge mit 595.000, 680.000 bzw. 639.000 Fahrten.

In der Logistikwirtschaft wird aufgrund seiner Vorteile ein weiter zunehmender Einsatz von Sattelanhängern im nationalen, aber insbesondere im grenzüberschreitenden Warentransport erwartet. Von daher wäre eine Zunahme des Sattelzuganteils bis 2020 auf 80% durchaus vorstellbar. Um einem eventuellen Einwand vorzubeugen, den Verlage-

rungsbedarf zu „übertreiben“, haben wir entschieden, im weiteren Untersuchungsgang den mittleren Wachstumspfad des Szenarios (C) zu wählen. Damit ist der für die weitere Analyse relevante **Verlagerungsbedarf** mit 639.000 Sattelanhängern bestimmt.

**Abb. 5-2: Prognose des Verlagerungsbedarfs an Sattelanhängern 2020**

	Prognoseszenario		
	(A)	(B)	(C)
<b>LKW-Gesamtaufkommen 2020</b>	1.500.000	1.500.000	1.500.000
Verlagerungsziel	650.000	650.000	650.000
<i>davon: "nicht verlagerbare" Solo-LKW</i>	200.000	200.000	200.000
<i>max. Fahrten Last- und Sattelzüge</i>	450.000	450.000	450.000
Verlagerungsbedarf Last- und Sattelzüge	850.000	850.000	850.000
<b>Verlagerungsbedarf Sattelzüge</b>	<b>595.000</b>	<b>680.000</b>	<b>639.000</b>

Quelle: Bundesamt für Verkehr; Prognose KombiConsult

## 5.2 Gesamtkosten einer Verlagerung von Sattelanhängern durch UKV-Ist- bzw. Modalohr-UIC-Technologie

Um den oben ermittelten Verlagerungsbedarf realisieren zu können, müssten neue Umschlagkapazitäten geschaffen werden. In Italien kommen aus infrastrukturellen Gründen im Prinzip nur Standorte nördlich von Milano in Frage. Gemäß jüngsten Erklärungen präferiert Modalohr die Region um Chiasso, vermutlich weil die Schienenstrecke hier ein etwas höheres Lichtraumprofil als die Linie via Luino in den Raum Gallarate/Novara bietet. Letzterer Standort hat jedoch für die Operateure des UKV-Ist die größere Priorität, weil hier nach Einschätzung der Logistikwirtschaft künftig – wie bereits heute – der größte Bedarf an KV-Verlademöglichkeiten in Norditalien besteht. Aus Vereinfachungsgründen bezeichnen wir im Folgenden den Terminalstandort auf italienischer Seite mit Milano.

Nördlich der Alpen haben wir es mit einer großen Zahl von Versand- und Empfangsregionen in der Schweiz, in Deutschland, Frankreich, UK, den Benelux-Staaten und Nordeuropa zu tun. Mit Ausnahme Frankreichs sind die anderen für den alpenquerenden Güterverkehr durch die Schweiz relevanten Standorte in ein Schienennetz eingebunden, das mindestens das Lichtraumprofil P400 bietet. Eine Politik zur Verlagerung der notwendigen Zahl von Sattelanhängern könnte bei diesen Standorten also sowohl auf der bestehenden UKV-Technologie als auch auf dem UIC-System von Modalohr aufsetzen.

Um die Kosten zu bestimmen, die beide Systeme zur Realisierung des Verlagerungsbedarfs verursachen würden, haben wir zwei unterschiedliche Szenarien betrachtet:

- Szenario 1 - Zentrale Verlagerung:

Bei diesem Szenario gehen wir davon aus, dass die Schweiz das Verlagerungsziel nur durch eigene Anstrengungen erreichen kann, weil die benachbarten Länder nicht oder nicht rechtzeitig die entsprechenden Voraussetzungen wie Umschlagkapazitäten oder Fahrplantrassen schaffen können. Der gesamte Verlagerungsbedarf muss deshalb zentral über zwei Terminals in den Räumen Basel/Freiburg bzw. Milano gedeckt werden.

- Szenario 2 - Dezentrale Verlagerung:

Bei diesem Szenario wird unterstellt, dass auf deutscher Seite die notwendigen Voraussetzungen für die Verlagerungspolitik erfüllt sind, so dass eine Verlagerung dezentral an mehreren Terminals erfolgen kann. Aus Vereinfachungsgründen haben wir nur die drei Schwerpunktstandorte Ludwigshafen, Köln und Duisburg gewählt, wobei sich die Ergebnisse nicht signifikant unterscheiden, wenn weitere Standorte in die Analyse einbezogen würden. Diese drei Standorte können zusätzlich, wie bereits heute, zur Bündelung von Mengen anderer Relationen wie etwa mit Rotterdam, UK, Antwerpen oder Nordeuropa fungieren. In Italien bleibt es beim Raum Milano.

Bei den nachfolgenden Vergleichskostenkalkulationen gehen wir davon aus, dass das gesamte zu verlagernde Volumen von 639.000 Sattelanhängern im Szenario 1 vollständig auf der Relation Basel/Freiburg-Milano mit einer Schienentransportweite von rund 450 km abgewickelt wird. Im Szenario 2 wird es hingegen gleichmäßig mit einem Jahresaufkommen von 213.000 Sattelanhängern auf die drei Relationen Ludwigshafen-Milano (650 km), Köln-Milano (860 km) und Duisburg-Milano (950 km) verteilt.

Die Kostenanalyse bezieht sich auf die Systemkosten der Beförderung eines kranbaren Sattelanhängers zwischen den oben genannten Terminals und berücksichtigt folglich die Kosten für den Schienentransport, den Wagen, den Umschlag an beiden Enden der KV-Relation sowie für die Nutzung des Sattelanhängers. Für die Schienentransportkosten, die den Aufwand für Traktion und Trasse umfassen, setzen wir – wie in Kapitel 4. – 14,50 € je Zugkilometer sowie eine Abfertigungspauschale von 500 € je Zug an. Die Umschlagkosten je Sattelanhänger wurden ebenfalls im vorangegangenen Kapitel abgeleitet.

Für die Kosten des Wagens und des Sattelanhängers ist ihre zeitliche Bindung entscheidend. Wir haben hierzu für all vier Relationen die **Systemzeiten** eines KV-Zugs ermittelt (siehe Abb. 5-3). Damit bezeichnen wir die gesamte Dauer eines Zuglaufs vom Beginn der Beladung des Zugs im Versandterminal bis zur Entladung der letzten Einheit im Empfangsterminal. Die Be- bzw. Entladezeiten wurden in Kapitel 4. ermittelt. Für die Transportdauer haben wir nicht die reinen Fahrzeiten auf der Schiene, sondern die derzeitigen Fahrpläne bezogen auf Ladeschluss und Abladebeginn zugrunde gelegt. Im Versand und Empfang haben wir zusätzlich je eine Stunde „Übergangszeit“ kalkuliert. Damit sind Zeitpuffer wie etwa für den Austausch von Schadwagen oder Verzögerungen im Betriebsablauf kalkulatorisch berücksichtigt.

Bezieht man die gesamte Systemzeit für einen Zuglauf auf einen 24-Stunden-Tag, erhält man den zeitlichen Bemessungsfaktor (Zeitfaktor) für die relationsbezogenen Einsatzkosten eines Wagens und eines Sattelanhängers. Entgegen der in der kommerziellen Praxis üblichen Vorgehensweise haben wir dabei die Kosten für Wagen- und Equipmentnutzung nicht in kompletten Tagen, sondern stundengenau berechnet. Ist

also z.B. die Systemzeit 18 Stunden, werden 75% der täglichen Wagenkosten ( $30 \text{ €} \times 0,75 = 22,50 \text{ €}$ ) bzw. Sattelanhängerkosten ( $44 \text{ €} \times 0,75 = 33 \text{ €}$ ) zum Ansatz gebracht.

An dieser Stelle muss nochmals hervor gehoben werden, dass wir einheitlich für beide Szenarien und untersuchten Technologien von optimalen Betriebsbedingungen ausgehen. Das heißt, dass ausreichend Trassen zu den genannten Fahrplanlagen zur Verfügung stehen und ein Zug nach dem Entladen in einem Terminal sofort wieder mit Sattelanhängern für die Gegenrichtung beladen werden kann. Es sind also ausreichend Sattelanhänger bereits von Kunden am Terminal aufgeliefert worden, und es fallen keine zusätzlichen Stillstandzeiten etwa für das Wagenmaterial an. Diese idealisierten Voraussetzungen werden in der logistischen Realität sicherlich nicht anzutreffen sein. Da dies dann aber auch für jede KV-Technologie gilt, würden die Kostenparitäten, also das Verhältnis der Systemkosten zwischen den einzelnen Technologien, sich nicht von denen im Rahmen der beiden Szenarien ermittelten Ergebnissen unterscheiden.

**Abb. 5-3: Verlagerungsszenarien: Systemzeiten der beiden Technologien**

Relation		Systemzeiten pro Richtung (in Minuten)					Gesamtzeit (h)
		Beladen	Übergang	Schiene	Übergang	Entladen	
Milano - Basel/Freiburg	UKV-Ist	34	60	630	60	34	13,6
	Modalohr	49	60	630	60	49	14,1
Milano - Ludwigshafen	UKV-Ist	34	60	960	60	34	19,1
	Modalohr	49	60	960	60	49	19,6
Milano - Köln	UKV-Ist	34	60	1.140	60	34	22,1
	Modalohr	49	60	1.140	60	49	22,6
Milano - Duisburg	UKV-Ist	34	60	1.320	60	34	25,1
	Modalohr	49	60	1.320	60	49	25,6

Quelle: KombiConsult

Auf dieser Grundlage wurden die Kostenkalkulationen für beide Szenarien durchgeführt. Beim **Szenario 1 „Zentrale Verlagerung“** müssten zu dem gewählten Bezugsjahr 2020 rund 639.000 Sattelanhänger komplett auf einer vergleichsweise kurzen Relation zwischen Basel/Freiburg und Milano im KV befördert werden. Die Ergebnisse der Untersuchung sind wie folgt (siehe Abb. 5-4 und 5-5):

- Beim Terminal-Terminal-Transport eines Sattelanhängers würden mit der bestehenden UKV-Technologie Kosten von rund 300 € und beim Modalohr-System UIC von 367 € anfallen - ohne Berücksichtigung von Kosten, die für beide Systeme gleich sind (Overheads, Vor- und Nachlaufkosten etc.). Damit wäre Modalohr gut 22% aufwendiger als der UKV-Ist.
- Um den gesamten Verlagerungseffekt im Jahr 2020 zu erreichen, müssten unter den gewählten Annahmen bei der UKV-Ist-Technologie ca. 191,5 Mio. € aufgewandt werden, beim Modalohr-System hingegen 234,3 Mio. €.
- Der UKV-Ist würde im Vergleich zur Modalohr-Technologie denselben jährlichen Verlagerungseffekt mit geringeren Gesamtkosten in Höhe von 42,8 Mio. € darstellen können.

Beim **Szenario 2 „Dezentrale Verlagerung“** sollen im Jahr 2020 auf den drei gewählten Relationen jeweils rund 213.000 Sattelanhänger im KV befördert werden. Die Ergebnisse sind wie folgt (siehe Abb. 5-6 und 5-7):

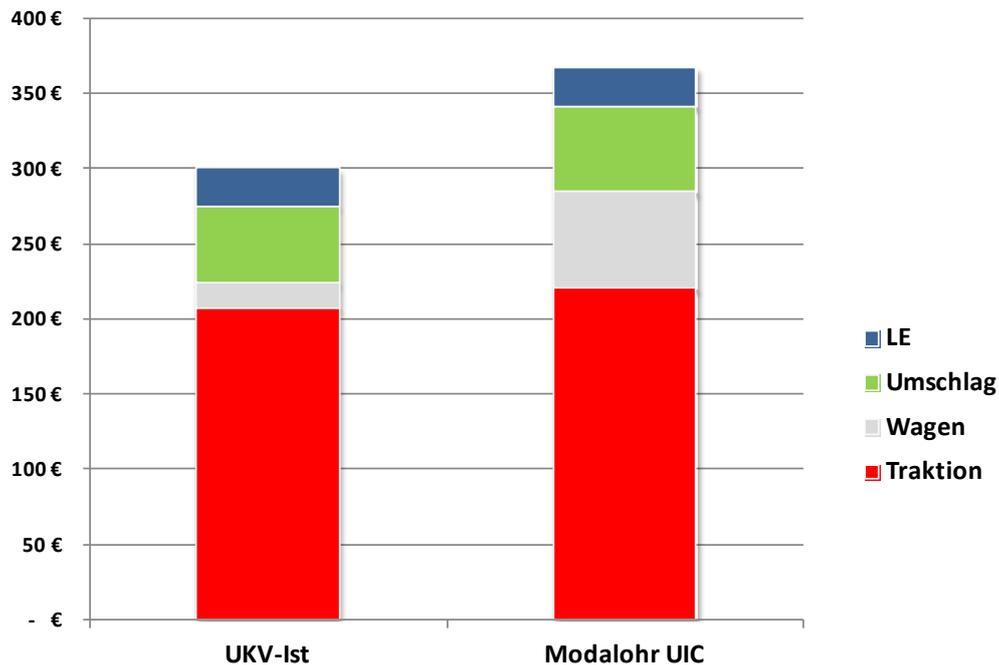
- Bei allen Relationen ist die Beförderung eines kranbaren Sattelanhängers im UKV-Ist-Netzwerk um rund 100 € kostengünstiger als mit der Modalohr-UIC-Technologie.
- Um den gesamten Verlagerungseffekt von 639.000 LKW im Jahr 2020 realisieren zu können, entstünden bei der UKV-Ist-Technologie Kosten in Höhe von rund 309 Mio. €, beim Modalohr-System hingegen von 376 Mio. €.
- Es zeigt sich also, dass der UKV-Ist den gewünschten Verlagerungseffekt um knapp 67 Mio. € günstiger als Modalohr erreichen würde (siehe auch Abb. 5-8).

**Abb. 5-4: Szenario 1: Gesamtkosten von UKV-Ist- und Modalohr-UIC-Technologie für den Verlagerungsbedarf 2020**

Relation	Technologie	Zeitfaktor	Kosten je befördertem Sattelanhänger					Gesamtkosten 2020
			LE	Umschlag	Wagen	Traktion	Gesamt	
Milano -	UKV-Ist	0,57	25 €	51 €	17 €	207 €	300 €	191.479.000 €
Basel/Freiburg	Modalohr UIC	0,59	26 €	57 €	64 €	220 €	367 €	234.277.000 €
<b>Gesamtkostenunterschied UKV-Ist/Modalohr UIC</b>							-	<b>42.798.000 €</b>

Quelle: KombiConsult

**Abb. 5-5: Szenario 1: Vergleich der Kosten von UKV-Ist- und Modalohr-UIC-Technologie für die Beförderung eines Sattelanhängers**



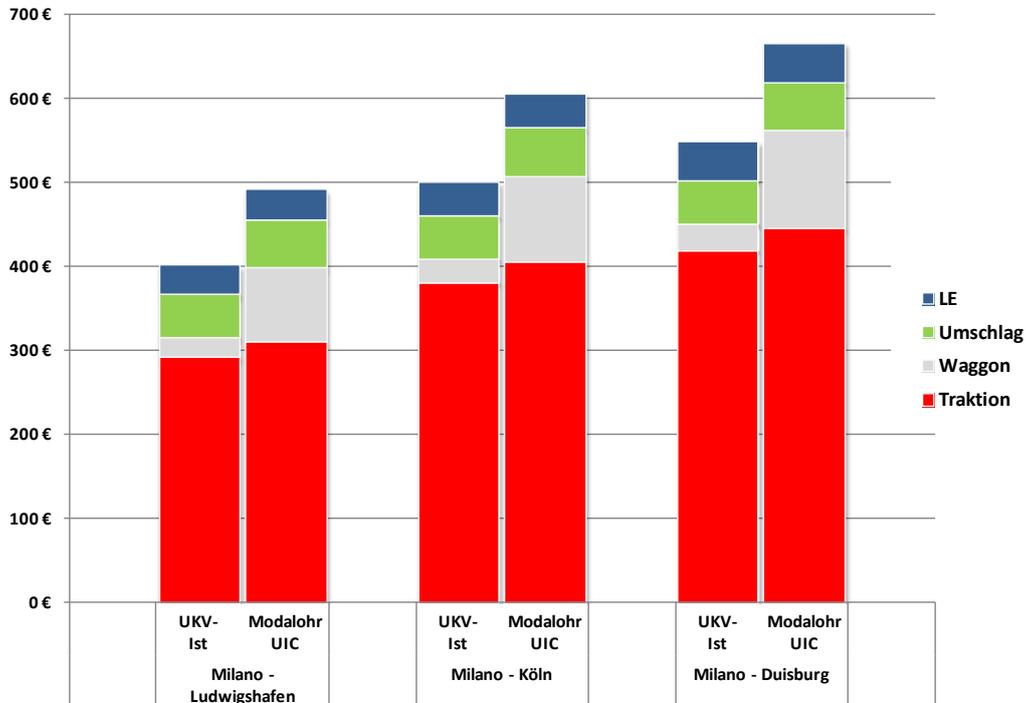
Quelle: KombiConsult

**Abb. 5-6: Szenario 2: Gesamtkosten von UKV-Ist- und Modalohr-UIC-Technologie für den Verlagerungsbedarf 2020**

Relation	Technologie	Zeitfaktor	Kosten je befördertem Sattelanhänger					Gesamtkosten 2020
			LE	Umschlag	Wagen	Traktion	Gesamt	
Milano - Ludwigshafen	UKV-Ist	0,80	35 €	51 €	24 €	292 €	402 €	85.606.000 €
	Modalohr UIC	0,82	36 €	57 €	89 €	310 €	492 €	104.864.000 €
Milano - Köln	UKV-Ist	0,92	41 €	51 €	28 €	381 €	501 €	106.652.000 €
	Modalohr UIC	0,94	41 €	57 €	103 €	405 €	607 €	129.206.000 €
Milano - Duisburg	UKV-Ist	1,05	46 €	51 €	31 €	420 €	548 €	116.798.000 €
	Modalohr UIC	1,07	47 €	57 €	116 €	446 €	667 €	141.966.000 €
Gesamtkostenunterschied UKV-Ist/Modalohr UIC							-	66.980.000 €

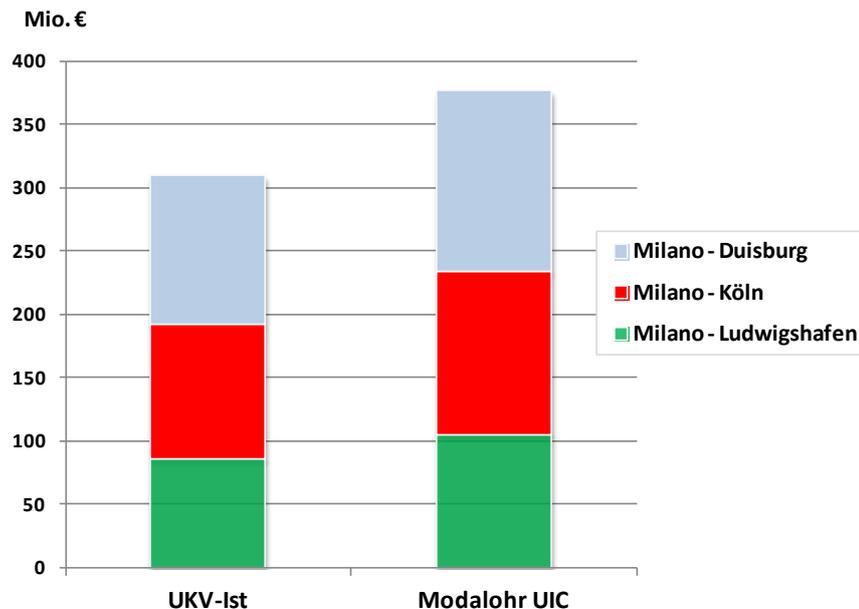
Quelle: KombiConsult

**Abb. 5-7: Szenario 2: Vergleich der Kosten von UKV-Ist- und Modalohr-UIC-Technologie für die Beförderung eines Sattelanhängers je Relation**



Quelle: KombiConsult

**Abb. 5-8: Szenario 2: Gesamtkostenvergleich von UKV-Ist- und Modalohr-UIC-Technologie für den Verlagerungsbedarf 2020**



Quelle: KombiConsult

Die Analyse zeigt, dass beim Transport von Sattelanhängern mit der UKV-Technologie beim Szenario 1 ca. 18,3% und beim Szenario 2 etwa 17,8% geringere Kosten als beim Einsatz des UIC-Systems von Modalohr entstehen.

Betrachtet man nur ein einziges Betriebsjahr, dann könnten also mit der UKV-Ist-Technologie je nach Szenario zwischen 43 und 67 Mio. € eingespart werden. Geht man zu einer dynamischen Betrachtung über und nimmt hierbei das dezentrale Szenario 2 zur Grundlage, so zeigen sich die ökonomischen Vorteile des UKV-Ist-Systems noch deutlicher. Unterstellt man über einen Zeitraum von zehn Jahren einen gleichbleibend hohen jährlichen Verlagerungseffekt von jeweils 639.000 LKW-Fahrten, so würde die UKV-Ist-Technologie gegenüber der UIC-Technologie von Modalohr einen konsolidierten Kostenvorteil von rund 670 Mio. € (10 Jahre à 67 Mio. €) erwirtschaften.

Wird zusätzlich noch berücksichtigt, dass das Aufkommen im alpenquerenden Güterverkehr der Schweiz weiter steigen dürfte, dann verstärkt sich der Einsparungseffekt durch den Einsatz der UKV-Ist-Technologie weiter. Legt man z.B. eine lineare Wachstumsrate des alpenquerenden Straßengüterverkehrs von 1% pro Jahr im 10-Jahres-Zeitraum 2020-2029 zugrunde – für die Periode 2010-2020 rechnet das BAV mit einer jährlichen Steigerungsrate von 2% -, dann würde der UKV-Ist gegenüber der UIC-Technologie von Modalohr sogar einen Kostenvorteil von rund 700 Mio. € erwirtschaften, also nochmals 30 Mio. € mehr als bei einer statischer Betrachtung.

### **5.3 Gesamtkostenvergleich unter Berücksichtigung der Kosten für den Infrastrukturausbau**

Im vorherigen Abschnitt 5.2 wurde ermittelt, dass das bestehende UKV-System einen spürbaren und nachhaltigen Kostenvorteil bei einer aktiven Verlagerungspolitik gegenüber dem UIC-System von Modalohr hätte. Bei diesem Kostenvergleich wurden jedoch noch nicht eventuelle Kosten für infrastrukturelle Anpassungsmaßnahmen berücksichtigt. Derartige Investitionen sind bei der **UIC-Variante von Modalohr** gemäß Herstellerangaben nicht erforderlich.

Hingegen wäre der **UKV-Ist** beim Einsatz der heutigen Standard-Taschenwagen darauf angewiesen, dass das Lichtraumprofil im Gotthard-Korridor erhöht würde, damit Sattelanhänger mit dem Profil P400 befördert werden könnten. Es bleibt dabei offen, inwiefern nicht auch die UKV-Ist-Technologie ohne eine Profilausweitung auskommen könnte, wenn für sie dieselben betrieblichen Rahmenbedingungen wie für das Modalohr-UIC-System (siehe Abschnitt 4.1) gelten und die heute als notwendig angesehen Sicherheitstoleranzen im Schienenbetrieb für einen Höhengewinn beim Sattelanhängertransport „ausgeschöpft“ werden würden (siehe auch Abschnitt 6.2).

Im Folgenden nehmen wir jedoch an, dass für die Beförderung von 4m hohen Sattelanhängern im UKV-Ist eine Ausweitung des Profils erforderlich wäre. Die Kosten hierfür sollen sich gemäß aktuellen Analysen auf etwa 940 Mio. CHF belaufen. Davon ent-

fallen nach Schätzungen schweizerischer Experten etwa 30% der Kosten auf Maßnahmen, die zur Verbesserung des Schienenpersonenverkehrs dienen und deshalb diesem Sektor und nicht dem Güterverkehr anzulasten wären. Wir nehmen im Folgenden an, dass die bestehende UKV-Technologie die Kosten der Profilerweiterung tragen müsste. Hierzu unterscheiden wir zwei Fälle, um die Bandbreite der möglichen Konsequenzen aufzeigen zu können:

- „Case 100“: Der Ist-UKV muss die gesamten Kosten des Infrastrukturausbaus in Höhe von 940 Mio. CHF (783 Mio. €) tragen.
- „Case 70“: Dem Ist-UKV werden die anteiligen Investitionskosten von rund 70% der Gesamtkosten in Höhe von 658 Mio. CHF (548 Mio. €) angelastet.

Wenn man eine im Schienenbereich übliche Abschreibungsdauer von 50 Jahren sowie jährliche Finanzierungskosten von 6% annimmt, ergeben sich nominal - ohne Berücksichtigung eines Inflationsausgleichs – für den Ist-UKV zusätzliche Kosten für die Nutzung der Schieneninfrastruktur auf der Gotthard-Strecke. Sie liegen im „Case 100“ bei 16,6 Mio. € und im „Case 70“ bei 11,6 Mio. € (siehe Abb. 5-9).

**Abb. 5-9: Zusätzliche Kosten der Infrastrukturnutzung für den Ist-UKV mit Sattelanhängern bei Anlastung der Ausbauinvestitionskosten**

		Case 100	Case 70
Investitionskosten	(Mio. €)	783	548
Abschreibungsdauer	(Jahre)	50	50
Abschreibung p.a.	(Mio. €)	15,7	11,0
Finanzierungskosten p.a. (6%)	(Mio. €)	0,9	0,7
<b>Gesamtkosten p.a.</b>	<b>(Mio. €)</b>	<b>16,6</b>	<b>11,6</b>

Quelle: KombiConsult

Im Abschnitt 5.2 haben wir ermittelt, dass je nach Szenario der UKV-Ist gegenüber Modalohr-UIC einen Kostenvorteil von 43 bzw. 67 Mio. € p.a. hat. Unter dieser Voraus-

setzung könnte der UKV-Ist die Kosten für die Profilausweitung im Gotthard-Korridor nicht nur im „Case 100“ zurückzahlen, sondern es verbliebe sogar ein „Überschuss“ zugunsten der Logistikwirtschaft von rund 26 Mio. € beim Szenario 1 (zentrale Verlagerung) und von 50 Mio. € beim Szenario 2 (dezentrale Verlagerung). Bei dem von Experten als realistisch angesehen Fall „Case 70“ erhöhte sich diese „volkswirtschaftliche Dividende“ für die Schweiz sogar auf 31 Mio. € bzw. 55 Mio. €.

Auf dieser Grundlage können zusätzlich die Auswirkungen eingeschätzt werden, die eine tatsächliche Anlastung der Investitionskosten im Rahmen des Trassengebührenregimes auf den UKV-Ist hätte. Hierzu haben wir folgende Annahmen getroffen:

- Jährlicher Verlagerungseffekt (siehe Abb. 5-2): 639.000 Sattelanhänger
- Durchschnittliche Auslastung je Zug (siehe Abb. 4-2): 34 Sattelanhänger
- Durchschnittliche Transportentfernung je Zug: 850 Zug-Kilometer

Demnach müssten rund 18.800 Züge im Jahr verkehren, um die entsprechende Zahl von Sattelanhängertransporten von der Straße in den UKV zu verlagern. Daraus errechnet sich ein jährlicher Bedarf von ca. 16 Mio. Zugkilometern. Legt man die in Abb. 5-9 ermittelten zusätzlichen Kosten für die Infrastrukturnutzung auf diese Zugkilometerleistung um, so leiten sich daraus die zusätzlichen möglichen Trassenkosten für den UKV-Ist wie folgt ab. Sie liegen im Falle des „Case 100“ bei 1,04 Euro je Zug-km und im „Case 70“ bei 0,73 € je Zug-km (siehe Abb. 5-10).

**Abb. 5-10: Umlegung der Kosten für Profilausweitung auf Trassenkosten**

		Case 100	Case 70
Gesamtkosten p.a.	(Mio. €)	16,6	11,6
Züge p.a.	(Züge)	18.800	18.800
Zugkilometer p.a.	(Mio. km)	16,0	16,0
<b>Δ Trassenkosten/Zug-km</b>	<b>(€)</b>	<b>1,04</b>	<b>0,73</b>

Quelle: KombiConsult

## 6 Management Summary und Schlussfolgerungen

### 6.1 Management Summary

(1) Der vorliegenden Studie, mit der Lösungsansätze zur Verlagerung von alpenquerenden Straßengüterverkehren in der Schweiz auf die Schiene auf ihre technische und wirtschaftliche Machbarkeit hin untersucht und bewertet worden sind, liegen zwei wesentliche **Ausgangsbedingungen** zugrunde.

Zum Einen betreffen sie das sogenannte Verlagerungsziel, wonach gemäß gültiger Rechtslage der alpenquerende Straßengüterverkehr in der Schweiz bis zum Jahr 2018 bis auf maximal 650.000 LKW-Fahrten reduziert werden soll. Auch wenn das für das Jahr 2011 angepeilte Zwischenziel, das Straßentransportaufkommen auf eine Million LKW zu begrenzen, verfehlt wurde und deshalb auch in Frage gestellt wird, ob das Verlagerungsziel 2018 zu erreichen ist, geht die vorliegende Studie im Grundsatz von dessen weiterer Gültigkeit aus. Es erfolgte lediglich eine geringfügige zeitliche Anpassung insofern, als sich die Aufkommensprognosen, die Kostenanalysen und damit auch das anzustrebende Verlagerungsziel auf das Jahr 2020 beziehen.

Es ist zum Zweiten davon auszugehen, dass die Verlagerungswirkung überwiegend im Gotthard-Korridor erfolgen muss. Mit der für das Jahr 2016 vorgesehenen Eröffnung des Gotthard-Basistunnels und der NEAT stehen nur hier die zur Verlagerung notwendigen zusätzlichen Transportkapazitäten im Grundsatz zur Verfügung.

(2) Die Studie fußt auf folgenden hauptsächlichen **Prämissen**:

- Das Verlagerungsziel, das heißt die Begrenzung der alpenquerenden Fahrten durch die Schweiz auf 650.000 LKW, wird allein durch den Einsatz von Zügen des unbegleiteten Kombinierten Verkehrs Schiene-Straße (UKV) erreicht.
- Der Hauptansatzpunkt aller Verlagerungsaktivitäten liegt bei der Fahrzeugkategorie „Sattelzug“. Dessen Anteil am Aufkommen der alpenquerenden Fernverkehrsfahrzeuge liegt derzeit bei rund 70%, wenn man von den Fahrten der Solo-LKW absieht, die nach unserer Einschätzung kaum auf die Schiene

verlagerbar sind. Da der Sattelanhänger bei Verladern, Transport- und Spediti-  
onsunternehmen aufgrund seiner Vorteile im Handling zunehmend an Belieb-  
theit gewinnt, dürfte der Anteil des Sattelzugs in den nächsten Jahren sogar  
noch weiter zu Lasten des Lastzugs wachsen. Bis zum Jahr 2020 rechnen wir  
mit einem Marktanteil im alpenquerenden Verkehr der Schweiz von 75%.

- Das intermodale System, mit dem die Verlagerung von LKW-Fahrten bewerk-  
stelligt werden soll, muss Sattelanhänger mit einer Außenhöhe von 4 m beför-  
dern können. Denn deren Anteil am alpenquerenden Verkehr durch die  
Schweiz wird derzeit bereits auf mehr als 65% geschätzt, und wir erwarten,  
dass er sich angesichts des anhaltenden Güterstruktureffekts mit einer über-  
proportionalen Zunahme volumenintensiver Waren bis zum Jahr 2020 noch  
weiter erhöht.

(3) Um das Verlagerungsziel mit Mitteln des Kombinierten Verkehrs zu erreichen, wer-  
den in der Schweiz derzeit mehrere **Lösungsansätze** diskutiert.

Erste Option ist die seit Jahrzehnten bewährte UKV-Ist-Technologie, die auf europa-  
weiten Standards fußt und mittlerweile wie ein industrieller Produktionsprozess organi-  
siert ist. Um 4 m hohe Sattelanhänger im UKV-Ist-System auf Taschenwagen beför-  
dern zu können, wird eine Schienenstrecke mit dem Mindestlichtraumprofil P 400 be-  
nötigt - auch wenn nicht jedes einzelne Fahrzeug die volle Höhe ausnutzt. Zwar verfügt  
der Lötschberg-Korridor über eine begrenzte Zahl von Trassen für P 400, sie sind je-  
doch fast völlig vergeben. Die gewünschte Verlagerungswirkung kann deshalb, wie  
eingangs erwähnt, nur im Gotthard-Korridor realisiert werden. Hier beträgt das Licht-  
raumprofil allerdings gegenwärtig nur P 380 (Luino-Linie) bzw. P 384 (Chiasso). Dies  
gälte unverändert auch nach Inbetriebnahme des Gotthard-Basistunnels, wenn keine  
entsprechenden Ausbaumaßnahmen durchgeführt werden würden. Deren Investitions-  
kosten werden auf ca. 940 Mio. CHF geschätzt.

In dieser Situation wurden in den letzten Monaten weitere Lösungsansätze ins Spiel  
gebracht. Dabei handelt es sich um neue kombinierte Umschlag-/Transportsysteme,  
die insbesondere an der Wagentechnologie ansetzen. Hierzu zählen das auf die Hori-

zontalverladung von Sattelanhängern ausgerichtetete CargoBeamer-System, das derzeit in Deutschland im Testbetrieb ist, und zwei Varianten der Modalohr-Technologie. Die Fa. Lohr hat zusätzlich zum System Modalohr horizontal, das die Horizontalverladung von Sattelanhängern vorsieht und in Frankreich bereits im kommerziellen Einsatz ist, die sog. Modalohr-UIC-Technologie vorgestellt. Damit sollen 4 m hohe Sattelanhänger, die wie im UKV-Ist kranbar sein müssen, trotz der bestehenden Profileinschränkungen im Gotthard-Korridor via Chiasso bis in den Raum nördlich von Milano befördert werden können, ohne dass infrastrukturelle Maßnahmen an den Zulaufstrecken vorgenommen werden müssten.

(4) Aus der obigen Konstellation leiteten sich die **Aufgabenstellungen** für die vorliegende Studie wie folgt ab:

- Im ersten Schritt wurde ein Systemvergleich von UKV-Ist-Technologie mit den drei neuen Technologien durchgeführt. Hierbei wurde noch nicht berücksichtigt, ob die jeweilige Technologie überhaupt über die Voraussetzung verfügt bzw. als geeignet eingeschätzt wird, zur Verlagerung von 4 m hohen Sattelanhängern im alpenquerenden Verkehr der Schweiz beizutragen.
- Der letztere Gesichtspunkt war hingegen maßgebend für die Auswahl der Technologien für den zweiten Untersuchungsschritt. Hier wurde der Bedarf an zu verlagernden Sattelanhängern zur Erreichung des Verlagerungsziels abgeleitet und anschließend eine Kostenanalyse einer darauf ausgelegten Verlagerungspolitik durchgeführt.

(5) Beim **Systemvergleich** wurde angenommen, dass alle Technologien in einem dedizierten System zum Einsatz kämen, also nur Sattelanhänger befördert würden. Nur so konnten die Systeme von CargoBeamer und Modalohr, die ausschließlich auf die Beförderung von Sattelanhängern ausgelegt sind, mit dem heutigen UKV verglichen werden, der ansonsten in einem offenen System alle KV-Ladeeinheiten behandelt. Auf dieser Grundlage wurden für alle Technologien relevante Leistungskennwerte und letztlich deren Systemkosten ermittelt. Die Ergebnisse sind nachfolgend erläutert.

(6) Unter der Annahme, dass nach Inbetriebnahme der NEAT die intermodalen Züge mit einem Wagenzuggewicht von 1.800 t und einer Wagenzuglänge von 700 m operieren können, zeigte sich, dass der UKV-Ist die höchste **Zugbeförderungskapazität** von 40 Sattelanhängern je Zug aufweist. Die beiden Modalohr-Technologien erreichen eine Kapazität von je 38 Sattelanhängern und das CargoBeamer-System lediglich 31 Sattelanhänger.

(7) Zur Berechnung der systemspezifischen **Kapazität der Umschlaganlagen** wurde für jede Technologie eine repräsentative Anlagenkonfiguration zugrunde gelegt. Unter der Voraussetzung von optimierten, restriktionsfreien Betriebsbedingungen, einer täglichen Betriebszeit von 21 Stunden und 250 Verkehrstagen im Jahr kommt die Anlage für den UKV-Ist auf eine jährliche Umschlagkapazität für 272.000 Sattelanhänger. Die Anlage der Modalohr-UIC-Technologie erreicht mit 192.000 Sattelanhängern ca. 70% dieser Kapazität. Die Anlagen für CargoBeamer und Modalohr horizontal verfügen hingegen nur noch über eine Leistungsfähigkeit von 34% bzw. 24% der UKV-Ist-Anlage.

(8) Die obigen Ergebnisse waren für sich betrachtet nur begrenzt aussagefähig, weil ihnen – aufgrund der Systemeigenschaften der untersuchten Technologien - unterschiedliche Designs der Umschlaganlagen zugrunde liegen. Deshalb war es erforderlich, die Leistungsfähigkeit der systemspezifischen Umschlaganlagen zu normieren:

- Der **spezifische Flächenbedarf** gibt die durchschnittliche Anlagenfläche an, die rechnerisch benötigt wird, um die Kapazität für den Umschlag einer Ladeeinheit je Verkehrstag zu schaffen. Die Analyse zeigte, dass auch bei diesem Leistungskennwert der UKV-Ist am besten abschneidet und mit einem Bedarf von 61 m<sup>2</sup> je Kapazitätseinheit die größte Flächeneffizienz aufweist. Das UIC-System von Modalohr braucht 20%, CargoBeamer 82% und Modalohr horizontal 155% mehr Fläche je Einheit Umschlagkapazität als der UKV-Ist.
- Die **spezifischen Investitionskosten** stellen den Betrag dar, der im Mittel erforderlich ist, um die Kapazität für den Umschlag einer Ladeeinheit je Tag zu erstellen. Beim UKV-Ist liegen die spezifischen Investitionskosten mit € 29.000 am niedrigsten. Für die Modalohr-UIC-Technologie müssen bereits 38% mehr

(€ 40.000 je Kapazitätseinheit) und für die Horizontalsysteme mehr als doppelt so hohe Investitionen wie für den UKV-Ist getätigt werden, um die gleiche Umschlagleistung zu installieren.

(9) Nachdem der UKV-Ist bei allen Leistungsmerkmalen die günstigsten Werte erreichte, schnitt er auch bei der Ermittlung der **Systemkosten** als beste Technologie ab. Damit bezeichnen wir die je untersuchter Technologie anfallenden Kosten, die bei der Beförderung eines Sattelanhängers im UKV zwischen zwei Terminals entstehen. Sie beinhalten die Kosten für den Umschlag an beiden Enden der Transportkette, den Waggon, die Zugtraktion sowie für den Einsatz der Ladeeinheit. Da alle anderen Kostenkomponenten wie z.B. Vor- und Nachlauf, Gemeinkosten, Verzinsung unter gleichen Voraussetzungen für alle Technologien identisch wären, konnten sie unberücksichtigt bleiben. Der Vergleich der Systemkosten wurde anhand der Strecke Köln–Milano mit einer Schienentransportentfernung von rund 860 km durchgeführt. Die Ergebnisse sind der nachstehenden Tabelle zu entnehmen.

#### **Systemkosten der untersuchten Technologien für die Terminal-Terminal-Beförderung eines Sattelanhängers auf der Relation Köln-Milano**

Technologie	Kosten je befördertem Sattelanhänger				
	Ladeeinheit	Umschlag	Waggon	Traktion	Gesamt
<b>UKV-Ist Sattelanhänger</b>	88 €	51 €	60 €	381 €	<b>580 €</b>
<b>Modalohr horizontal</b>	84 €	80 €	190 €	405 €	<b>759 €</b>
<b>Modalohr UIC</b>	88 €	57 €	218 €	405 €	<b>768 €</b>
<b>CargoBeamer</b>	84 €	75 €	152 €	499 €	<b>810 €</b>

Quelle: KombiConsult

Es zeigt sich, dass die Beförderung eines Sattelanhängers im UKV-Ist die geringsten Systemkosten von € 580 aufweist. Mit Ausnahme der Kosten für die Ladeeinheit ist der

UKV-Ist auch bei allen einzelnen Kostenkategorien am effizientesten. Der Transport eines Sattelanhängers kostet bei beiden Technologien von Modalohr über 30% mehr als beim heutigen UKV-System. Die Horizontaltechnologie des CargoBeamers ist sogar um 40% aufwendiger als der UKV-Ist (siehe Abbildung S. 53).

(10) Im zweiten Teil der Untersuchung wurden die Kosten ermittelt, die zur Erreichung des Verlagerungsziels bei Einsatz unterschiedlicher Technologien anfielen. In diese **Kostenanalyse** wurden nur noch die UKV-Ist- und die Modalohr-UIC-Technologie einbezogen. Dies geschah aus zwei Gründen. Zum Einen weist das UKV-Ist-System die deutlich geringsten Systemkosten aller untersuchten Technologien auf. Zum Zweiten bestehen für die beiden Systeme konkrete Perspektiven, dass sie für die Verlagerung von 4m hohen Sattelanhängern im Gotthard-Korridor geeignet sind.

Genau dies ist – abgesehen von den höheren Systemkosten - für die beiden Horizontalumschlagtechnologien nach unserer Einschätzung nicht der Fall. Der CargoBeamer stellt keine Alternative dar, da die Aufstandsfläche des Wagens mit 330 mm über Schienenoberkante noch um 60 mm höher als bei den modernen Taschenwagen liegt. Das heißt, dass für den Betrieb dieser Technologie nicht nur höhere Systemkosten wie beim UKV-Ist, sondern auch zusätzlich noch Infrastrukturinvestitionen in mindestens der gleichen Höhe erforderlich wären. Letzteres gilt ebenfalls für die Horizontaltechnologie von Modalohr. Hierfür wären signifikante Anpassungsmaßnahmen im unteren UIC-Hüllraum im gesamten Korridor Deutschland-Italien notwendig, für die nach unserer Ansicht weder ein länderübergreifender Konsens noch die erforderliche Bereitstellung der Investitionsmittel zu erwarten sind.

(11) Um die Kostenanalyse durchzuführen, musste zunächst der **Verlagerungsbedarf** abgeleitet werden. Damit bezeichnen wir die Zahl der Sattelanhänger, die zum Zeithorizont 2020 zusätzlich im KV befördert werden müssten, damit das Verlagerungsziel von 650.000 LKW eingehalten werden könnte. Auf der Grundlage einer Prognose des Bundesamts für Verkehr, wonach im Jahr 2020 ohne zusätzliche Verlagerungsmaßnahmen insgesamt ein Aufkommen von 1,5 Mio. LKW-Fahrten im alpenquerenden

Straßengüterverkehr der Schweiz zu erwarten sind, haben wir einen Verlagerungsbedarf von 639.000 Sattelanhängertransporten zu diesem Zeithorizont ermittelt.

(12) Damit der kalkulierte Verlagerungsbedarf auch realisiert werden kann, müssten zusätzliche Umschlagkapazitäten an beiden Enden des Gotthard-Korridors geschaffen werden. In dieser Studie haben wir hierzu zwei **Szenarien** untersucht:

- Beim Szenario 1 „Zentrale Verlagerung“ nehmen wir an, dass die Schweiz das Verlagerungsziel nur durch eigene Anstrengungen sowie durch Kooperation mit Italien erreichen kann. Der gesamte Verlagerungsbedarf muss deshalb zentral über zwei Terminals in den Räumen Basel/Freiburg und Milano gedeckt werden.
- Das Szenario 2 „Dezentrale Verlagerung“ unterstellt, dass zumindest auf deutscher und italienischer Seite die notwendigen Voraussetzungen erfüllt sind, so dass eine Verlagerung dezentral an mehreren Terminals erfolgen kann. Um die Studie nicht durch eine Vielzahl von Varianten zu überfrachten, die ohnehin die Schlüsselergebnisse nicht änderten, haben wir in Deutschland die drei Schwerpunktstandorte Ludwigshafen, Köln und Duisburg gewählt. In Italien bleibt es beim Raum Milano.

Beim Szenario 1 wird das gesamte im Jahr 2020 zu verlagernde Aufkommen von 639.000 Sattelanhängern auf der Relation Basel/Freiburg – Milano befördert wird, während es sich beim Szenario 2 zu je einem Drittel auf die drei Relationen verteilt.

(13) Die vergleichende Kostenanalyse wurde im ersten Schritt ohne Berücksichtigung der **Infrastrukturinvestitionskosten** für den Ausbau der Gotthardzulaufstrecken und die Ausweitung des Lichtraumprofils auf mindestens P 400 durchgeführt. Erst in einem zweiten Schritt wurden diese Kosten dem UKV-Ist angelastet.

(14) Die Kostenanalyse unterstellt des Weiteren bei beiden Szenarien und für die Technologien UKV-Ist und Modalohr UIC **optimale Betriebsbedingungen**. Das heißt, dass ausreichend Trassen zu den genannten Fahrplanlagen zur Verfügung stehen und ein Zug nach dem Entladen in einem Terminal sofort wieder mit Sattelanhängern für

die Gegenrichtung beladen werden kann. Es sind also ausreichend Sattelanhänger bereits von Kunden am Terminal aufgeliefert worden, und es fallen keine zusätzlichen Stillstandzeiten etwa für das Wagenmaterial an. Diese idealisierten Voraussetzungen werden in der logistischen Realität sicherlich nicht anzutreffen sein. Da dies dann aber auch für jede KV-Technologie gilt, würde sich das Verhältnis der Systemkosten für beide Technologien nicht verändern.

(15) Um beim **Szenario 1** die gesamte Verlagerungswirkung im Jahr 2020 zu realisieren, würden beim Einsatz der UKV-Ist-Technologie unter den gegebenen Annahmen ca. 191,5 Mio. € an Kosten für die Beförderung im Terminal-Terminal-Verkehr anfallen. Das UIC-System von Modalohr könnte denselben Effekt nur mit 234,3 Mio. € und damit um 22,4% höheren Kosten generieren. Mit der UKV-Ist-Technologie ist also im Vergleich ein jährliches Einsparungspotenzial in Höhe von 42,8 Mio. € verbunden.

Unterstellt man über einen Zeitraum von zehn Jahren einen gleichbleibend hohen jährlichen Verlagerungsbedarf von jeweils 639.000 LKW-Fahrten, so würde die UKV-Ist-Technologie gegenüber der UIC-Technologie von Modalohr einen konsolidierten Kostenvorteil von 428 Mio. € (nominal, nicht inflationsbereinigt) erwirtschaften.

(16) Im **Szenario 2** ist die Beförderung eines kranbaren Sattelanhängers mit der UKV-Ist-Technologie bei allen drei Relationen in einer Größenordnung von rund 100 € günstiger als mit dem Modalohr-UIC-System. Um den gesamten Verlagerungsbedarf von 639.000 LKW im Jahr 2020 zu decken, entstünden mit der UKV-Ist-Technologie Kosten in Höhe von rund 309 Mio. €, während die Modalohr-UIC-Technologie Kosten in Höhe von 376 Mio. € verursachen würde. Es zeigt sich also, dass der UKV-Ist den gewünschten Verlagerungseffekt jährlich um ca. 67 Mio. € günstiger als Modalohr-UIC erreichen würde.

Unterstellt man über einen Zeitraum von zehn Jahren einen gleichbleibend hohen jährlichen Verlagerungsbedarf von jeweils 639.000 LKW-Fahrten, so würde die UKV-Ist-Technologie im Vergleich zum Einsatz der UIC-Technologie von Modalohr zu einer Einsparung von insgesamt 670 Mio. € führen.

(17) In einem letzten Untersuchungsschritt haben wir angenommen, dass das UKV-Ist-System die Kosten für den Ausbau der Schieneninfrastruktur auf den Gotthard-Zulaufstrecken tragen müsste. Die Gesamtkosten belaufen sich gemäß „Verlagerungsbericht 2011“ auf etwa 940 Mio. CHF, wovon nach Schätzungen schweizerischer Fachleute etwa 30% auf Maßnahmen entfallen, die zur Verbesserung des Personenverkehrs dienen. Wir haben deshalb zwei Varianten einer **Anlastung der Investitionskosten** analysiert:

- „Case 100“: Der Ist-UKV muss die gesamten Kosten des Infrastrukturausbaus in Höhe von 940 Mio. CHF (783 Mio. €) tragen.
- „Case 70“: Dem Ist-UKV werden die anteiligen Investitionskosten von rund 70% der Gesamtkosten in Höhe von 658 Mio. CHF (548 Mio. €) angelastet.

Bei einer im Schieneninfrastrukturbereich üblichen Abschreibungsdauer von 50 Jahren und jährlichen Finanzierungskosten von 6% ergeben die Kalkulationen, dass dem UKV-Ist jährlich zwischen 11,6 Mio. € („Case 70“) und 16,6 Mio. € („Case 100“) an zusätzlichen Kosten für die Nutzung der Schieneninfrastruktur anzulasten wären.

Da der UKV-Ist gegenüber dem Einsatz von Modalohr-UIC-Technologie einen jährlichen Kostenvorteil zwischen 43 und 67 Mio. € erzielt, könnte der UKV-Ist diese Kosten nicht nur tragen, sondern es verbliebe sogar im „Case 100“ „eine Kosteneinsparung zugunsten der Logistikwirtschaft zwischen ca. 26 Mio. € (Szenario 1) und 50 Mio. € (Szenario 2). Bei dem von uns als realistisch angesehenen Fall („Case 70“) erhöht sich diese „volkswirtschaftliche Dividende“ für die Schweiz auf rund 31 bzw. 55 Mio. €

## 6.2 Schlussfolgerungen

Damit die Schweiz das Verlagerungsziel erreichen kann, muss es gelingen, vor allem Sattelanhängerverkehre von der Straße in den Kombinierten Verkehr zu verlagern. Wie die vorliegende Studie zeigt, steht die schweizerische Verlagerungspolitik dabei vor der Herausforderung, dass nach unseren Schätzungen etwa 70% aller Sattelanhänger eine Gesamthöhe von 4 Metern aufweisen. Um kranbare Sattelanhänger im herkömmlichen unbegleiteten Kombinierten Verkehr (UKV) auf Taschenwagen zu befördern, wird

es dazu beim derzeitigen Planungsstand im Gotthard-Korridor auch nach Vollendung der NEAT am erforderlichen Lichtraumprofil P400 fehlen.

Vor diesem Hintergrund wurden in dieser Studie zwei unterschiedliche Optionen analysiert und bewertet: Infrastrukturausbau und Profilausweitung des Schienenkorridders auf P400 im Vergleich zum Verzicht auf eine – zumindest sofortige - Profilerhöhung durch Einsatz neuer Umschlag- und Transportsysteme für Sattelanhänger. Aus den im vorherigen Abschnitt zusammengefassten Ergebnissen können die nachfolgenden weitergehenden Schlussfolgerungen abgeleitet werden.

(1) Die **CargoBeamer**-Horizontaltechnologie ist beim gegenwärtigen Entwicklungsstand nicht als Alternative zum UKV-Ist mit kranbaren Sattelanhängern anzusehen. Zum Einen ist die Aufstandshöhe der Wagen mit 330 mm um 60 mm höher als die heute gebräuchlichen Taschenwagen. Damit würde das CargoBeamer-System eine noch größere Ausweitung des Lichtraumprofils als der UKV-Ist benötigen. Zweitens sind die Systemkosten der CargoBeamer-Technologie um etwa 40% höher als der UKV-Ist, ganz abgesehen von dem enormen Flächenbedarf für Umschlaganlagen, der pro Kapazitätseinheit fast doppelt so hoch wie beim UKV-Ist ausfällt.

(2) Die Technologie **Modalohr horizontal**, die in Frankreich im Piloteinsatz ist, bietet sich grundsätzlich als Lösungsvariante an. Denn damit könnten ohne eine Erhöhung des oberen Lichtraumprofils 4 m hohe Sattelanhänger befördert werden. Da allerdings die Spezialwagen so weit abgesenkt sind, dass sie in den unteren UIC-Hüllraum hineinragen, wären hier diesbezügliche Anpassungsmaßnahmen der Schieneninfrastruktur erforderlich. Nach unserer Einschätzung ist die Wahrscheinlichkeit gering, dass für eine derartige Sonderlösung Investitionsmittel von Seiten der beteiligten Netzbetreiber bzw. Länder im Korridor Deutschland-Italien bereit gestellt werden. Darüber hinaus hat diese Technologie etwa 30% höhere Systemkosten wie der UKV-Ist und einen zweieinhalb Mal so großen spezifischen Flächenbedarf für Umschlaganlagen.

(3) Auch wenn beide Horizontalumschlagsystem aus heutiger Sicht keinen ersichtlichen Beitrag zur Lösung der Profilproblematik leisten werden, kommen sie dennoch als Instrument der Verlagerungspolitik im Grundsatz in Frage. Denn ihr hauptsächlicher

Zielmarkt, wofür diese Systeme auch entwickelt worden sind, ist die unbegleitete Beförderung von nicht kranbaren Sattelanhängern (Wir setzen dabei voraus, dass der Wagen Modalohr horizontal auch mit profilkonformer Aufstandshöhe von 270 mm gebaut werden kann). Zwar war dieser Gesichtspunkt nicht Gegenstand der Studie, auf der Grundlage der Untersuchungsergebnisse kann jedoch eine Einschätzung gegeben werden. Demnach stehen der grundsätzlichen Machbarkeit solcher Lösungen folgende Hemmnisse gegenüber:

- Es können nur Sattelanhänger mit einem eingeschränkten Profil transportiert werden. Deren Anteil, der heute schon bei ca. 30% liegen dürfte, wird vermutlich weiter sinken.
- Es würden Inselsysteme bezogen auf Waggons und Umschlaganlagen aufgebaut, die mit dem standardisierten UKV-Ist nicht kompatibel sind bzw. nur mit zusätzlichem Aufwand kompatibel gemacht werden könnten.
- Die Systemkosten sind so hoch, dass die Technologien nur mit erheblichen Subventionen, die über den heutigen Abgeltungsverpflichtungen für den alpenquerenden UKV liegen, betrieben werden könnten. Hinzu käme, dass diese Systeme vermutlich dauerhaft auf diese Förderung angewiesen wären.
- Es dürfte nicht einfach sein, die für diesbezügliche Umschlaganlagen benötigten, vergleichsweise großen Flächen mit zufriedenstellender Schienenanbindung zu finden.

Vor diesem Hintergrund könnte der Einsatz einer anderen bewährten Technologie, der Rollenden Autobahn, gegebenenfalls zu einer zumindest gleichwertigen wirtschaftlichen Lösung führen, zumal diese auch flächeneffizienter sein dürfte.

Schließlich bleibt noch eine grundsätzliche Fragestellung an alle Lieferanten von Horizontalumschlagsystemen für nicht kranbare Sattelanhänger. Transportunternehmen, die nicht kranbare Sattelanhänger beschaffen, tun dies, weil sie auf der Straße - begleitet - und nicht auf der Schiene - unbegleitet - fahren wollen bzw. können. Der Umstieg auf die Schiene unterbleibt in diesen Fällen, weil der durchgehende Straßengüterverkehr auf kürzeren Strecken kostengünstiger ist, der Betrieb über keine Transportorganisation auf Versand- und Empfangsseite oder über kein ausreichendes und regelmä-

ßiges Volumen auf einer Relation („kritische“ Menge oder Betriebsgröße) verfügt. Für dasjenige Unternehmen, das systematisch und regelmäßig Angebote im unbegleiteten KV nutzen kann, werden sich hingegen die Zusatzkosten für einen kranbaren Sattelanhänger in Höhe von ca. 1.500 – 2.000 € mit wenigen Fahrten amortisieren.

(4) Die in der Entwicklung befindliche Technologie **Modalohr UIC** erscheint als einzige in der Lage zu sein, die Profilproblematik ohne die Notwendigkeit von Anpassungen der Schieneninfrastruktur zu bewältigen. Mit der höhenverstellbaren Wanne/Tasche wurde eine innovative Lösung gefunden – immer vorausgesetzt, dass diese Technologie auch die Erwartungen erfüllt und für den Schienenbetrieb zugelassen wird. Die Technologie ist darüber hinaus mit dem UKV-Ist im Grundsatz interoperabel zu betreiben, wenn sie - wie der Systemlieferant in seiner ursprünglichen Kommunikation deutlich gemacht hat (neuerdings gibt es hierzu divergierende Pressemeldungen) - auf den Markt für kranbare Sattelanhänger zielt.

Die grundsätzliche Machbarkeit dieser Lösung unterstellt leiten sich aus den Ergebnissen der vorliegenden Studie folgende Fragen besonders im Hinblick auf die Verlagerungspolitik der Schweiz ab:

- Der Erfolg und das starke Aufkommenswachstum des Kombinierten Verkehrs in den letzten Jahrzehnten sind maßgeblich auf die Normung und Standardisierung der einzelnen technologischen Komponenten, dem Abbau von operativen Schnittstellen (z.B. Shuttlezüge statt Rangieren, Mehrsystemlokomotiven) und der Standardisierung und Vereinfachung der Prozesse zurückzuführen. Mit der Einführung von Technologien wie Modalohr würden wieder Sonderlösungen im KV Einzug halten und die Komplexität der Ablauforganisation zunehmen, z.B. durch die Vermessung und Verwiegung der Sattelanhänger, die Vorbereitung der Wagen und die zusätzlichen Kontrollen von Wagen und Ladeeinheiten.
- Falls jedoch der Bedarf an „schnellen Lösungen“ bei der Verlagerung von LKW-Fahrten durch die Schweiz so stark ist, dass man auch Spezialkonstruktionen wie die für den Modalohr-UIC-Wagen akzeptieren will, dann müssten dieselben Bedingungen auch dem UKV-Ist eingeräumt werden. Nach Aussagen von

Fachleuten der Waggontechnik könnte ein Taschenwagen entwickelt werden, der die heute als notwendig angesehen Sicherheitstoleranzen im Schienenbetrieb für einen Höhengewinn beim Sattelanhängertransport ausschöpft. Dann käme auch die UKV-Ist-Technologie ohne eine Profilausweitung der Gotthard-Strecke aus.

- In den vergangenen Monaten wurde in der schweizerischen Öffentlichkeit die dringende Notwendigkeit für eine „Zwischenlösung“ – bis zu dem Zeitpunkt, zu dem das Profil der Gotthard-Strecke erweitert sein wird – heraufbeschworen. Abgesehen davon, dass manche Hilfskonstruktionen ein sehr langes Leben haben, weil sie mit wirtschaftlichen oder politischen Interessen verbunden sind, sollte man die wirtschaftlichen Grundlagen eingehend prüfen.
- Die vorliegende Studie zeigt, dass, um das Verlagerungsziel im Jahr 2020 zu erreichen, 639.000 Sattelanhänger zusätzlich von der Straße auf die Schiene verlagert werden müssten. Mit der UKV-Ist-Technologie würde die Verlagerungswirkung 67 Mio. € pro Jahr kostengünstiger als mit dem Modalohr-UIC-System erreicht werden. Innerhalb von zwölf Betriebsjahren würde sich der Kostenvorteil des UKV-Ist auf über 800 Mio. € summieren. Anstelle diesen Betrag in eine „Zwischenlösung“ mit nicht standardisierten Komponenten zu stecken, könnte man damit die Investition in den 4-Meter-Korridor auf der Gotthard-Strecke in Höhe von 783 Mio. € komplett finanzieren.

(5) Das **Gesamtergebnis** der Studie belegt, dass der Einsatz und der Ausbau des auf langjährigen Standards beruhenden UKV-Ist-Systems im Vergleich zu einer neuen, teilweise noch zu entwickelnden Modalohr-UIC-Technologie die deutlich wirtschaftlichere Option für die Schweizer Verlagerungspolitik darstellt. Dies träfe auch dann zu, wenn die vollen, derzeit erwarteten Kosten für die Profilerweiterung im Gotthard-Korridor von den Zügen der UKV-Ist-Technologie getragen werden müssten. Auch in diesem Fall zeigt der Vergleich der Gesamtkosten, dass die Schweiz das Verlagerungsziel am effizientesten und angesichts der dauerhaften ökonomischen Vorteile auch mit der größten Nachhaltigkeit mit Hilfe der UKV-Ist-Technologie erreichen kann.