

L'attelage automatique à tampon central

Préalable à une automatisation du trafic fret ferroviaire en Europe
Analyse de rentabilité

The Automatic Centre Buffer Coupler (ACBC)

The key to automating rail freight transport in Europe
Cost-Benefit Analysis

Die Automatische Mittelpufferkupplung (AK)

Voraussetzung für eine Automatisierung des Schienen-Güterverkehrs in Europa
Kosten-Nutzen-Analyse

Bernhard Sünderhauf · Die Automatische Mittelpufferkupplung (AK) · Kosten-Nutzen-Analyse



Prof. Dr. rer. pol. Bernhard Sünderhauf

Die Studie wurde finanziert von:
ALTAPLAN LEASING GmbH
Grünstadt – Köln

April 2009

L'attelage automatique à tampon central

Préalable à une automatisation du trafic fret ferroviaire en Europe

Analyse de rentabilité



Prof. Dr. rer. pol. Bernhard Sünderhauf

Avril 2009

Au sujet de l'auteur

Bernhard Sünderhauf est professeur émérite pour l'économie d'entreprise, spécialité Tourisme/Transport. Après des études et l'obtention d'un diplôme en économie, il a dirigé de nombreux projets scientifiques concernant les transports, entre autres pour le Ministère Fédéral des Transports. Les résultats de l'un de ses projets de recherche ont été publiés dans une série de publications du Ministère Fédéral des Transports (numéro 37) „Nordlandverkehr“ et (numéro 46) „Prognose des Grenzüberschreitenden Güterverkehrs der Bundesrepublik Deutschland“. En outre, il a été entre autres initiateur et associé de la société de ferry Railship AG, qui a développé et exploité un trafic de ferry avec des wagons pour marchandises spéciales entre Hangö (Finlande) et Travemünde (Allemagne). Par la suite, il a fondé et dirigé en tant qu'associé gérant la firme Cargo Waggon GmbH, qui a été depuis absorbée par GE. Il est actuellement associé gérant d'Altaplan Leasing GmbH, Grünstadt-Köln.

L'étude a été financée par la firme

ALTAPLAN LEASING GmbH
Grünstadt - Köln

Grünstadt, Avril 2009
ISBN: 978-3-940900-14-2

Le présent ouvrage est protégé par le droit d'auteur. Les reproductions, rééditions ou traductions sont cependant autorisées à tout moment, dans la mesure où la diffusion de l'ouvrage n'a pas une but commercial. Toutes les indications sont fournies conformément aux connaissances acquises et en toute conscience mais sans garantie.

Préface

En tant qu'ex gérant et associé fondateur de la société Cargowaggon GmbH, location et exploitation de wagons en Europe, j'ai dû, dès les années 1970, me pencher sur la question de l'attelage automatique à tampon central. A cette époque, tous les nouveaux wagons commandés en Europe devaient être conçus et construits de manière à pouvoir être facilement transformé pour accueillir l'attelage automatique à tampon central.

Les wagons qui ont été, il y a 30 ans, pré-équipés pour un montage ultérieur de l'attelage automatique à tampon central – parmi lesquels également les wagons à grande capacité et à parois coulissantes et les wagons plats de la firme Cargowaggon GmbH - ont depuis été en grande partie retirés du service ou mis à la ferraille sans que, durant cette période, les chemins de fer européens soient parvenus à se mettre d'accord sur une transformation au plan européen du fret ferroviaire consistant à équiper tous les véhicules de l'attelage automatique à tampon central.

La présente analyse de rentabilité doit démontrer le considérable gain économique que peut apporter cette technique et donner une impulsion nouvelle à une transformation visant à une utilisation rapide de ce système. Les conditions environnantes semblent plus favorables que jamais pour cela.

Les changements apparus du fait de la crise économique et financière depuis 2008/09 nous offrent une chance de pouvoir réorienter la politique des transports. La croissance à laquelle on doit à nouveau s'attendre en trafic fret à la fin de la crise économique ne peut qu'en partie être absorbée par la route. Le but de cette politique des transports doit donc être d'obtenir un net accroissement des capacités du trafic fret ferroviaire. Ceci nécessite une modernisation et une automatisation à grande échelle du trafic fret ferroviaire.

Pour remplacer l'accouplement manuel des wagons utilisé depuis 1861, il s'agit d'introduire enfin l'attelage automatique en trafic fret européen.

L'Allemagne, en tant que pays disposant du réseau fret le plus important en Europe, peut et doit ici assumer un rôle de précurseur dans ce domaine.

Bernhard Sünderhauf

Clever Str. 32A

50668 Köln

Tél: 02 21-72 22 14

Télécopie: 02 21-72 20 14 3

Courriel: prof-suenderhauf@altaplan.de

Je tiens à remercier tout spécialement les experts de la technique ferroviaire, en particulier M. Jörg Bensch, ingénieur diplômé, pour les conseils de spécialistes qu'ils m'ont apportés.

Mme Hildegund Kravets, professeur-docteur et M. Bernd Oliver Sün-
derhauf ont rédigé le manuscrit.

Grâce à son savoir faire et à sa grande habileté, Mme Alexandra Hüniger a su entrer les textes compliqués, les tableaux et les graphiques dans l'ordinateur et les imprimer sur papier.

L'attelage automatique à tampon central

Préalable à une automatisation du trafic fret ferroviaire en Europe

Analyse de rentabilité

Contenu	Page
Résumé	9
Version abrégée	11 - 24
Version longue	79 – 156
I. Objectif et périmètre de l'étude	80
II. La position concurrentielle du chemin de fer sur les marchés de fret de l'avenir	82
1. Le développement du trafic fret en Allemagne ex-post	82
2. Les prévisions concernant le trafic fret en Allemagne jusqu'en 2025/2050	86
3. Modifications de la structure du fret	88
4. Limites de capacités au niveau de l'infrastructure du trafic fret routier et ferroviaire	90
5. Les émissions de CO ₂ dans le cadre du trafic fret routier et ferroviaire	93
III. Les flux de trafic croissants à venir, la structure de fret en pleine évolution et les émissions de CO₂ élevées nécessitent une réorientation du trafic fret	96
1. Modification structurelle au niveau de l'offre et de la demande	96
2. Erreurs d'aiguillage du trafic fret ferroviaire	97
3. La qualité de transport du trafic fret s'est détériorée par rapport au poids lourd	100
4. Un repositionnement du chemin de fer sur le territoire est nécessaire.	102
IV. La technique d'accouplement en trafic fret ferroviaire européen (états membres de l'UIC)	105
1. La technique d'accouplement et de raccordement des wagons, préalable à la constitution des rames	105
2. L'attelage automatique à tampon central, technique clé pour l'automatisation du trafic fret	111
3. Essais d'implémentation de l'attelage automatique à tampon central en Europe (états membres de l'UIC)	115

V.	Analyse de rentabilité du projet d'investissement « Introduction de l'attelage automatique à tampon central en trafic fret ferroviaire allemand »	120
1.	Paramètres de l'hypothèse	120
1.1	Examen micro-économique et macro-économique	120
1.2	Introduction progressive/par étapes contre introduction simultanée	120
1.3	Période de référence pour l'analyse de rentabilité et base de données	120
2.	Analyse des coûts	121
2.1	Les coûts isolés de l'introduction a posteriori de l'attelage automatique à tampon central	121
2.2	Le potentiel de transformation pour l'attelage automatique à tampon central	122
2.3	L'investissement total dans la phase de transformation et son financement	125
3.	Analyse du gain économique	127
3.1	Aperçu des composantes essentielles du gain économique	127
3.2	Les économies de coûts d'exploitation dans le détail	128
3.2.1	Réduction du nombre d'accidents	128
3.2.2	Economies de coûts de personnel	128
3.2.3	Plus faible usure des essieux et des rails	129
3.2.4	Durée de vie plus longue de l'attelage automatique à tampon central	132
3.3	Le gain économique au niveau de l'exploitation résultant d'une plus grande capacité de transport	133
3.3.1	Accroissement de la capacité de transport par la constitution de trains plus longs	133
3.3.2	Accroissement de la capacité de transport par l'augmentation de la vitesse du système et de la vitesse des rotations	137
3.3.3	Les répercussions économiques de l'accroissement de la capacité de transport du fret ferroviaire obtenu par la constitution de trains plus longs et plus lourds et par l'augmentation de la vitesse du système/des rotations	139
3.3.3.1	La variante minimale de l'augmentation de la capacité de transport par la constitution de trains plus longs et l'accélération des processus de transport	139

3.3.3.2	Le gain économique pour les différents acteurs ferroviaires	140
3.4	Le gain pour l'économie publique résultant du transfert des transports de la route vers le rail	143
3.4.1	La réduction de la consommation d'énergie et des émissions de CO ₂	143
3.4.2	Le gain pour l'économie publique par la réduction d'autres coûts externes par suite du transfert des transports vers le rail	146
3.5	L'attelage automatique à tampon central en tant que base d'innovation pour d'autres chaînes de création de valeur	148
3.6	Le résumé du gain du point de vue de l'économie de l'entreprise et de l'économie publique	152
4.	Équilibrage des coûts et du gain	154
4.1	Calcul de l'investissement (retour sur investissement)	154
4.2	Calcul du leasing/financement	155
4.3	Conclusion	156
	Bibliographie	157 - 160

L'attelage automatique à tampon central

Préalable à une automatisation du trafic fret ferroviaire en Europe

Analyse de rentabilité

Résumé

Une analyse de rentabilité aura pour objet d'étudier les avantages prévisibles d'une transformation progressive de tous les wagons allemands pour les équiper de l'attelage automatique à tampon central (AK). En Allemagne, les wagons sont accouplés manuellement depuis 1861 et les conduites d'alimentation raccordées à la main; les wagons sont équipés à l'extérieur de deux tampons latéraux stabilisateurs. Dans le monde entier, sauf en Europe, cet attelage à vis a été remplacé depuis longtemps par l'attelage automatique à tampon central (USA 1893 – 1900, Japon 1925, Union Soviétique 1935 – 1957). Seules les entreprises ferroviaires de transport de fret européennes n'ont pas encore pu se mettre d'accord jusqu'à présent sur l'introduction de l'attelage automatique, bien que presque tous les wagons soient aptes à le recevoir. L'opération consiste à accoupler par le milieu les wagons par un attelage à tampon unique, de manière entièrement automatique, c.à.d. qu'il est actionné par l'agent de conduite à l'aide d'une commande centrale, sans l'intervention d'agents de manœuvre, y compris l'accouplement de toutes les conduites d'alimentation. Les tampons latéraux sont supprimés. Les avantages sont les suivants: gain de temps, augmentation de la vitesse du système et des rotations de wagons, constitution d'unités de trains plus longues et donc accroissement de la capacité de transport du trafic fret dans son ensemble ainsi que réduction des coûts de personnel et de matériel. L'analyse du développement du trafic fret dans le passé et les prévisions d'évolution du trafic jusqu'en 2050 montrent les goulets d'étranglement qui nous menacent, surtout en trafic routier, avec l'augmentation de la consommation d'énergie et des émissions de CO₂. Des calculs statistiquement fondés permettent de déterminer les coûts prévisibles de la transformation des wagons en Allemagne pour les équiper de l'attelage automatique et de les comparer aux gains attendus: il en résulte des avantages évidents du point de vue de l'économie des entreprises et de l'économie publique. Un calcul de modèle permet de déterminer les coûts d'une transformation financée par leasing. La réorientation exigée de la politique des transports consistant à accélérer le trafic fret ferroviaire par l'automatisation et la modernisation permettra de décharger la route, contribuant ainsi à la protection du climat et ce avec des gains économiques importants, tant au niveau de l'entreprise qu'au niveau de l'économie publique.

Bernhard Sünderhauf

Cologne 2009

Mots-clés:

Attelage automatique à tampon central – technique ferroviaire - trafic fret ferroviaire – analyse de rentabilité – capacité de transport – vitesse du système – longueur des trains – protection du climat – consommation d'énergie – télématique – politique des transports – financement par leasing

L'attelage automatique à tampon central

Préalable à une automatisation du trafic fret ferroviaire en Europe

Analyse de rentabilité

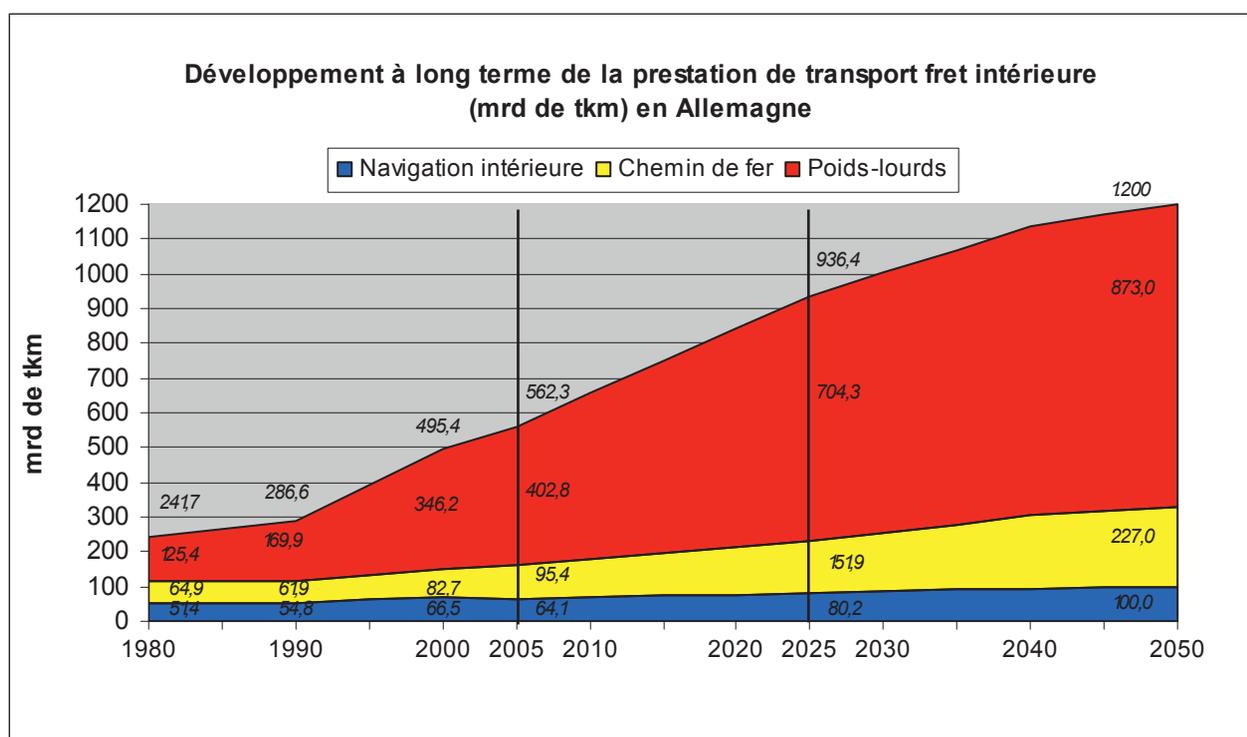
Version abrégée

Bernhard Sünderhauf

1. Le trafic fret va plus que doubler d'ici à 2050 en Allemagne

D'après toutes les prévisions établies à la demande du Ministère Fédéral des Transports, la prestation de trafic fret (mesurée en tkm) va encore fortement augmenter à l'avenir en Allemagne. D'ici à l'année 2050, la prestation nationale totale de transport de fret va s'accroître de 113 %, donc plus que doubler. Le trafic fret international va presque tripler, avec un accroissement de 163 % et de 189 % pour le trafic de transit. Après la réunification, l'Allemagne est devenue le centre géographique de l'Europe en ce qui concerne les transports.

Figure 1: Développement à long terme de la prestation de trafic nationale (tkm) (navigation intérieure, chemin de fer, poids-lourds) de 1980 à 2050



Source: DIW Verkehr in Zahlen 2006/07, pour 2025 (2 – p. 213), pour 2050 (3 – p. 118)

D'après les prévisions, la quote-part du modal split de la route passera en 2050 de 71,6 % à 72,8 %, celle du rail de 17,0 % à 18,9 % et ce aux dépens de la navigation intérieure.

La prestation de trafic fret par la route (tkm) augmentera de 117 % durant cette période. L'augmentation prévisible de la prestation de transport de fret ferroviaire sera même, avec 138 %, supérieure à celle de la route.

2. L'accroissement important et durable de la prestation de transport de fret (tkm) provoquera à l'avenir des goulets d'étranglement sévères au niveau du trafic routier et ferroviaire

Le doublement des flux de marchandises sur la route (+ 117 %) provoquera obligatoirement des conditions de trafic routier massives et incontrôlables au niveau régional. La production just-in-time de l'industrie allemande en serait fortement affectée et pourrait s'effondrer au niveau des zones de concentration urbaine.

Etant donné qu'env. 64 % des entreprises industrielles en Allemagne pratiquent une production just-in-time – dont env. 70 % des transports logistiques sont réalisés par les poids-lourds et 17 % par le transport ferroviaire - l'accroissement des goulets d'étranglement au niveau de l'infrastructure de transport entraîne une perte d'attractivité pour la zone économique de l'Allemagne.

En trafic fret ferroviaire également, il faut s'attendre à des goulets d'étranglement importants au niveau des magistrales s'il s'agit d'absorber une augmentation de la prestation de transport de fret sur le rail de 138 % d'ici à 2050 (Figure 4). Une extension de lignes parallèles, réservées exclusivement au transport de fret, n'est possible que sur un faible nombre de magistrales.

Figure 2: Augmentation et diminution du trafic routier intérieur d'ici à 2020

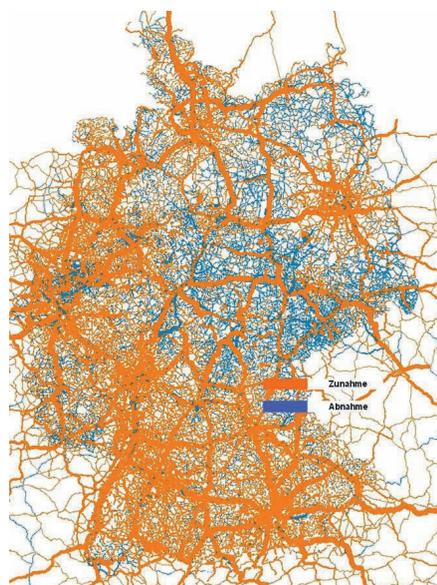


Figure 3: Augmentation du trafic de poids-lourds en transit d'ici à 2020

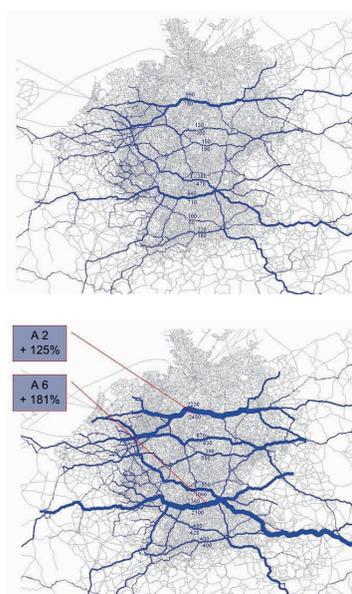
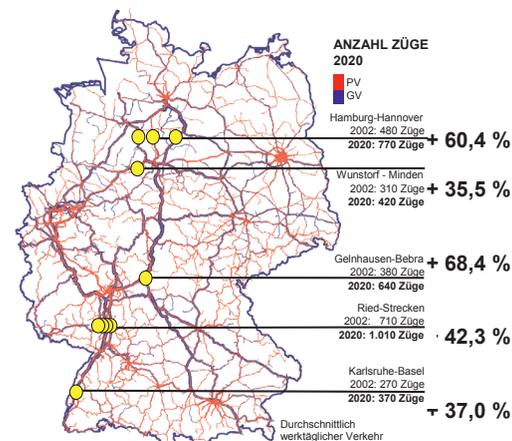


Figure 4: Principaux axes de trafic, augmentation du nombre de trains d'ici à 2020



Source (Figure 2, 3 et 4): Etude acatech, „Mobilität 2020“ (2006)

3. La consommation importante d'énergie et le niveau élevé des émissions de CO₂ du trafic des poids-lourds accroissent la pression en faveur d'une politique de transfert du fret vers le rail

Le trafic fret ferroviaire est soumis à une pression visant à son expansion en ce qui concerne sa capacité de transport, et ce pour différentes raisons:

- (1) L'accroissement important et continu de la prestation de transport de fret (tkm) impose une lourde charge aux infrastructures de la route et du rail,
- (2) L'aggravation des goulets d'étranglement qui en résulte en trafic routier ne peut être réduite que si une partie des flux de transport de fret est transférée de la route vers le rail et si le fret ferroviaire met à disposition une capacité de transport correspondante.

(3) L'urgence du transfert d'une plus grande part du fret vers le rail est encore renforcée par les considérations écologiques (économie d'énergie et réduction des émissions de CO₂). Pour le poids-lourd, la consommation de combustibles fossiles et donc les émissions de CO₂ par tkm sont au moins 4,6 fois plus élevées que pour le train.

Pour pouvoir à l'avenir transférer une plus grande part des flux de fret de la route vers le rail, le fret ferroviaire devra fortement augmenter ses capacités de transport.

4. Les potentiels futurs d'expansion du fret ferroviaire résident avant tout dans le trafic de wagons isolés et le transport combiné

Au niveau de la demande, des potentiels importants se trouvent dans les segments de marché concernant le trafic de wagons isolés et le transport combiné à l'intérieur de l'Allemagne et en international, potentiels qui ne demandent qu'à être exploités par le rail.

Par le passé, le fret ferroviaire s'était retiré progressivement du territoire et avait surtout négligé le trafic de wagons isolés. C'est ainsi que, depuis 1990, environ 70 % des embranchements ont été mis hors service. Le chemin de fer s'est tourné avant tout vers le trafic par trains complets et en partie vers le transport combiné. La poursuite de l'augmentation du trafic par trains complets se heurtera cependant bientôt à ses limites et le transport combiné est actuellement pour l'essentiel soumis à des frais trop importants et est donc trop cher par rapport au transport par poids-lourds. Par contre le segment de marché concernant le trafic de wagons isolés s'élargit d'année en année. La quote-part des marchandises relevant des envois de détail, qui est à attribuer au potentiel de trafic de wagons isolés, augmentera à l'avenir de manière plus que proportionnelle par rapport au volume total de transport de fret, passant de 33 % (2005) à 47 % (2050).

Si le fret ferroviaire veut reprendre davantage de flux de fret, qui sinon seraient transportés par route, cela ne sera possible, étant donné les nécessités actuelles dans ce segment de marché, que par une nette amélioration de la compétitivité par rapport au poids-lourd. Cette amélioration passe par l'automatisation de l'exploitation ferroviaire.

5. Un accroissement de la capacité de transport du fret ferroviaire ne peut être obtenu à moyen terme que grâce à une accélération des processus de transport et par le recours à des trains de fret plus longs

La voie royale permettant de traiter les quantités de fret prévisibles pour l'avenir et d'éviter les goulets d'étranglement passe par l'augmentation de la capacité de transport du fret ferroviaire.

A cet effet, il convient d'obtenir :

- l'accélération des processus de transport – accroissement de la vitesse du système et de la vitesse de rotation des wagons et
- la constitution de trains de fret plus longs.

Jusqu'à présent, la vitesse du système routier est 3 à 4 fois plus élevée que celle du fret ferroviaire. En trafic de wagons isolés, cette vitesse est d'env. 18 km/h (comme pour le vélo), en cas de faible trafic sur la relation, d'env. 6 km/h (comme pour une carriole à chevaux). Une accélération des processus de transport permettrait non seulement d'accroître la capacité de transport du fret mais également la compétitivité du fret ferroviaire dans son ensemble par rapport au transport par poids-lourds.

La constitution de trains plus longs contribuerait également pour une large part à un accroissement des capacités. Cette possibilité est cependant soumise à des limites étroites du fait de l'utilisation actuelle d'attelages à vis manuels avec tampons latéraux en trafic ferroviaire fret en Europe. Même dans des conditions favorables, l'attelage à vis manuel ne permet de constituer que des trains de fret jusqu'à une longueur de 700 m ; par contre, avec l'attelage automatique à tampon central, ils peuvent atteindre 1400 m.

6. L'attelage automatique à tampon central (AK) constitue la clé de l'accroissement de la capacité de transport et de l'amélioration de la compétitivité du fret ferroviaire

En Allemagne et en Europe, les wagons sont accouplés jusqu'à aujourd'hui entre eux et avec la locomotive d'après le principe de fonctionnement de l'attelage à vis manuel de 1861. L'accouplement manuel est un travail qui demande du temps, qui est physiquement difficile et dangereux - beaucoup d'agents de manœuvre y ont trouvé la mort et il est également considéré comme un « obstacle fatal » à la rationalisation et à l'automatisation du trafic fret ferroviaire.

Figure 5: Attelage à vis manuel



Source: BG Bahnen [9 – p. 4]

Figure 6: Type d'attelage moderne (C-AKv)

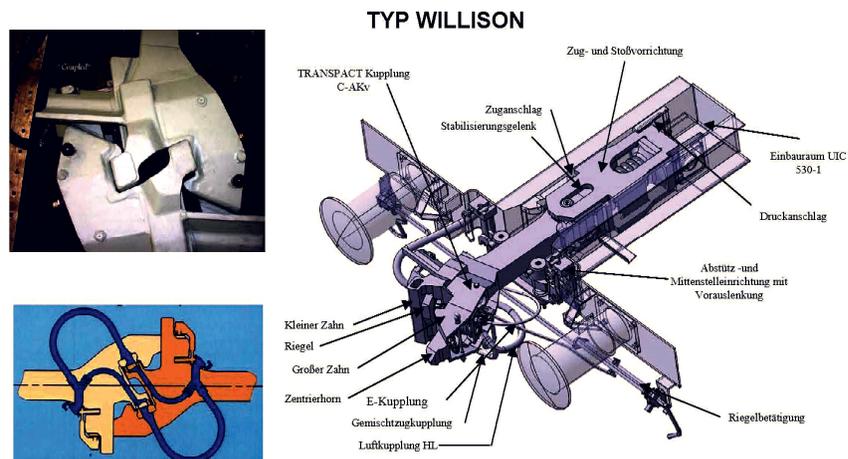


Source: Faiveley Transport

La voie vers l'automatisation (remplacement des opérations manuelles par des processus techniques) passe par l'accouplement et le désaccouplement des wagons à l'aide de l'attelage automatique à tampon central (AK). En prenant pour exemple le nouveau type d'attelage C-AKv, il est possible d'en expliquer les avantages:

- L'attelage C-AKv automatise les procédures d'accouplement et de désaccouplement et entraîne ainsi une accélération de l'ensemble du processus de transport. Ceci permet d'une part une vitesse de système nettement plus élevée et d'autre part une vitesse de rotation plus importante.
- Il autorise des efforts de traction et de compression pour des trains de fret plus lourds et par conséquent plus longs : un doublage de la longueur du train est possible
- Il accouple automatiquement l'alimentation pneumatique et les lignes électriques traversant les wagons (y compris le canal de données).
- L'attelage C-AKv est compatible avec les attelages à vis existants et avec l'attelage russe SA-3 et assure ainsi une phase de transition pour la transformation de tous les wagons.
- Dès que les tampons latéraux pourront être supprimés, à la fin de la phase de transition, l'attelage C-AKv assurera une protection contre les déraillements plus élevée pour des vitesses plus importantes.

Figure 7: Les composants principaux du système d'attelage à tampon central TRANSPACT (C-AKv)



Source: Faiveley Transport

La technique de l'attelage automatique à tampon central est éprouvée et utilisée depuis des décennies dans le monde entier mais pas en Europe. Pratiquement tous les pays du monde disposant d'un réseau ferré sont passés à l'attelage automatique à tampon central pour le trafic fret : USA depuis 1900, Japon depuis 1925, Russie depuis 1935/57, Chine et Inde après 1945.

7. Le passage à l'attelage automatique à tampon central a échoué deux fois en Europe

- (1) Le premier essai a eu lieu en 1956 et a échoué, avant tout parce tous les wagons ne pouvaient pas être équipés progressivement durant une phase de transition mais devraient être équipés sur tout le territoire, quasiment en une nuit, de l'attelage automatique. Cette décision n'a pas trouvé de majorité auprès des compagnies ferroviaires européennes.
- (2) La deuxième tentative date de 1990, peu après les bouleversements politiques en Europe de l'Est, et elle a échoué en raison du manque de financement et du manque de volonté politique. En outre, la solution proposée (attelage automatique seule traction) n'était pas convaincante. L'attelage automatique seule traction ne pouvait transmettre que l'effort de traction et permettait en même temps d'accoupler automatiquement les conduites pneumatiques, les tampons latéraux devant être maintenus pour transmettre les efforts de compression.

L'introduction de l'attelage automatique en Europe requiert fondamentalement l'approbation de tous les réseaux ferroviaires organisés au sein de l'UIC (Union Internationale de Chemins de Fer). Si l'Allemagne, la France et l'Italie se mettaient d'accord sur une nouvelle initiative, les pays plus petits se joindraient à eux.

8. De 1976 à nos jours, environ 500.000 à 600.000 wagons ont été aménagés pour permettre le montage ultérieur de l'attelage automatique à tampon central

Depuis 1976, les fiches UIC prescrivent aux réseaux ferroviaires nationaux européens membres de l'UIC que toutes les constructions nouvelles de wagons satisfassent aux conditions préalables au niveau de la statique et de la construction pour le montage ultérieur de l'attelage automatique. Ces règles UIC restent valables aujourd'hui. Dans l'intervalle env. 500.000 à 600.000 wagons ont été pré-équipés en Europe. Une partie de ces wagons pré-équipés a déjà été retirée du service ou mise à la ferraille en raison de leur âge.

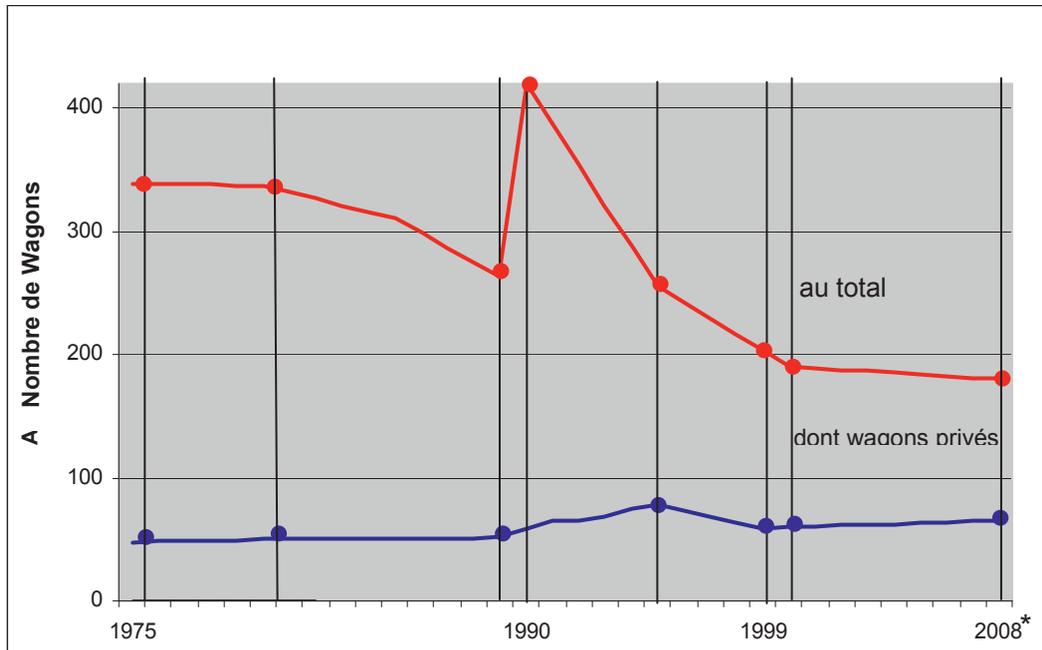
On estime qu'en Europe env. 1,0 bis 1,2 Mrd EUR (env. 2.000 EUR par wagon) ont été dépensés en frais pour le pré-équipement technique destiné au montage ultérieur de l'attelage automatique, env. 500 mio EUR pour la seule Allemagne. Ceci correspond, au moment où une troisième tentative de transformation est lancée, à environ la moitié des coûts d'acquisition et de transformation totaux pour l'attelage automatique. Un énorme investissement à fond perdu si, en fin de compte, cette transformation vers l'attelage automatique à tampon central n'a pas lieu.

9. La troisième tentative de transformation pour passer à l'attelage automatique peut et doit être couronnée de succès

Aujourd'hui les conditions environnantes imposent plus que jamais à l'Europe de faire aboutir ce projet dans le cadre d'une troisième tentative.

- Le nombre de wagons a fortement diminué en Europe. En Allemagne il a diminué de plus que de la moitié entre 1990 (420.000 wagons) et 2008 (180.000 wagons), ce qui permettra également de diviser par 2 le coût des transformations.

Figure 8: Nombre de wagons (y compris wagons privés) en Allemagne



Source: Statistisches Bundesamt, en partie incomplet, non pris en compte. *estimé

- Une nouvelle génération d'attelages automatiques à tampon central, testée et éprouvée (C-AKv), a été développée, ce qui permet une transformation progressive des wagons dans une période transitoire de 5 ans. Ceci permet l'utilisation en parallèle de l'attelage à vis et de l'attelage automatique.
- L'Allemagne qui est maintenant le centre géographique des transports en Europe doit, en tant que plus important prestataire de fret en Europe, jouer un rôle de précurseur.
- Sans attelage automatique et donc sans accélération du processus de transport, les flux croissants de fret à venir sur le rail ne pourront pas être absorbés.

10. En cas de production en grande série de l'attelage automatique, les coûts de transformation seront considérablement réduits

Au total, il faudra équiper en Allemagne env. 180.000 wagons de l'attelage automatique. Au cours d'une phase d'installation de 5 ans, 150.000 wagons anciens devraient être équipés de l'attelage automatique et env. 30.000 wagons neufs être équipés d'origine de l'attelage automatique.

Dans le cadre d'une production en série, le coût unitaire pour l'équipement d'un wagon ancien devrait être nettement inférieur à 8.000 EUR, pour un wagon neuf il devrait être inférieur à 5.000 EUR.

Tab. 1: Wagons transformés, investissements et leur financement par leasing

	1 ^{ère} année	2 ^{ème} année	3 ^{ème} année	4 ^{ème} année	5 ^{ème} année
(1) Wagons transformés (unités)					
- Wagons neufs avec attelage automatique	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000
- Wagons anciens aménagés pour l'attelage automatique	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000
au total	36.000	36.000	36.000	36.000	36.000
cumulé	-	72.000	108.000	144.000	180.000
(2) Investissements en mio EUR					
- 6.000 à 5.000 EUR (wagons neufs)	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0
- 30.000 à 8.000 EUR (wagons anciens)	240,0	240,0	240,0	240,0	240,0
au total	270,0	270,0	270,0	270,0	270,0
cumulé	-	540,0	810,0	1.080,0	1.350,0
(3) Traités de leasing en mio EUR p. a.					
pour la 1 ^{ère} année	19,9	19,9	19,9	19,9	19,9
pour la 2 ^{ème} année	-	19,9	19,9	19,9	19,9
pour la 3 ^{ème} année	-	-	19,9	19,9	19,9
pour la 4 ^{ème} année	-	-	-	19,9	19,9
pour la 5 ^{ème} année	-	-	-	-	19,9
Au total mio EUR	19,9	39,8	59,7	79,6	99,5
(4) Financement cumulé jusqu'à la 5 ^{ème} année, au total en mio EUR					298,5

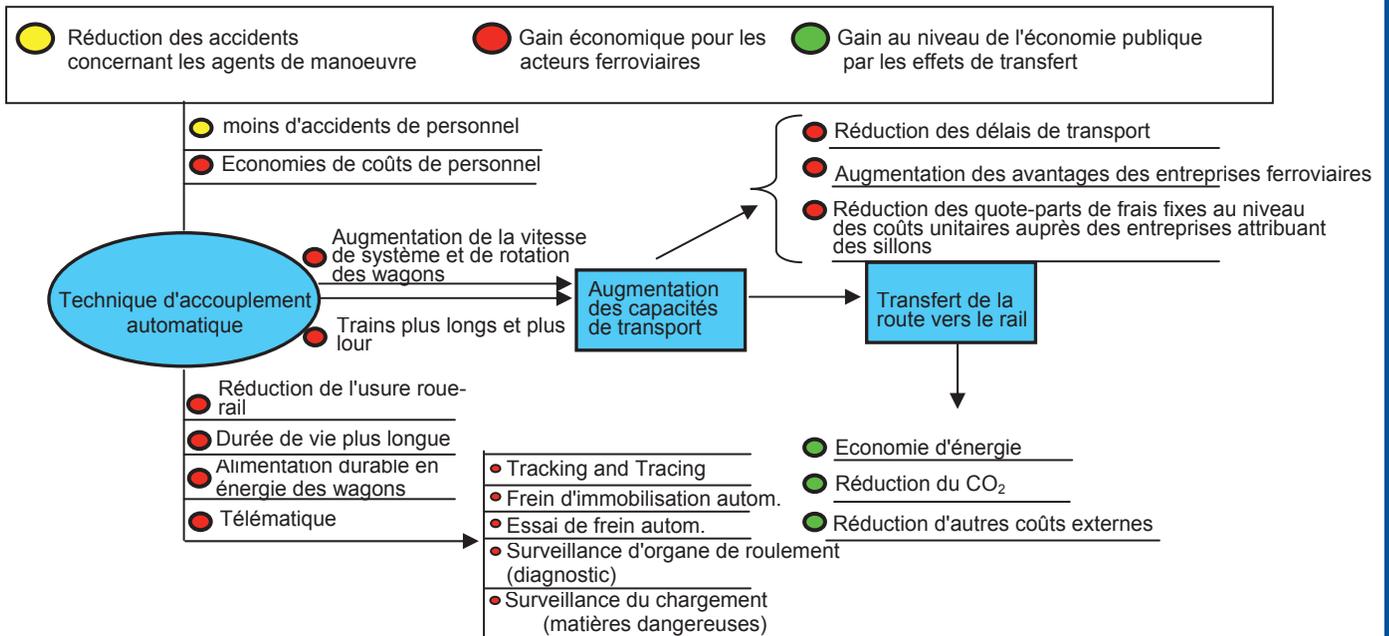
Au total, les investissements pour l'équipement de tous les 180.000 wagons s'élèveraient à env. 1.350 mio EUR. En cas de financement par leasing sur une période de 22,5 ans (90 % de la durée de dépréciation pour amortissement), les dépenses annuelles (frais de leasing) pour l'équipement de l'ensemble du parc de wagons s'élèveraient à 99,5 mio EUR à partir de la cinquième année pour la durée de location de base de 22,5 ans (90 % de la durée de dépréciation pour amortissement). Au cours de la phase de transformation, les traités annuels de leasing passeront de 19,9 mio EUR la première année à 99,5 mio EUR la cinquième année. Le financement de départ cumulé jusqu'à la fin de la transformation s'élève au total à 298,5 mio EUR.

11. Aperçu des composantes essentielles du gain économique de l'attelage automatique

Les composantes les plus importantes du gain économique sont les suivantes:

- Composantes du gain économique au niveau de l'exploitation dont les acteurs ferroviaires peuvent tirer profit de manière directe ou indirecte en cas d'introduction de l'attelage automatique : accroissement de la capacité de transport grâce à une augmentation de la vitesse du système, de la vitesse des rotations de wagons et à la constitution de trains plus longs, moins d'accidents concernant les agents de manœuvre, économies de coûts de personnel, diminution de l'usure roue/rail, durée de vie plus longue de l'attelage automatique, télématique etc. et les
- composantes du gain pour l'économie publique qui, du fait de l'accroissement de la capacité de transport du fret ferroviaire peuvent entraîner un transfert des flux de transport de la route vers le rail : économies d'énergie, réduction des émissions de CO₂, réduction d'autres coûts externes du trafic fret ferroviaire.

Figure 9: Aperçu des composantes du gain économique au niveau des entreprises et de l'économie publique



12. L'utilisation de l'attelage automatique augmente d'au moins 30 % la capacité de transport du fret ferroviaire

D'après les calculs réalisés, l'utilisation de l'attelage automatique augmente la capacité de transport du fret ferroviaire

- d'au moins 20 % par suite de l'accélération des processus de transport du fait de l'augmentation de la vitesse du système ¹⁾ et des rotations de wagons ²⁾ et
- d'au moins 10 % du fait de la possibilité technique de faire circuler des trains plus longs et plus lourds.

La conjonction des deux effets entraîne une nette extension de la performance/capacité du système, de l'ordre de 30 % et plus, ainsi que, du fait de l'accélération, une nette amélioration de la compétitivité du fret ferroviaire par rapport au transport routier. De ce fait, une partie des trafics fret futurs, qui sinon devraient être réalisés par la route, peuvent être transférés vers le rail.

13. L'accroissement de la capacité de transport assure des avantages/gains économiques considérables

A la fin de la phase de transformation, les calculs indiquent, pour une durée d'utilisation de l'attelage automatique de 30 ans, des valeurs du gain économique d'au moins 586 mio EUR par an. Le calcul du gain économique a été effectué sur une base prudente (variante minimale).

1) Trajet (km) divisé par le temps écoulé entre le chargement et le déchargement.

2) Nombre des missions productives d'un wagon multiplié par la longueur moyenne de transport (km) par an.

La quote-part de loin la plus importante revient ici aux avantages qu'offre un accroissement de 30 % de la capacité de transport du fait de l'utilisation de l'attelage automatique. Il en résulte pour le fret ferroviaire des avantages annuels au niveau de l'entreprise de 417 mio EUR au total¹⁾.

Les autres avantages résultent entre autres des économies de coûts de personnel (120 mio EUR), des économies du fait de la réduction de l'usure des essieux (25 – 37 mio EUR) et de la durée de vie plus longue de l'attelage automatique (18 mio EUR). L'attelage automatique constitue en outre une technologie-clé avec des chaînes de création de valeur multiples qui en résultent (télématique).

Tab. 2 : Résumé des valeurs monétaires du gain économique résultant de l'introduction de l'attelage automatique – mio EUR –

		Gain économique au niveau de l'exploitation 2005 / 2007	Gain au niveau de l'économie publique 2007
1	Réduction du nombre d'accidents concernant les agents de manœuvre	n. d.	n. d.
2	Economies de coûts de personnel	120 (2005)	--
3	Réduction de l'usure roue/rail	(25 – 37)* (2007)	--
4	Gain économique au niveau de l'exploitation résultant de l'accroissement de la capacité de transport - Railion - entreprises ferroviaires privées - attributaires de sillons du fait de la durée de vie plus longue	225 (2007) 192 (2007) n. d. 18 **	-- -- n. d. --
5	Gain économique au niveau de l'économie publique résultant du transfert du transport vers le rail - consommation d'énergie - émissions de CO ₂ - réduction d'autres coûts externes	-- -- --	1.050 333 767
6	Valeurs du gain économique de l'attelage automatique au total	580 – 592	2.150

n. d. = non déterminé;

* = estimé, (uniquement réduction de l'usure des essieux)

** = estimé

14. Les gains pour l'économie publique sont trois à quatre fois plus importants que les gains économiques pour l'entreprise

Il faut ajouter à cela le gain considérable pour l'économie publique résultant du transfert d'une partie du trafic fret de la route vers le rail. L'extension des capacités résultant de l'augmentation de la vitesse du système et de la constitution de trains plus longs fait en sorte que le gain pour l'économie publique est, avec 2.150 mio EUR, environ 3,7 fois plus élevé que le gain économique pour l'entreprise (586 mio EUR). La tranche la plus importante du gain pour l'économie publique est l'économie d'énergie (1.050 mio

1) Si l'on parvient à augmenter la vitesse du système non plus de 20 % – hypothèse retenue lors du calcul du gain économique - de 18 à 21,6 km/h (variante minimale), mais de 100 % à 36 km/h – une valeur tout à fait réaliste (à titre de comparaison, pour le poids-lourd elle est d'env. 64 km/h), les avantages annuels au niveau de l'exploitation seraient presque quatre fois plus élevés, avec 1.529 mio EUR par rapport à 417 mio EUR. Ceci montre le fort effet de levier qu'exerce l'accroissement de la capacité de transport sur les avantages obtenus.

EUR) par an. Mais la réduction des coûts annuels par la diminution des effets externes (émissions de CO₂) est considérable.

15. Retour sur investissement extrêmement élevé (ROI)

L'investissement dans l'attelage automatique permet au fret ferroviaire d'obtenir un retour sur investissement (ROI) extrêmement élevé. Après trois bonnes années, les coûts d'investissement seront amortis du point de vue de l'économie de l'entreprise (variante minimale). En face de l'investissement total unique de 1.350 mio EUR, on trouve, à partir de la 1ère année après la fin de la transformation des wagons et pour une durée de 30 ans, des gains du point de vue de l'économie d'entreprise d'au moins 586 mio EUR par an (marge brute I). Déjà après deux ans, les investissements globaux sont couverts par les seuls gains obtenus au niveau de l'économie d'entreprise.

Tab. 3: Comparaison entre les coûts d'investissement et les gains du point de vue de l'économie d'entreprise et de l'économie publique (cumulés) – mio EUR –

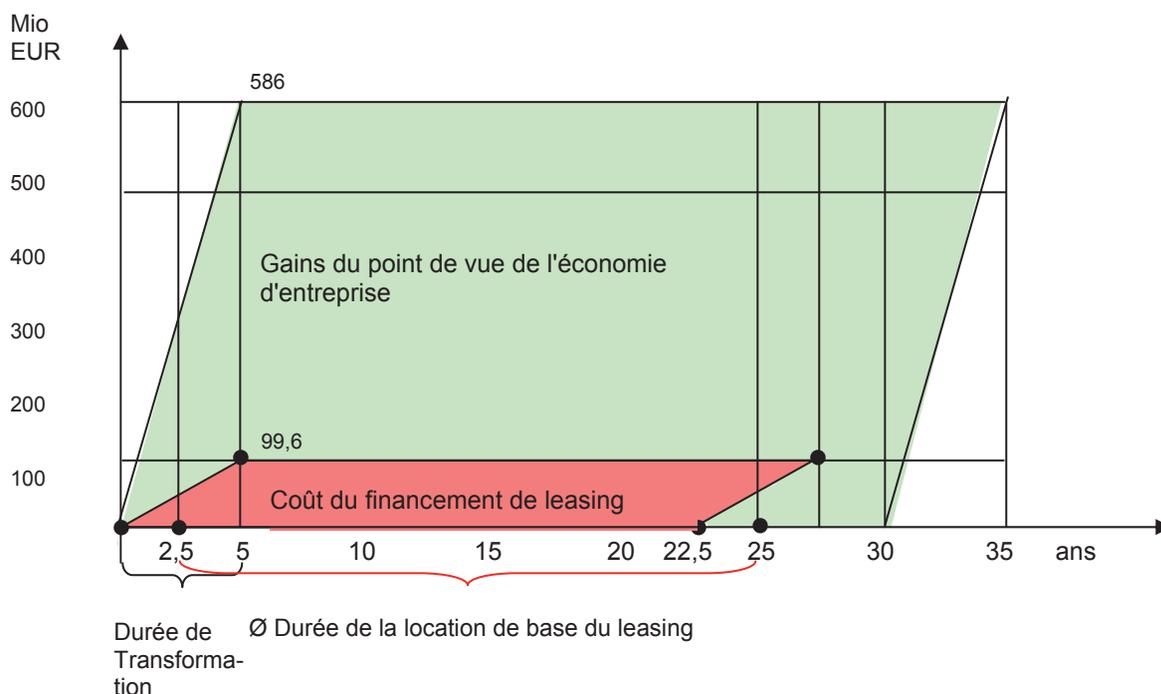
	Durée d'utilisation de l'attelage automatique					
	1 an	2 ans	3 ans	4 ans	5 ans	30 ans
Coûts d'investissement	- 1.350	- 1.350	- 1.350	- 1.350	- 1.350	- 1.350
Gains du point de vue de l'économie d'entreprise	+ 586	+ 1.172	+ 1.758	+ 2.344	+ 2.930	+ 17.580
Marge brute I	- 764	- 178	+ 408	+ 994	+ 1.580	+ 16.230
Gains du point de vue de l'économie publique	+ 2.150	+ 4.300	+ 6.450	+ 8.600	+ 10.750	+ 64.500
Marge brute II	+ 1.386	+ 4.122	+ 6.858	+ 9.594	+ 12.330	+ 80.730

Si, dans le cadre de la comparaison coût/gain économique, on ajoute aux gains concernant l'entreprise les gains obtenus du point de vue de l'économie publique (marge brute II), les investissements globaux ne sont pas seulement amortis dès la première année d'utilisation de l'attelage automatique mais il en résulte même un excédent de 1.386 mio EUR.

16. Dans le cadre d'un financement par leasing du projet d'investissement, on obtient dès la première année d'utilisation des bénéfices excédentaires élevés du point de vue de l'économie d'entreprise

En cas de financement par leasing du projet d'investissement sur une durée de la location de base (durée du contrat de leasing) de 22,5 ans (90 % de la durée de dépréciation pour amortissement), il en résulte des traites annuelles de leasing d'un montant de 99,6 mio EUR. Si l'on oppose aux coûts de financement les gains économiques pour l'entreprise, il en résulte, dès la première année d'utilisation, des bénéfices excédentaires au niveau de l'entreprise de 486,4 mio EUR. Il en résulte annuellement, pour la durée de la location de base et au total, un rapport entre le gain du point de vue de l'économie d'entreprise et le coût du leasing d'environ 5 : 1.

Figure 10: Comparaison entre les traites annuelles de leasing et les gains annuels du point de vue de l'économie d'entreprise



En tenant compte des gains du point de vue de l'économie publique, l'ensemble des bénéfices excédentaires annuels s'élève à 2.636 mio EUR (montant total des gains par rapport aux coûts de leasing 27,5 : 1).

17. Conclusion

Les gains du point de vue de l'économie d'entreprise et de l'économie publique représentent plusieurs fois le montant des coûts d'investissement pour l'automatisation du trafic fret ferroviaire par la mise en place de l'attelage automatique. Grâce à l'automatisation de la constitution et de la dissolution des rames, le fret ferroviaire va subir une considérable poussée de rationalisation, qui va entraîner un bouleversement dans le cadre du trafic fret ferroviaire européen. D'autres innovations avec des avantages multiples, comme dans le domaine de la télématique, en résulteront.

Les calculs ont à chaque fois été réalisés en prenant des hypothèses prudentes, très probablement les gains/avantages à prévoir sont nettement supérieurs.

L'implémentation de l'attelage automatique est une tâche européenne.

Les ministres des transports nationaux des états européens, les compagnies ferroviaires nationales, l'Union Européenne ainsi que l'UIC sont appelés à se pencher à nouveau sur la question de l'automatisation du fret ferroviaire par le recours à l'attelage automatique, question existentielle pour le chemin de fer, afin de permettre au trafic fret ferroviaire européen de connaître une renaissance.

La première étape consisterait à réaliser dans ce cadre une analyse de rentabilité complète concernant les réseaux européens dans leur ensemble. Le commanditaire pourrait en être l'UE.

The Automatic Centre Buffer Coupler (ACBC)

The key to automating rail freight transport in Europe

Cost-Benefit Analysis



Prof. Dr. rer. pol. Bernhard Sünderhauf

April 2009

About the author

Bernhard Sünderhauf is an emeritus professor of business economics whose specialist fields are tourism and transport. After studying economics and gaining a doctoral degree in the same field, he headed numerous transport research projects including projects sponsored by the German Federal Ministry of Transport. Some of the results of his research work have been published in volume 37 (*Long-term trends in freight traffic between Northern Europe and continental Western Europe*) and volume 46 (*Forecasting developments in cross-border traffic in the Federal Republic of Germany*) of the series issued by the German Federal Ministry of Transport. He was also the initiator and part-owner of *Railship AG*, a company that developed and operated a combined railway/ferry service with special freight wagons between Hangö in Finland and Travemünde in Germany. He later founded and was managing director of *Cargo Waggon GmbH*, which has now been taken over by GE. He is currently managing director of *Altaplan Leasing GmbH* with offices in Grünstadt and Cologne, Germany.

This study was financed and published by:

ALTAPLAN LEASING GmbH
Grünstadt – Cologne

Obersülzer Str. 35 c
67269 Grünstadt
Germany
Tel.: +49 (0)6359 943880
Fax: +49 (0)6359 9438829

Grünstadt, April 2009
ISBN: 978-3-940900-14-2

This material is protected by copyright. It may be reprinted only if the original source is named. This material may be copied, reprinted or translated provided that it is not distributed for commercial purposes. All the information provided is accurate to the best of our knowledge at the time of publication. However, this information is provided 'as is' without warranty of any kind. The photographs of the ACBC on the cover and in the body of the text were kindly provided by Faiveley Transport S.A.

Foreword

I first encountered the automatic centre buffer coupler in the 1970s in my role as founder and former managing director of Cargowaggon GmbH, a company that specialised in leasing and managing railway freight wagons in Europe. At that time, all new freight wagons ordered in Europe had to be designed and constructed to allow the easy retrofitting of the wagon with the automatic centre buffer coupler.

Most of the wagons built over thirty years ago to accommodate the centre buffer coupler – including the high-capacity sliding-side wagons and flat wagons managed by Cargowaggon GmbH – have now been taken out of service or have been scrapped. In the three decades that have elapsed, the European railways have failed to reach a common agreement regarding the introduction of the automatic centre buffer coupler in the European freight railway network.

In this study we present a cost-benefit analysis that demonstrates the enormous economic benefits of this technology and aims to give fresh impetus to achieving its rapid implementation and use in the rail freight sector. In the light of current economic conditions, now is the ideal time to introduce the automatic coupler system.

The changes wrought by the global economic and financial crisis of 2008/09 offer an opportunity for a reappraisal of the direction to be taken in transport policy. The growth in freight volumes expected after the current economic crisis has ended can only be borne in part by road transport. Transport policy must therefore aim for a substantial increase in the performance capabilities of rail freight services. This, in turn, will require a comprehensive programme of modernisation and automation in the rail freight sector.

The automatic centre buffer coupler has a key role to play and it is now time that it finally replaces the manual coupling of freight wagons that has been in use in Europe since 1861.

Germany, the country with the largest freight railway network in Europe, can and must play a pioneering role in achieving this goal.

Bernhard Sünderhauf

Clever Str. 32A

50668 Köln

Germany

Tel: 02 21-72 22 14

Fax: 02 21-72 20 14 3

E-mail: prof-suenderhauf@altaplan.de

I am indebted to a number of railway technology professionals for their assistance, in particular to the expert advice given to me by Mr Jörg Bensch.

The manuscript was edited by Professor Hildegund Kravets and Mr Bernd Oliver Sünderhauf.

The complicated arrangement of texts, tables and diagrams were expertly transposed into electronic and paper form thanks to the skills and proficiency of Ms Alexandra Hüniger.

The Automatic Centre Buffer Coupler (ACBC)

The key to automating rail freight transport in Europe

Cost-Benefit Analysis

	Page
Content	
Abstract	35
Executive summary	37 - 50
Full version	79 - 156
I. Scope and objectives of the study	80
II. The competitive position of rail freight in the freight transport markets of the future	82
1. Review of the development of freight transport in Germany	82
2. The projected development of freight transport in Germany until 2025/2050	86
3. Changes in freight structures	88
4. Capacity bottlenecks in road and rail freight infrastructures	90
5. Carbon emissions of road and rail freight transport systems	93
III. Large increases in future traffic volumes, changing freight structures and high levels of carbon dioxide emissions necessitate a major reorientation in rail freight transport	96
1. Structural changes on the demand and supply sides	96
2. Negative developments in the rail freight sector	97
3. The quality of rail freight transport has deteriorated relative to that of road freight services	100
4. The rail freight sector needs to reposition itself to provide broad-based freight transport services	102
IV. Coupling technologies used in European rail freight transport (UIC member states)	105
1. Freight-wagon coupling is essential for forming trainsets	105
2. The automatic centre buffer coupler is the key to automating rail freight transport	111
3. Previous attempts to introduce the ACBC system in Europe (UIC member states)	115

V.	Cost-benefit analysis of the investment project “Introduction of the ACBC in rail freight transport in Germany”	120
1.	Assumptions	120
1.1	Assessment from a business/commercial perspective and in terms of the economy as a whole	120
1.2	Incremental vs. all-at-once introduction	120
1.3	Timeframe of cost-benefit analysis and data pool	120
2.	Cost analysis	121
2.1	Itemised costing of retrofitting the ACBC system	121
2.2	Rolling stock conversion potential	122
2.3	Total investment costs in the conversion phase and the financing of these costs	125
3.	Analysis of benefits	127
3.1	Overview of the most important benefits	127
3.2	Detailed business analysis of cost savings	128
3.2.1	Reduction of accident numbers	128
3.2.2	Labour cost savings	128
3.2.3	Less wear on wheelsets and rails	129
3.2.4	Longer service life of the ACBC	132
3.3	Business/commercial benefits arising from improved transport performance	133
3.3.1	Improved transport performance as a result of increasing the system speed and shortening the wagon turnaround time	133
3.3.2	Increased transport performance as a result of deploying longer trains	137
3.3.3	The economic consequences of improved rail freight transport performance resulting from a higher system speed, a shorter wagon turnaround time and the use of longer and heavier trains	139
3.3.3.1	The minimal model of improved transport performance resulting from faster transport processes and the deployment of longer trains	139

3.3.3.2	The business and commercial benefits to railway sector stakeholders	140
3.4	The benefits to the overall economy from shifting freight transport from road to rail	143
3.4.1	Reduced energy consumption and lower carbon emissions	143
3.4.2	The benefits to the economy as a whole from the reduced external costs that result from transferring more freight onto the rails	146
3.5	The ACBC as the innovation driver for other benefit chains	148
3.6	Summary of business/commercial benefits and broader economic benefits	152
4.	Cost-benefit accounting	154
4.1	Investment appraisal (ROI analysis)	154
4.2	Investment financing by leasing	155
4.3	Conclusion	156
Bibliography		157 - 160

The Automatic Centre Buffer Coupler (ACBC)

The key to automating rail freight transport in Europe

Cost-Benefit Analysis

Abstract

A cost-benefit analysis is conducted to study the advantages that are expected to accrue from gradually re-equipping all German railway freight wagons with the automatic centre buffer coupler (ACBC). Since 1861, freight wagons in Germany have been coupled together by hand, with the brake pipes and electrical connections also being coupled manually. The wagons are also equipped with two stabilising side buffers. Except in Europe, the manual screw coupling and draw hook system has long since been replaced by the automatic centre buffer coupler (USA: 1893–1900; Japan: 1925; Soviet Union: 1935–1957). Despite the fact that nearly all freight wagons in Europe have been designed to accommodate the ACBC, the freight railway operators in Europe have consistently failed to reach agreement regarding the introduction of the new coupling system. The automatic centre buffer coupler is a single centrally positioned buffer coupler that is controlled directly by the locomotive driver and that enables the wagons and the air pipes and electrical lines to be coupled fully automatically, i.e. without the need for shunting personnel. The ACBC system also dispenses with the need for side buffers.

The automatic centre buffer coupler saves time, increases the system speed, shortens wagon turn-around times, and enables the formation of longer trainsets, thus improving the transport performance (capacity) of rail freight services and reducing labour and material costs. Analyses of how freight traffic has developed in the past and forecasts of expected freight traffic developments up until 2050 have highlighted future transport bottlenecks particularly in the road transport sector, and predict increasing levels of energy consumption and carbon dioxide emissions. Statistically verified calculations comparing the projected costs and the expected benefits of converting all freight wagons in Germany to the ACBC system yield incontrovertible evidence of the significant advantages that the system offers for rail freight businesses and for the economy as a whole. Model calculations are performed to determine the costs of financing conversion to the ACBC system by leasing.

The major reorientation required in transport policy involves shortening rail freight transport times through automation and modernisation. This in turn will reduce the burden on the roads while contributing to climate protection goals and providing real benefits to businesses and the overall economy.

Bernhard Sünderhauf

Cologne 2009

Keywords

Automatic centre buffer coupler – railway technology – rail freight transport – cost-benefit analysis – transport performance – system speed – train length – climate protection – energy consumption – telematics – transport policy – financing by leasing

The Automatic Centre Buffer Coupler (ACBC)

The key to automating rail freight transport in Europe

Cost-Benefit Analysis

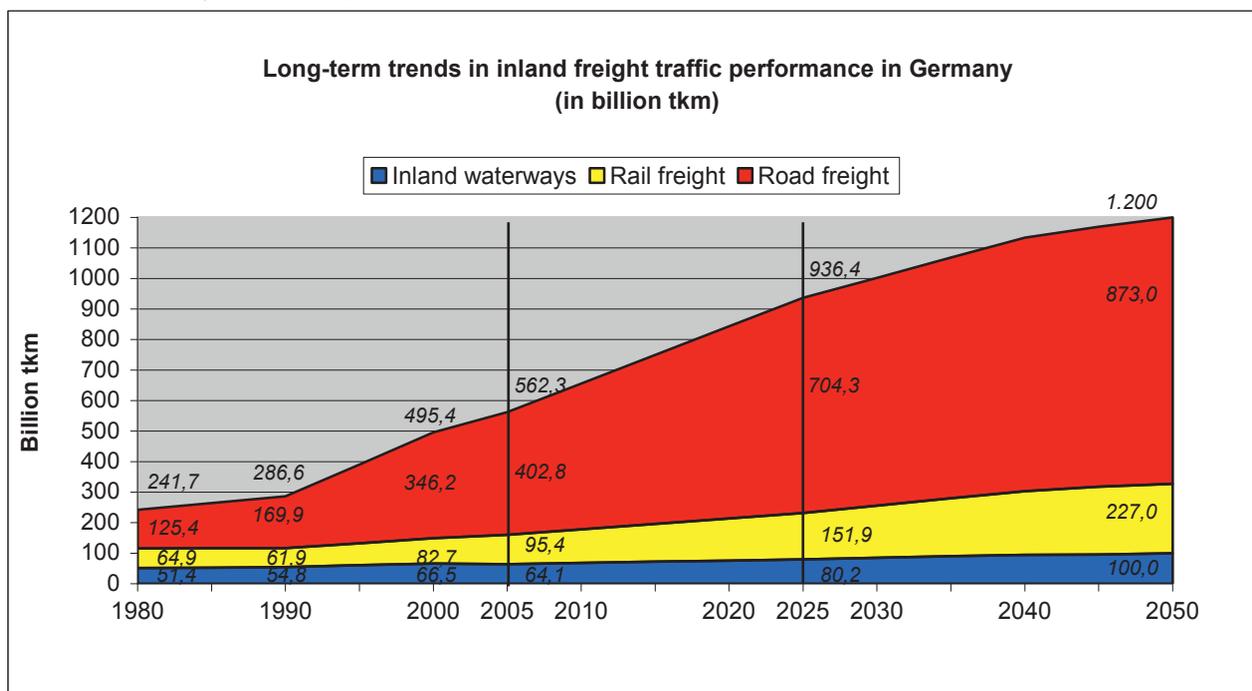
Executive Summary

Bernhard Sünderhauf

1. Demand for freight transport in Germany will have more than doubled by 2050

According to all the forecasts commissioned by the German Federal Ministry of Transport, demand for freight transport services (measured in tonne kilometres) is expected to continue to grow strongly in the future. Inland freight transport in Germany is projected increase by more than +113%, i.e. to more than double, by the year 2050. Cross-border freight traffic is forecast to grow by +163%, while freight carried on transit routes is expected to increase almost threefold (+189%). Since reunification, Germany has become Europe's geographical traffic hub.

Fig. 1: Long-term development of inland freight transport in Germany in tonne-kilometres (tkm) (inland waterway, rail, road) from 1980 to 2050



Source: DIW Verkehr in Zahlen 2006/07 [*Transport in Figures, published by DIW Berlin*], data for 2025 (see 2 – p. 213), for 2050 (see 3 – p. 118)

Forecasts indicate that the modal split will shift to the detriment of inland waterway traffic, with road freight rising from 71.6% in 2005 to 72.8% in 2050 and rail-borne freight increasing from 17.0% to 18.9% in the same period.

Road freight transport (in tkm) is expected to grow by +117% in the forecast period. The expected growth in rail freight of +138% is even greater than that projected for road freight transport.

2. The continued substantial growth in freight traffic volumes (in tkm) will lead to drastic congestion in the road and rail networks

Doubling road freight traffic flows (+117%) will inevitably lead to major disruptions and uncontrollable conditions on the roads. This will have a significant detrimental effect on just-in-time manufacturing by German companies and could cause production to break down completely in high-density urban areas.

About 64 % of industrial companies in Germany operate just-in-time production facilities and around 70 % of all just-in-time products are transported as road freight with 17 % carried by rail. The rising frequency of bottlenecks within the German transport infrastructure is making Germany less attractive as a business and industrial base.

Bottlenecks affecting major arteries within the rail freight network are expected if the network has to cope with a projected increase of +138 % in rail freight traffic by the year 2050 (see fig. 4). The construction of new parallel lines to be used exclusively by freight traffic is only possible for a few of these main rail arteries.

Fig. 2: Areas of projected growth and contraction in the German inland road transport network by 2020

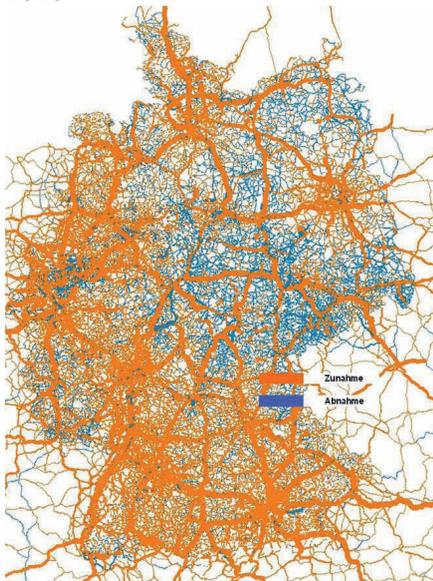


Fig. 3: Expected growth in road freight transit traffic in Germany by 2020

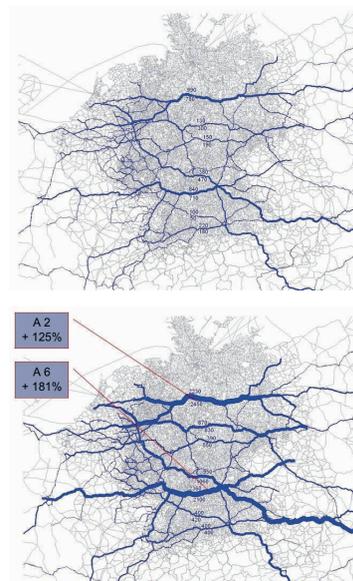
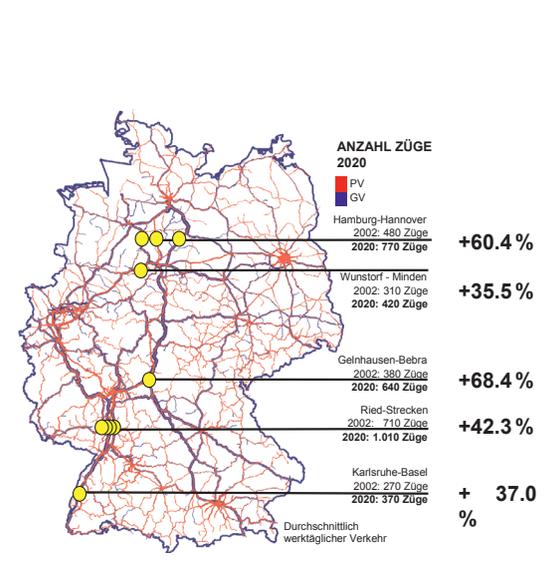


Fig. 4: Main rail transport routes in Germany. Growth in number of trains expected by 2020



Source (figs. 2, 3 and 4): "Mobilität 2020 – Perspektiven für den Verkehr von morgen" [*Mobility 2020 – Prospects for the traffic of tomorrow*], acatech, Stuttgart, 2006

3. High levels of energy consumption and high carbon emissions from road freight traffic are raising the pressure to shift more freight cargo from road to rail

To meet future demand, rail freight capacity needs to be improved for the following reasons:

- (1) The continued rapid growth in freight traffic volumes (tkm) is imposing a burden on both road and rail transport infrastructures.
- (2) The increasingly serious problems associated with bottlenecks within the road transport network can only be ameliorated if some freight flows are transferred from road to rail and if the rail freight infrastructure provides the necessary freight carrying capacity.

(3) Environmental considerations (saving energy and reducing CO₂ emissions) further underscore the urgency of the need to shift more freight traffic onto the rails. Fossil fuel consumption and therefore the associated CO₂ emissions from road freight are at least 4.6 times higher per tonne kilometre than for rail freight.

If more freight is to be shifted from road to rail in future, there will need to be a significant improvement in the freight transport performance and capacity of the rail freight sector.

4. The main potential growth areas in the rail freight sector are single wagonload and intermodal transport

There is significant demand for single wagonload and intermodal transport services in both the inland and cross-border market segments in Germany and this potential needs to be developed by rail freight providers.

The last few decades have seen freight railway companies in Germany gradually withdraw from providing broad geographical rail freight coverage, with single wagonload services suffering particular neglect. Around 70% of all private sidings have been decommissioned since 1990. Railway operators chose instead to concentrate on block train traffic and to a lesser extent on intermodal transport. However, there are limits to how much further block train traffic can be increased, and compared to road freight traffic, intermodal transport is generally too costly to be effective. The market for single wagonload transport in contrast has been growing from year to year. The fraction of goods that can potentially be carried as part loads in single wagonload traffic is projected to grow at a disproportionately fast rate, increasing from the 33% of total freight volumes in 2005 to an estimated 47% by 2050.

If rail freight providers want to carry more of the cargo currently being transported by road, then in the light of current market conditions, rail freight services will have to become significantly more competitive relative to road haulage solutions. Improved competitiveness will be achieved by automating railway operations.

5. Increasing the transport performance (capacity) of rail freight can only be achieved over the medium-term by speeding up transport processes and by deploying longer freight trains

The most effective means of coping with future freight volumes and of avoiding bottlenecks is by increasing the transport performance (capacity) of rail freight services.

This requires:

- speeding up transport processes by raising the system speed and shortening wagon turnaround times, and
- forming longer freight trains.

Currently, the system speed of road freight services is three to four times greater than that of rail freight. The average speed of single wagonload rail freight traffic in Germany is currently about 18 km/h (similar to the speed of a bicycle), while on routes carrying very low freight volumes, speeds are typically only about 6 km/h (similar to a horse-drawn carriage). Speeding up transport processes would not only raise the transport performance (capacity) of rail freight but would also improve the overall competitiveness of rail freight services relative to road transport.

Longer freight trains would also contribute significantly to increasing freight-carrying capacity. However, the formation of longer freight trains is severely limited at present due to the continued use of the manual screw couplings and side buffers that are still in use on Europe's rail freight networks. Even under the most favourable conditions, wagons fitted with manual screw couplers can only be joined to form freight trains with lengths of about 700 m. If the automatic centre buffer coupler was used, freight train lengths up to 1400 m would be possible.

6. The automatic centre buffer coupler (ACBC) is the technological key to increasing the transport performance (capacity) and improving the competitiveness of rail freight transport

Freight wagons in Germany and Europe are still being coupled to the locomotive and to one another using the same principle of manual screw coupling that was introduced in 1861. Manual coupling is time-consuming, physically demanding and hazardous work and numerous shunters have lost their lives performing this work. Manual coupling is also regarded as a "fatal barrier" to rationalisation and automation of the rail freight sector.

Fig. 5: Manual screw coupling



Source: BG Bahnen [9, p. 4]

Fig. 6: A modern automatic coupler (C-AKv)

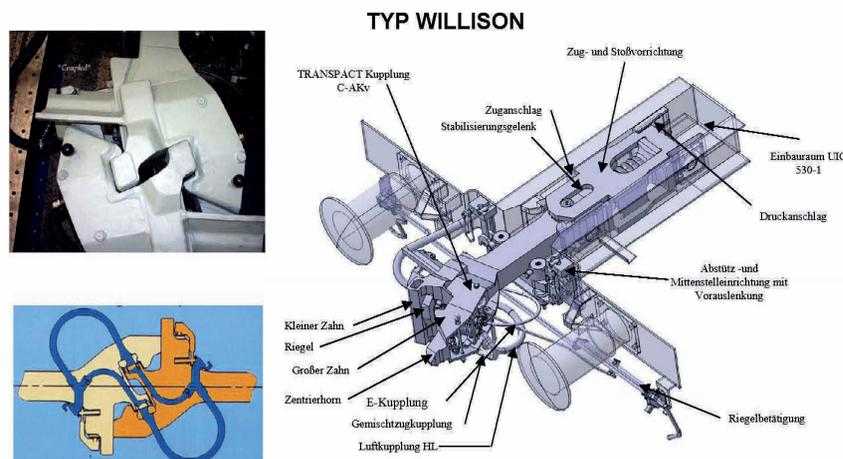


Source: Faiveley Transport

Automation is achieved by replacing manual operations by technical processes. In this case, the automatic centre buffer coupler (ACBC) facilitates the automatic coupling and decoupling of rolling stock. The advantages of the ACBC system can be illustrated by the recently developed C-AKv coupler:

- The C-AKv coupler automates the wagon coupling and decoupling procedures and therefore speeds up the entire transport process. This results in a significantly higher system speed and a shorter wagon turnaround time.
- The automatic coupler enables greater drawing and buffing forces to be used for heavier and therefore longer freight trains, making a doubling of current train lengths possible.
- The C-AKv coupler also enables the automatic coupling of the brake pipe and the electrical lines (including data transmission cables).
- The C-AKv coupler is compatible with existing screw coupling systems and the Russian SA-3 coupler and thus guarantees a transition period during which all freight wagons can undergo conversion.
- Once the transition period is over and all side buffers have been removed, the C-AKv coupler will also offer greater derailing protection at higher running speeds.

Fig. 7: The main components of the C-AKv automatic centre buffer coupler system



Source: Faiveley Transport

ACBC technology is tried and tested and, with the exception of Europe, has been in use around the world for several decades. Nearly all of the major railway nations have freight traffic rolling stock that is fitted with automated centre buffer couplers: the USA since 1900, Japan since 1925, Russia since 1935/57, China and India since 1945.

7. Attempts to convert to the ACBC system in Europe have failed twice

- (1) The first attempt in 1956 failed mainly because the proposal at the time was to convert all freight wagons to the ACBC system essentially “overnight” rather than introducing the new system gradually during a transitional period. With Europe still split politically at the time, there was little support for this proposal among Europe’s railway companies.
- (2) The second attempt in 1990, shortly before the political upheaval in Eastern Europe, failed because of the lack of funding and the lack of political will. The technical solution proposed at the time (Z-AK) was also not without its problems. The Z-AK coupler, while able to connect the main air pipe automatically, was only able to transmit tractive (i.e. drawing) forces with the side buffers still needed to transmit compressive (i.e. buffing) forces.

An ACBC system can only be introduced if there is agreement between all of the European national railway companies organised within the UIC (International Union of Railways). If Germany, France and Italy could agree on a new initiative, the other smaller countries would follow suit.

8. Between 1976 and the present a total of around 500,000 to 600,000 rail freight wagons in Europe have been designed and built to accommodate subsequent installation of the ACBC system

Since 1976, national railway companies in Europe have had to comply with the provisions of the UIC leaflets requiring all newly built freight wagons to meet the static load and engineering design specifications for the subsequent installation of the automatic coupler. This UIC requirement remains valid today. Since the introduction of this requirement, a total of between 500,000 and 600,000 freight wagons have been built for retrofitting with an ACBC system. However, some of these wagons have already come to the end of their useful service life and have already been decommissioned or scrapped.

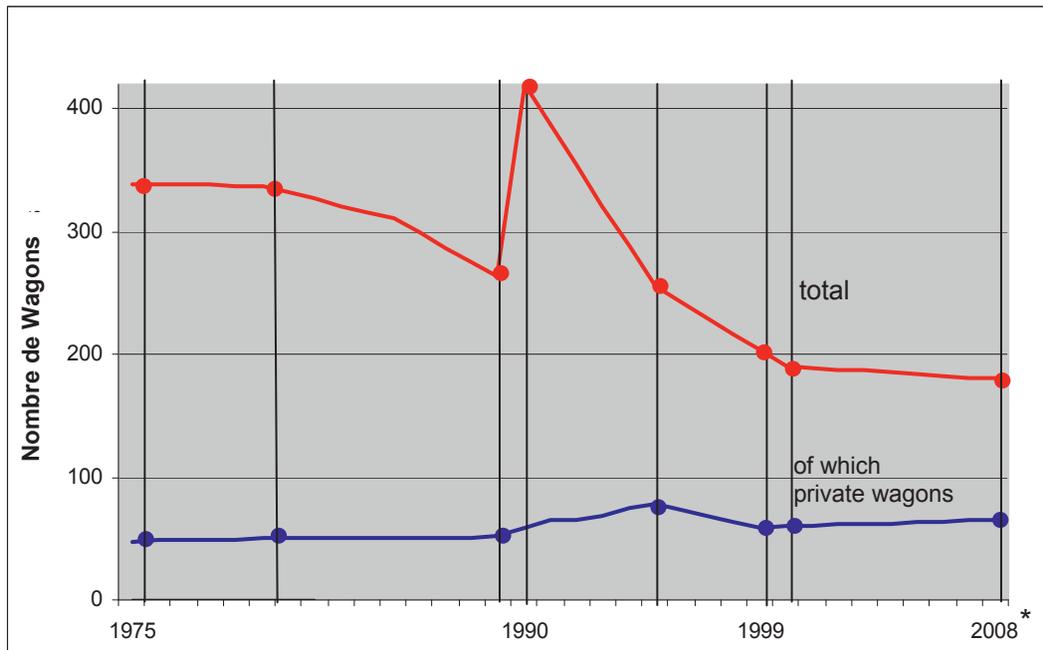
Preparing a freight wagon for subsequent installation with an ACBC system costs about 2000 EUR per wagon. Europe has therefore already spent about €1.0bn to €1.2bn for this purpose, with costs in Germany alone totalling around €500m. By the time a third attempt to introduce an automatic centre buffer coupler in Europe is made, the costs accumulated will already equal about half of the total procurement and conversion costs needed for an ACBC system. Failure to agree the introduction of the ACBC system would represent a massive misinvestment of resources.

9. The third attempt at converting to the ACBC system must and will succeed

Conditions for a third attempt at introducing the automatic centre buffer coupler in Europe are currently more favourable than ever before:

- The number of freight wagons in Europe has fallen sharply. In Germany, the number of freight wagons has more than halved from 420,000 in 1990 to 180,000 in 2008; essentially halving conversion costs.

Fig. 8: Number of freight wagons (including privately owned wagons) in Germany



Source: Statistisches Bundesamt [*Federal Statistical Office*], some data incomplete or not available.
*estimated

- A new, fully tried and tested generation of automatic couplers (C-AKv) has now been developed that enable the conversion of existing rolling stock to be carried gradually over a period of five years. During this transitional period, screw coupling systems and automatic centre buffer couplers can be used in parallel.
- Geographically, Germany is the current transport centre of Europe and as the country with the largest freight traffic volumes in Europe, Germany can and must play a pioneering role.
- If rail freight services are not automated, i.e. if transport processes are not speeded up and freight-carrying capacity is not increased, the rail freight infrastructure will be unable to cope with the rising volumes of freight traffic in the future.

10. Large-scale production of automatic couplers will lower the cost of conversion significantly

In Germany, there are about 180,000 freight wagons that need to be converted to the ACBC system. If the ACBC system is introduced over a period of five years, 150,000 older freight wagons will need to be retrofitted and about 30,000 new wagons equipped with automatic centre buffer couplers.

Large volume production of the automatic centre buffer coupler should mean that the cost of retrofitting an older freight wagon is substantially less than €8000, while the cost of equipping a new wagon is estimated to be less than €5000.

Table 1: Wagon conversion, capital investment requirements and the associated leasing-based financing scheme

	Year 1	Year 2	Year 3	Year 4	Year 5
(1) No. of converted wagons					
- New wagons equipped with ACBC	6 000	6 000	6 000	6 000	6 000
- Older wagons retrofitted with ACBC	30 000	30 000	30 000	30 000	30 000
total	36 000	36 000	36 000	36 000	36 000
cumulative	-	72 000	108 000	144 000	180 000
(2) Investment in €m					
- 6,000 x €5000 (new wagons)	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0
- 30,000 x €8000 (old wagon stock)	240.0	240.0	240.0	240.0	240.0
total	270.0	270.0	270.0	270.0	270.0
cumulative	-	540.0	810.0	1080.0	1350.0
(3) Leasing payments in €m p.a.					
in year 1	19.9	19.9	19.9	19.9	19.9
in year 2	-	19.9	19.9	19.9	19.9
in year 3	-	-	19.9	19.9	19.9
in year 4	-	-	-	19.9	19.9
in year 5	-	-	-	-	19.9
Total €m	19.9	39.8	59.7	79.6	99.5
(4) Initial financing up to year 5 (cumulative total in €m)					298.5

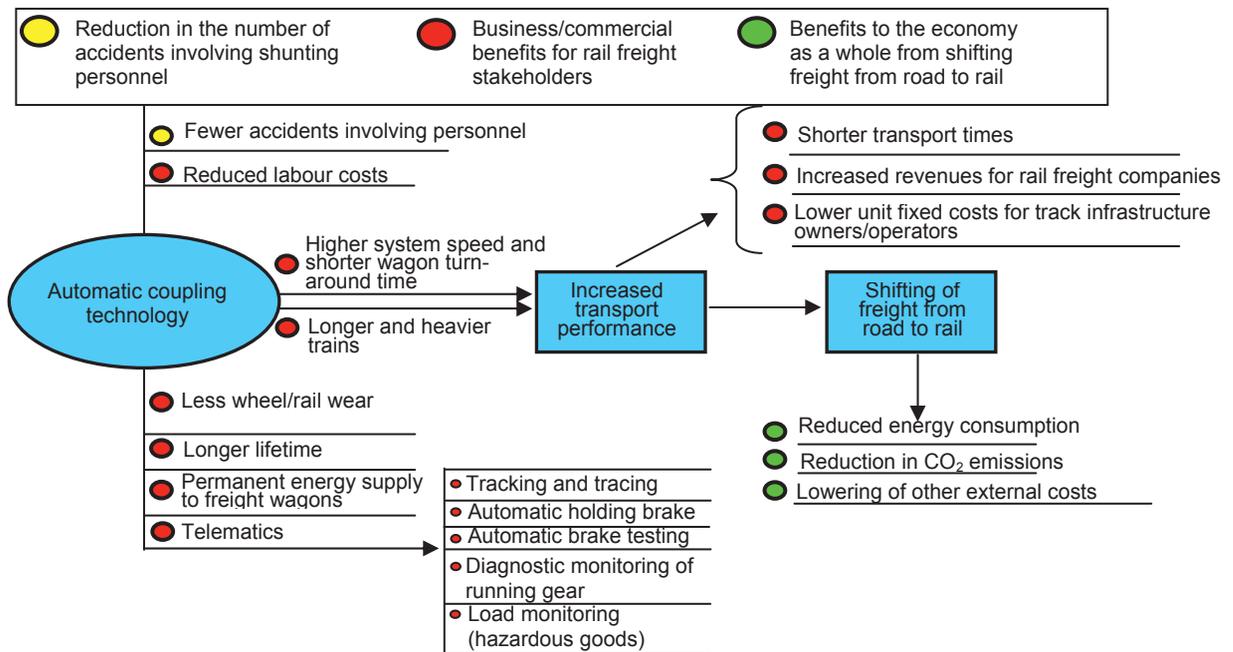
The total capital investment for fitting all 180,000 freight wagons in Germany with automatic centre buffer couplers is approximately €1350m. If financed by leasing over a period of 22.5 years (90 % of the depreciation period), the cost (leasing fees) of converting the entire wagon fleet would be €99.5m per year from year 5 onward for the duration of the fixed term of 22.5 years (see fig. 11 below). During the initial five-year conversion phase, annual leasing payments would rise from €19.9m in year 1 to €99.5m in year 5. The cumulative cost of financing during the five-year wagon-conversion phase is €298.5m.

11. Overview of the most important benefits of the ACBC system

The most important beneficial aspects are:

- The business/commercial benefits accruing to rail freight stakeholders and resulting directly or indirectly from the introduction of the automatic centre buffer coupler include: increased transport performance due to increased system speed, a shorter average wagon turnaround time, longer freight trains, fewer accidents involving shunting personnel, lower labour costs, less wheel/rail wear, longer service life of the ACBC, telematics-compatibility, etc.
- Benefits to the economy as a whole arising from the transfer of freight from road to rail as a result of improved rail freight performance: reduced energy consumption, lower carbon emissions and reduction of other external costs affecting freight traffic.

Fig. 9: Overview of the most important business/commercial benefits and broader economic benefits



12. Using automatic centre buffer couplers increases rail freight performance by at least 30%

According to calculations, deploying the ACBC system will increase the transport performance of freight rail services by

- at least 20% as a result of faster transport processes due to a higher system speed¹⁾ and a shorter average wagon turnaround time²⁾, and
- at least 10% as a result of the possibility of running longer and heavier freight trains.

Taken together, both effects lead to a substantial increase of 30% or more in rail freight performance/capacity and to a significant improvement in the competitiveness of rail freight compared to road freight. As a result, some of the freight that would have been carried on the roads can be transported in future by rail.

13. Improved transport performance yields significant revenues for rail freight businesses

Calculations show that once the five-year conversion phase has been completed, earnings of at least €586m will be generated per year during the estimated service life of the ACBC system of 30 years. These calculations of the financial returns are based on conservative estimates (“minimal model”).

1) The system speed is defined as the length of the transport route travelled divided by the total time between the provision of the wagons to the consignor for loading and the completed unloading of the wagons by the consignee.

2) The wagon turnaround time is the time between two consecutive productive (i.e. freight-carrying) deployments of the wagon.

The greatest contribution to these improved earnings comes from the increase of 30% in rail freight transport performance due to the use of the ACBC system. In financial terms, this translates to annual revenues for the rail freight operator of €417m¹⁾.

Other revenue is generated by savings in labour costs (€120m), reduced wear on wheel sets (€25–37m) and by the longer service life of the automatic centre buffer coupler system (€18m). The ACBC system is a key technology that spawns numerous other benefit chains (e.g. telematics).

Table 2. Summary of the monetary benefits from introducing the ACBC system – in €m –

		Business/commercial benefits 2005 / 2007	Economic benefits 2007
1	Reduction of accident numbers among shunting personnel	NDA	NDA
2	Labour cost savings	120 (2005)	–
3	Lower wheel/rail wear	(25 – 37)* (2007)	–
4	Business/commercial benefits resulting from improved transport performance - Railion - Private railway companies - Rail infrastructure owner/operator resulting from longer service life	225 (2007) 192 (2007) NDA 18**	– – NDA –
5	Economic benefits of shifting freight transport from road to rail - Energy consumption - CO ₂ emissions - Reduction of other external costs	– – –	1050 333 767
6	Total financial benefits of introducing the ACBC system	580 – 592	2150

NDA: No data available

* Estimate based on reduced wear on wheel sets only

** Estimated value

14. The benefits to the economy as a whole are three to four times greater than the benefits to rail freight operators

In addition to the financial benefits to rail freight operators, shifting freight from road to rail generates enormous financial advantages for the economy as a whole. The expansion in freight-carrying capacity that results from a higher system speed and longer trains yields economic benefits totalling €2150m per year. This is about 3.7 times greater than the total financial benefits to rail freight operating businesses (€586m). The largest single factor benefiting the overall economy is the savings in energy that can be achieved (€1050m). But the annual savings made by reducing external costs (carbon emissions etc.) are also very substantial.

1) If it proves possible to increase the system speed by more than the conservative estimate of 20% assumed in the cost-benefit analysis (minimal model: from 18 to 21.6 km/h) even greater savings can be achieved. An increase of 100% up to a system speed of 36 km/h, which is certainly realistic when compared with the average speed of 64 km/h for road freight traffic, would result in annual revenues for rail freight operators of €1529m – a figure almost four times greater than the €417m calculated for a system speed of 21.6 km/h. This demonstrates the powerful leverage that improved rail freight performance has on business revenues.

15. Extremely high return on investment (ROI)

Investing in the ACBC system generates an extremely high return on investment (ROI) for rail freight companies. Based on the minimal model assumptions, the payback period for the investment capital is a little more than three years. The total one-off investment outlay of €1350m has to be contrasted with the annual revenue of €586m that is achievable for each of the thirty years of service life once the five-year conversion period has been completed (contribution margin I). After only two years, the revenue attained as a result of introducing the ACBC system will cover the total investment costs.

Table 3: Comparison of investment costs with cumulative business/commercial revenues and cumulative financial benefits to the overall economy – in €m –

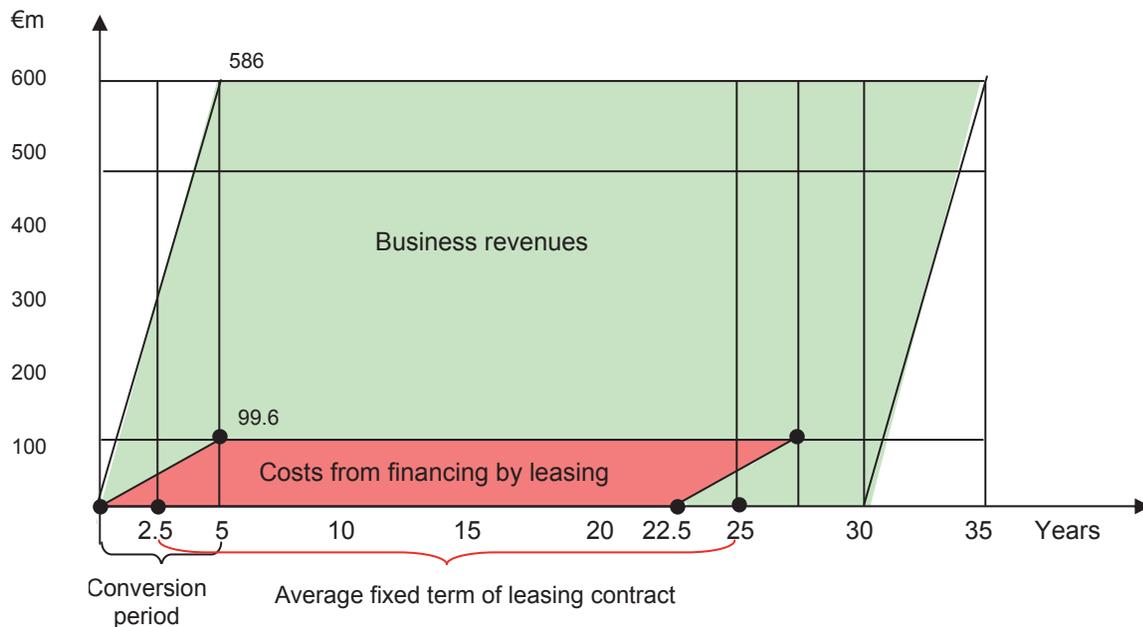
	Service life of ACBC					
	1 year	2 years	3 years	4 years	5 years	30 years
Investment costs	- 1350	- 1350	- 1350	- 1350	- 1350	- 1350
Business revenues	+ 586	+ 1172	+ 1758	+ 2344	+ 2930	+ 17580
Contribution margin I	- 764	- 178	+ 408	+ 994	+ 1580	+ 16230
Financial benefits to the economy as a whole	+ 2150	+ 4300	+ 6450	+ 8600	+ 10750	+ 64500
Contribution margin II	+ 1386	+ 4122	+ 6858	+ 9594	+ 12330	+ 80730

If the cost-benefit analysis includes not only the business revenues but also the financial benefits to the economy as a whole (contribution margin II), total investment outlay will be recovered completely within the first year of using the ACBC system, and will generate an operating surplus in that first year of €1386m.

16. The leasing-based financing model yields high business revenues even in the first year of use of the ACBC system

Financing the investment project by leasing over a fixed term (length of the leasing contract) of 22.5 years (90 % of the depreciation period) results in annual leasing payments of €99.5m. If the costs of financing the project are compared to the business revenues it can be seen that even in the first year of use, net investment revenues of €486.4m will be achieved. Therefore for each year of the fixed term lease, the ratio of business revenue to leasing costs is about 5:1.

Fig. 11: Comparison of annual leasing payments to annual business revenues



If the financial benefits to the economy as a whole are also taken into account, net investment revenue totals €2636m per year (ratio of all revenues to leasing costs is then 27.5:1).

17. Conclusion

The business/commercial revenues generated and the financial benefits to the economy as whole are many times greater than the costs of automating rail freight services by introducing the automatic centre buffer coupler. Automating the formation and splitting up of trains will result in massive rationalisation in the rail freight sector and will lead to a major upheaval in European rail freight transport. The introduction of the automatic centre buffer coupler will also trigger further innovations with widespread benefits, e.g. telematics.

The calculations performed in the cost-benefit analysis were based on conservative estimates. It is very likely that the revenues and financial benefits that can be achieved in practice are substantially greater.

Implementing the ACBC system is a European task.

The automation of rail freight services by introducing the ACBC system is an issue of fundamental significance that can lead to the renaissance of Europe's rail freight industry. To be successful it demands that Europe's national ministries of transport, the national railway operators, the European Union, and the UIC work together to achieve this common goal.

The first step would involve compiling a comprehensive cost-benefit analysis that covers all European railways. Such a study could be commissioned by the EU.

Die Automatische Mittelpufferkupplung (AK)

Voraussetzung für eine Automatisierung des
Schienen-Güterverkehrs in Europa

Kosten-Nutzen-Analyse



Prof. Dr. rer. pol. Bernhard Sünderhauf

April 2009

Über den Autor

Bernhard Sünderhauf ist emeritierter Professor für Betriebswirtschaftslehre, Fachbereich Touristik/Verkehr. Nach Studium und Promotion in der Volkswirtschaftslehre hat er zahlreiche wissenschaftliche Verkehrsforschungsprojekte unter anderem auch für das Bundesministerium für Verkehr geleitet. Ein Teil der Ergebnisse seiner Forschungsprojekte wurde in der Schriftenreihe des Bundesministeriums für Verkehr (Heft 37) „Nordlandverkehr“ und (Heft 46) „Prognose des Grenzüberschreitenden Güterverkehrs der Bundesrepublik Deutschland“ publiziert. Außerdem war er unter anderem Initiator und Teilnehmer der Eisenbahn-Fährschiffgesellschaft Railship AG, die einen Eisenbahn-Fährschiffbetrieb mit Spezialgüterwaggons zwischen Hangö (Finnland) und Travemünde (Deutschland) entwickelt und betrieben hat. Danach gründete und führte er als geschäftsführender Gesellschafter die Firma Cargo Waggon GmbH, die inzwischen von GE übernommen wurde. Derzeit ist er geschäftsführender Gesellschafter der Altaplan Leasing GmbH, Grünstadt-Köln.

Die Studie wurde finanziert und verlegt von der Firma

ALTAPLAN LEASING GmbH
Grünstadt – Köln

Obersülzer Str. 35 c
D-67269 Grünstadt
Tel.: 0 63 59 - 94 38 80
Fax: 0 63 59 - 9 43 88 29

Grünstadt, April 2009
ISBN: 978-3-940900-14-2

Dieses Werk ist urheberrechtlich geschützt. Nachdruck nur mit Quellenangaben gestattet. Vervielfältigungen, Wiederauflagen oder Übersetzungen sind jedoch jederzeit gestattet, sofern mit der Verbreitung des Werks kein kommerzieller Zweck verfolgt wird. Alle Angaben nach bestem Wissen und Gewissen aber ohne Gewähr. Die Bilder der AK auf der Umschlagseite und im Text sind freundlicherweise von der Firma Faiveley Transport S.A. überlassen worden.

Vorwort

Als ehemaliger Geschäftsführer und Gründungsgesellschafter der Firma Cargowaggon GmbH, Vermietung und Bewirtschaftung von Eisenbahn-Güterwaggons in Europa, musste ich mich schon in den 1970er Jahren mit der Automatischen Mittelpufferkupplung beschäftigen. Alle neu bestellten Güterwaggons mussten zu jener Zeit in Europa so konstruiert und gebaut werden, dass eine spätere Nachrüstung mit der Automatischen Mittelpufferkupplung leicht zu bewerkstelligen ist.

Die vor über 30 Jahren für den späteren Einbau der Mittelpuffer-Kupplung vorgerüsteten Waggons – darunter auch die Großraum-Schiebewand- und Flachwaggons der Firma Cargowaggon GmbH – sind inzwischen weitgehend wieder ausgemustert bzw. verschrottet, ohne dass es in dieser Zeit den europäischen Bahnen gelungen war, sich gemeinsam auf eine europaweite Umrüstung der Güterbahn auf die Automatische Mittelpufferkupplung zu einigen.

Die vorgelegte Kosten-Nutzen-Analyse soll den enormen wirtschaftlichen Nutzen dieser Technik aufzeigen und einen neuen Anstoß zu einer zügigen Umsetzung und Anwendung geben. Die Rahmenbedingungen hierfür sind besser als je zuvor.

Aus den Veränderungen durch die Wirtschafts- und Finanzkrise seit 2008/09 ergibt sich auch eine Chance für eine Neuorientierung der Verkehrspolitik. Das nach dem Ende der Wirtschaftskrise wieder zu erwartende Wachstum im Güterverkehr kann nur teilweise von der Straße getragen werden. Ziel der Verkehrspolitik muss daher eine merkliche Erhöhung der Leistungsfähigkeit der Güterbahn sein. Hierzu bedarf es einer umfangreichen Modernisierung und Automatisierung des Schienen-Güterverkehrs.

An Stelle der seit 1861 praktizierten manuellen Kupplung von Güterwaggons muss endlich die automatische Kupplung im europäischen Güterverkehr eingeführt werden.

Deutschland, als Land mit der größten Güterbahn Europas, kann und muss hier eine Vorreiterrolle übernehmen.

Bernhard Sünderhauf

Clever Str. 32A

50668 Köln

Tel: 02 21-72 22 14

Fax: 02 21-72 20 14 3

e-Mail: prof-suenderhauf@altaplan.de

Mein besonderer Dank gilt den Experten der Bahntechnik, insbesondere Herr Dipl. Ing. Jörg Bensch für die fachliche Beratung.

Frau Prof. Dr. Hildegund Kravets und Herr Bernd Oliver Sünderhauf haben das Manuskript redigiert.

Mit Können und großem Geschick hat Frau Alexandra Hüniger die komplizierten Texte, Tabellen und graphischen Darstellungen auf den Rechner und zu Papier gebracht.

Die Automatische Mittelpufferkupplung (AK)

Voraussetzung für eine Automatisierung des
Schienen-Güterverkehrs in Europa

Kosten-Nutzen-Analyse

Inhaltsverzeichnis		Seite
	Zusammenfassung/abstract	61
	Kurzfassung	63 - 76
	Langfassung	79 - 156
I.	Zielsetzung und Abgrenzungen der Untersuchung	80
II.	Die Wettbewerbsposition der Bahn auf den Güterverkehrsmärkten der Zukunft	82
1.	Die Entwicklung des Güterverkehrs in Deutschland ex-post	82
2.	Die Prognosen des Güterverkehrs in Deutschland bis 2025/2050	86
3.	Veränderungen der Güterstruktur	88
4.	Kapazitätsengpässe in der Infrastruktur des Straßen- und Bahngüterverkehrs	90
5.	Die CO ₂ -Emission des Straßen- und Bahngüterverkehrs	93
III.	Die zukünftig stark steigenden Verkehrsströme, die sich ändernde Güterstruktur und die hohen CO₂-Emissionen erzwingen eine Neuausrichtung der Güterbahn	96
1.	Strukturveränderung auf der Nachfrage- und Angebotsseite	96
2.	Fehlentwicklungen bei der Güterbahn	97
3.	Die Transportqualität der Güterbahn hat sich gegenüber der des LKW verschlechtert	100
4.	Eine Neupositionierung der Bahn in der Fläche ist erforderlich	102
IV.	Die Kupplungstechnik im europäischen Eisenbahn-Güterverkehr (UIC-Staaten)	105
1.	Die Kupplungs-Verbindungstechnik von Güterwaggons, Voraussetzung für die Bildung von Zugverbänden	105
2.	Die automatische Mittelpuffer-Kupplung, Schlüsseltechnik für die Automatisierung der Güterbahn	111
3.	Versuche der Implementierung der AK in Europa (UIC-Staaten)	115

V.	Kosten-Nutzenanalyse des Investitionsprojektes "Einführung der AK im deutschen Eisenbahn-Güterverkehr"	120
1.	Annahmeparameter	120
1.1	Einzelwirtschaftliche-/Gesamtwirtschaftliche Betrachtung	120
1.2	Sukzessive/schrittweise versus simultane/schlagartige Einführung	120
1.3	Zeitraum der Kosten- und Nutzenschätzung und Datenbasis	120
2.	Kostenanalyse	121
2.1	Die Einzelkosten des nachträglichen Einbaus der AK	121
2.2	Das Umrüstpotential für die AK	122
2.3	Die Gesamtinvestitionen in der Umrüstphase und ihre Finanzierung	125
3.	Nutzenanalyse	127
3.1	Überblick über die wichtigsten Nutzenkomponenten	127
3.2	Die betriebswirtschaftlichen Kosteneinsparungen im Einzelnen	128
3.2.1	Reduzierung der Unfallzahlen	128
3.2.2	Personalkosteneinsparungen	128
3.2.3	Geringerer Verschleiß bei Radsätzen und Schienen	129
3.2.4	Längere Lebensdauer der AK	132
3.3	Die betriebswirtschaftlichen Nutzen aus einer höheren Transportleistungsfähigkeit	133
3.3.1	Erhöhung der Transportleistungsfähigkeit durch den Anstieg der Systemgeschwindigkeit und der Umlaufgeschwindigkeit der Waggons	133
3.3.2	Erhöhung der Transportleistungsfähigkeit durch längere Züge	137
3.3.3	Die ökonomischen Auswirkungen des Anstiegs der Transportleistungsfähigkeit der Güterbahn durch höhere System-/Umlaufgeschwindigkeit und durch längere und schwerere Züge	139
3.3.3.1	Die Minimalvariante der Erhöhung der Transportleistungsfähigkeit durch die Beschleunigung der Transportprozesse und durch längere Züge	139

3.3.3.2	Die betriebswirtschaftlichen Nutzen bei den Bahnakteuren	140
3.4	Die volkswirtschaftlichen Nutzen aus der Transportverlagerung von der Straße auf die Schiene	143
3.4.1	Die Reduzierung des Energieverbrauchs und CO ₂ -Emission	143
3.4.2	Die volkswirtschaftlichen Nutzen durch die Reduzierung sonstiger externer Kosten als Folge der Transportverlagerung auf die Schiene	146
3.5	Die AK als Innovationsbasis für weitere Nutzenketten	148
3.6	Die Zusammenfassung der betriebswirtschaftlichen- und volkswirtschaftlichen Nutzen	152
4.	Bilanzierung von Kosten und Nutzen	154
4.1	Investitionsrechnung (Return on Investment)	154
4.2	Leasing-/Finanzierungsrechnung	155
4.3	Fazit	156
	Literaturverzeichnis	157 - 160

Die Automatische Mittelpufferkupplung (AK)

Voraussetzung für eine Automatisierung des Schienen-Güterverkehrs in Europa

Kosten-Nutzen-Analyse

Zusammenfassung/abstract

In einer volkswirtschaftlichen Kosten-Nutzen-Analyse werden die zu erwartenden Vorteile einer sukzessiven Umrüstung aller deutschen Güterbahnwaggons auf die Automatische Mittelpufferkupplung (AK) untersucht.

In Deutschland werden Güterwaggons wie seit 1861 von Hand gekuppelt und die Versorgungsleitungen manuell angeschlossen; die Wagen haben außen zwei stabilisierende Seitenpuffer. Weltweit, außer Europa, wurde diese manuelle Schraubenkupplung längst durch Automatische Mittelpufferkupplungen ersetzt (USA 1893 – 1900, Japan 1925, Sowjetunion 1935 – 1957). Nur die Güterbahnen in Europa konnten sich bisher nicht auf eine Einführung der AK einigen, obwohl schon fast alle Waggons dafür vorgerüstet sind. Bei der AK werden die Waggons mit einer einzigen Pufferkupplung in der Mitte vollautomatisch, d. h. vom Lokführer zentral gesteuert und ohne Rangierpersonal verkuppelt, einschließlich aller Versorgungsleitungen. Die seitlichen Puffer entfallen.

Die Vorteile sind: Zeitgewinn, Anstieg der Systemgeschwindigkeit, Anstieg der Umlaufgeschwindigkeit der Waggons, längere Zugeinheiten und dadurch eine Erhöhung der Transportleistungsfähigkeit (Kapazität) der Güterbahn insgesamt sowie Kosteneinsparungen an Personal und Material. Die Analyse der Entwicklung des Güterverkehrs in der Vergangenheit und die Prognosen der Verkehrsentwicklung bis 2050 zeigen drohende Verkehrsengpässe vor allem im Straßenverkehr bei steigendem Energieverbrauch und steigender CO₂-Emission auf. Durch statistisch belegte Berechnungen werden die zu erwartenden Kosten für eine Umrüstung aller Güterwaggons in Deutschland auf die AK ermittelt und den zu erwartenden Nutzen gegenüber gestellt: Es ergeben sich eklatante betriebswirtschaftliche und volkswirtschaftliche Vorteile. In einer Modellrechnung werden die Kosten für eine leasingfinanzierte Umrüstung auf die AK ermittelt.

Die geforderte Neuorientierung der Verkehrspolitik, hin zu einer Beschleunigung der Güterbahn durch Automatisierung und Modernisierung, wird zu einer Entlastung der Straße führen, somit zum Klimaschutz beitragen und das bei hohen betriebswirtschaftlichen und volkswirtschaftlichen Nutzen.

Bernhard Sünderhauf

Köln 2009

Stichworte/Keywords

Automatische Mittelpufferkupplung – Bahntechnik – Schienengüterverkehr – Kosten-Nutzen-Analyse – Transportleistungsfähigkeit – Systemgeschwindigkeit – Zuglänge – Klimaschutz – Energieverbrauch – Telematik – Verkehrspolitik – Leasingfinanzierung

Die Automatische Mittelpufferkupplung (AK)

**Voraussetzung für eine Automatisierung des
Schienen-Güterverkehrs in Europa**

Kosten-Nutzen-Analyse

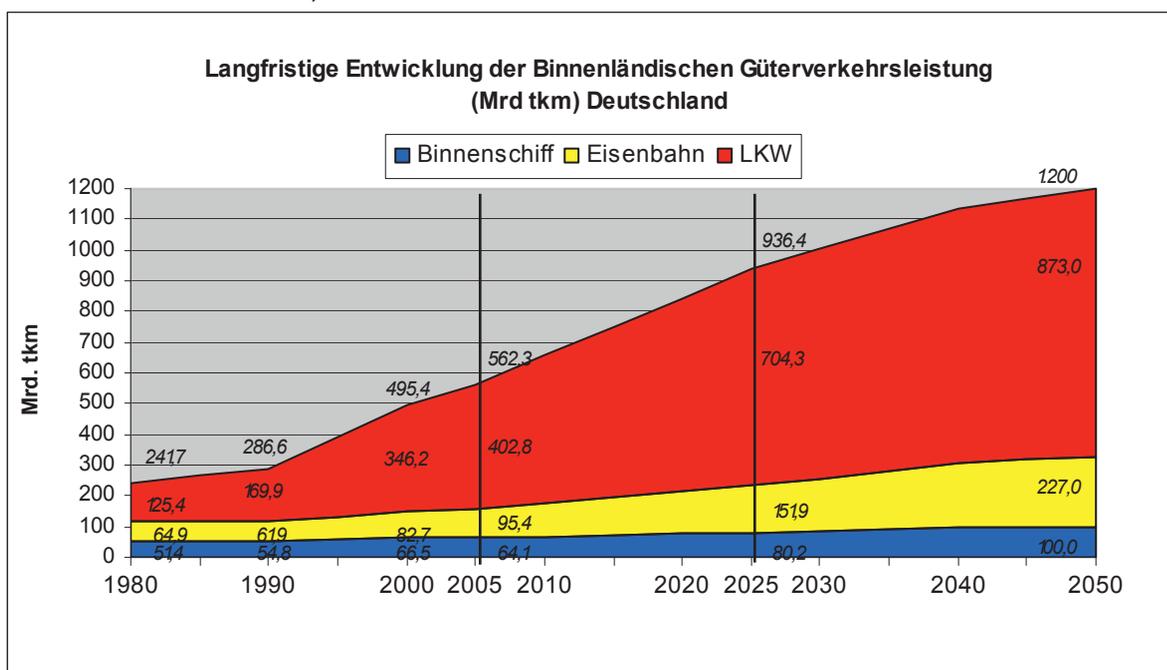
Kurzfassung

Bernhard Sünderhauf

1. Die Güterverkehrsleistung in Deutschland wird sich bis 2050 mehr als verdoppeln

Allen im Auftrag des Bundesverkehrsministeriums erstellten Prognosen zufolge nimmt die Güterverkehrsleistung (gemessen in tkm) in Deutschland auch in Zukunft weiter stark zu. Bis zum Jahr 2050 wird die gesamte Binnenländische Güterverkehrsleistung um + 113 % ansteigen, sich mehr als verdoppeln. Der Grenzüberschreitende Güterverkehr wird sich mit + 163 % und der Transitverkehr mit + 189 % nahezu verdreifachen. Deutschland ist nach der Wiedervereinigung zum verkehrsgeographischen Zentrum Europas geworden.

Bild 1: Langfristige Entwicklung der Binnenländischen Güterverkehrsleistung (tkm) (Binnenschiff, Eisenbahn, LKW) von 1980 bis 2050



Quelle: DIW Verkehr in Zahlen 2006/07, für 2025 (2 – S. 213), für 2050 (3 – S. 118)

Nach den Prognosen wird – zu Lasten der Binnenschifffahrt – der Modal-Split-Anteil der Straße bis zum Jahr 2050 von 71,6 % auf 72,8 %, der der Schiene von 17,0 % auf 18,9 % zunehmen.

Die auf den Straßenverkehr entfallende Güterverkehrsleistung (tkm) wird im Prognosezeitraum um + 117 % ansteigen. Der voraussichtliche Zuwachs der Güterverkehrsleistung der Schiene wird mit + 138 % sogar über dem der Straße liegen.

2. Der anhaltend hohe Anstieg der Güterverkehrsleistung (tkm) führt in Zukunft zu drastischen Verkehrsengpässen auf Straßen und Schienen

Die Verdoppelung der Güterströme auf der Straße (+ 117 %) wird zwangsläufig zu massiven, regional unkontrollierbaren Verhältnissen im Straßenverkehr führen. Die Just-in-time-Produktion der deutschen Industrie würde dadurch stark beschädigt und könnte in Ballungsgebieten zusammenbrechen.

Da ca. 64 % der Industrieunternehmen in Deutschland eine Just-in-time-Produktion betreiben – davon entfallen von den Logistikverkehren ca. 70 % auf LKW- und 17 % auf Bahntransporte –, führen zunehmende Engpässe in der Verkehrsinfrastruktur zu einem Verlust an Attraktivität des Wirtschaftsstandortes Deutschland.

Auch im Schienengüterverkehr sind auf wichtigen Magistralen Engpässe zu erwarten, wenn ein Anstieg der Güterverkehrsleistung auf der Schiene von + 138 % bis 2050 verkräftet werden soll (Bild 4). Ein Ausbau von Parallelstrecken, die ausschließlich dem Güterverkehr vorbehalten sind, ist nur auf wenigen Magistralen möglich.

Bild 2: Zu- und Abnahme des Straßen Inlandverkehrs bis 2020

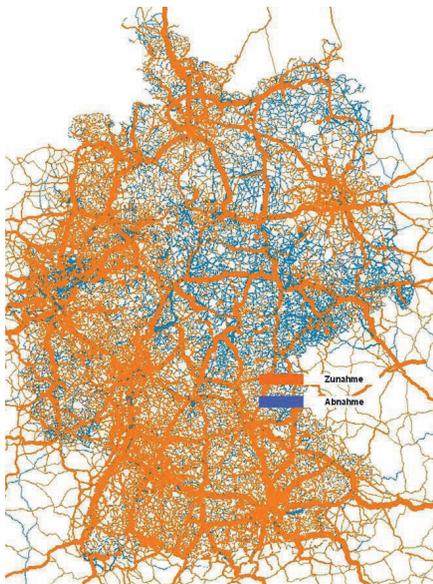


Bild 3: Zunahme des LKW-Transportverkehrs bis 2020

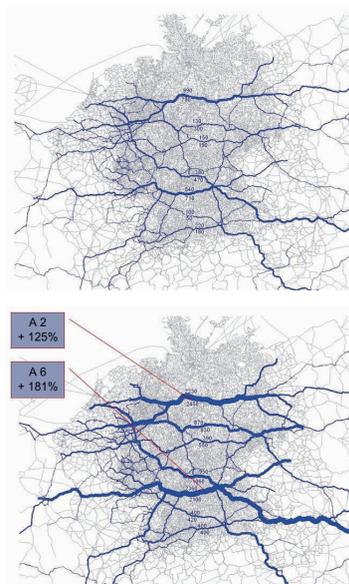
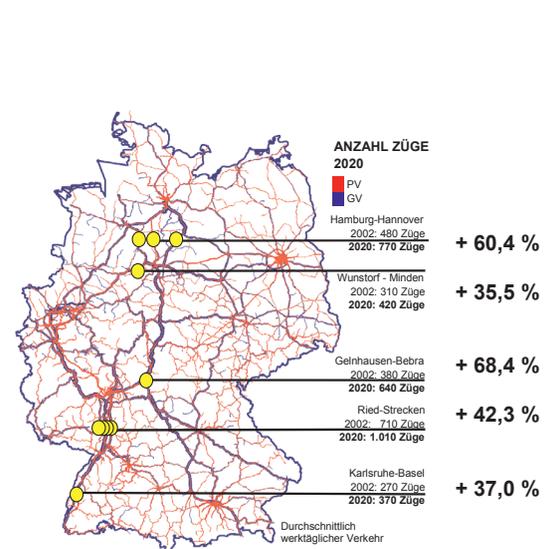


Bild 4: Hauptverkehrsachsen, Zunahme Anzahl der Züge bis 2020



Quelle (Bild 2, 3 und 4): acatech Studie, „Mobilität 2020“ (2006)

3. Der hohe Energieverbrauch und die hohe CO₂-Emission des LKW-Straßenverkehrs verstärken den Druck, mehr Güter von der Straße auf die Schiene zu verlagern

Die Güterbahn steht zukünftig aus verschiedenen Gründen hinsichtlich ihrer Transportleistungsfähigkeit unter Expansionsdruck:

- (1) Der weiterhin hohe Anstieg der Güterverkehrsleistung (tkm) belastet die gesamte Verkehrsinfrastruktur von Straße und Schiene,
- (2) Die dadurch sich verschärfenden Engpässe im Straßenverkehr können nur vermindert werden, wenn Teile von Güterströmen von der Straße auf die Schiene verlagert werden und die Güterbahn eine entsprechende Transportleistungsfähigkeit bereithält.

(3) Die Dringlichkeit der Verlagerung von mehr Gütertransporten auf die Schiene wird noch aus ökologischen Gründen (Einsparung von Energie und Reduzierung der CO₂-Emission) verstärkt. Beim LKW-Güterverkehr ist der Verbrauch an fossilen Brennstoffen und somit die CO₂-Emission pro tkm mindesten 4,6-mal höher als bei der Bahn.

Um weitere Teile von Güterströmen von der Straße auf die Schiene verlagern zu können, wird die Güterbahn ihre Transportleistungsfähigkeit/Kapazität in Zukunft stark erhöhen müssen.

4. Die Expansionspotentiale der Güterbahn liegen vor allem im Einzelwagen- und Kombinierten Verkehr

Auf der Nachfrageseite befinden sich große Potentiale in den Marktsegmenten Einzelwagen-Ladungsverkehr und Kombiniertes Verkehr innerhalb Deutschlands und grenzüberschreitend, die darauf warten, von der Bahn erschlossen zu werden.

In der Vergangenheit hatte sich die Bahn schrittweise aus der Fläche zurückgezogen und vor allem den Einzelwagenverkehr vernachlässigt. So wurden seit 1990 etwa 70 % aller Gleisanschlüsse in Deutschland stillgelegt. Die Bahn hat sich vor allem auf den Ganzzugverkehr und z. T. auf den Kombinierten Verkehr ausgerichtet. Die weitere Zunahme des Ganzzugverkehrs wird jedoch bald an Grenzen stoßen und der Kombinierte Verkehr ist gegenüber dem LKW-Verkehr überwiegend noch zu kostenintensiv und daher zu teuer. Dagegen erweitert sich der Markt für den Einzelwagenverkehr von Jahr zu Jahr. Der Anteil an stückgutrelevanten Gütern, die dem Potential des Einzelwagenverkehrs zuzuordnen sind, steigt zukünftig überproportional, gemessen am gesamten Güterverkehrsaufkommen, von 33 % (2005) auf 47 % (2050) an.

Wenn die Güterbahn zukünftig mehr Güterströme, die sonst auf der Straße fahren, übernehmen will, geht das unter heutigen Anforderungen in diesem Marktsegment nur über eine wesentliche Verbesserung der Wettbewerbsfähigkeit gegenüber dem LKW. Der Weg hierzu führt über die Automatisierung des Bahnbetriebes.

5. Eine Erhöhung der Transportleistungsfähigkeit (Kapazität) der Güterbahn lässt sich mittelfristig nur über eine Beschleunigung der Transportprozesse und durch längere Güterzüge erreichen

Der Königsweg zur Bewältigung der zukünftig zu erwartenden Gütermengen und zur Vermeidung von Engpässen führt über die Erhöhung der Transportleistungsfähigkeit (Kapazität) der Güterbahn.

Hierzu bedarf es:

- der Beschleunigung der Transportprozesse – Anstieg der Systemgeschwindigkeit und der Umlaufgeschwindigkeit der Waggon – und
- der Bildung längerer Güterzüge.

Bisher ist die Systemgeschwindigkeit beim LKW drei- bis viermal höher als bei der Güterbahn. Im Einzelwagenverkehr der Bahn beträgt sie ca. 18 km/h (wie beim Fahrrad), bei kleinem Relationsaufkommen ca. 6 km/h (wie beim Pferdefuhrwerk). Durch eine Beschleunigung der Transportprozesse würde nicht nur die Transportleistungsfähigkeit (Kapazität) erhöht, sondern auch die Wettbewerbsfähigkeit der Güterbahn insgesamt gegenüber dem LKW-Verkehr gestärkt.

Auch längere Güterzüge würden wesentlich zu einer Kapazitätserhöhung beitragen. Einer Bildung längerer Güterzüge sind jedoch durch die bis heute im Güterverkehr Europas verwendeten manuellen Schraubenkupplungen mit Seitenpuffern enge Grenzen gesetzt. Selbst unter günstigen Bedingungen können mit der manuellen Schraubenkupplung nur Güterzüge bis zu ca. 700 m Länge gefahren werden, mit der Automatischen Mittelpufferkupplung sind hingegen bis zu 1.400 m lange Züge möglich.

6. Die Automatische Mittelpufferkupplung (AK) ist die Schlüsseltechnik für die Erhöhung der Transportleistungsfähigkeit (Kapazität) und die Verbesserung der Wettbewerbsfähigkeit der Güterbahn

In Deutschland und Europa werden Waggons bis heute nach dem Funktionsprinzip der manuellen Schraubenkupplung von 1861 untereinander und mit der Lok gekuppelt. Das manuelle Kuppeln ist eine zeitaufwendige, körperlich schwere und gefährvolle Arbeit – viele Rangierarbeiter haben bei dieser Arbeit den Tod gefunden – und wird auch als ein „existenzbedrohendes Hindernis“ für die Rationalisierung und Automatisierung des Eisenbahn-Güterverkehrs gesehen.

Bild 5: Manuelle Schraubenkupplung



Quelle: BG Bahnen [9 – S. 4]

Bild 6: Moderner Kupplungstyp (C-Akv)

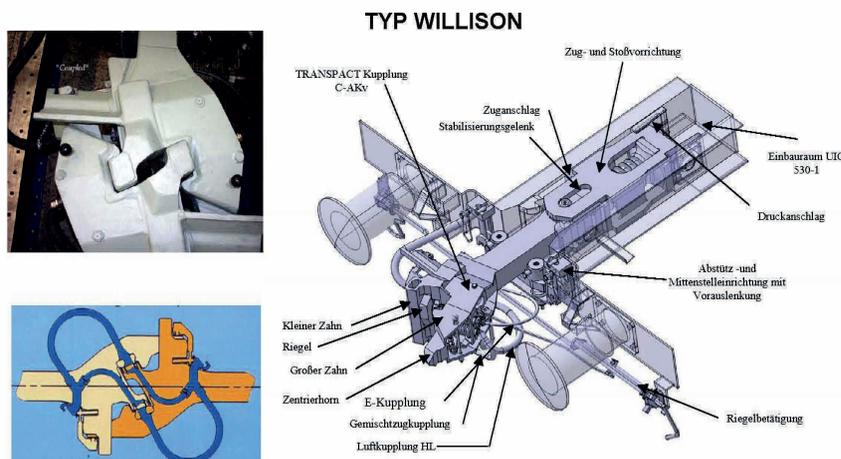


Quelle: Faiveley Transport

Der Weg zu einer Automatisierung (Ersatz manueller Handlungen durch technische Prozesse) führt über die automatische Kupplung und Entkupplung von Waggons mit Hilfe der Automatischen Mittelpufferkupplung (AK). Am Beispiel des neu entwickelten Kupplungstyps C-Akv lassen sich deren Vorteile darlegen:

- Die C-AKv Kupplung automatisiert den Kupplungs- und Entkupplungsvorgang und bewirkt dadurch eine Beschleunigung des gesamten Transportprozesses. Dies führt sowohl zu einer wesentlich höheren Systemgeschwindigkeit als auch zu einer höheren Umlaufgeschwindigkeit der Waggons.
- Sie bringt eine höhere Zug- und Druckleistung für schwerere und damit längere Güterzüge, eine Verdopplung der Zuglänge ist möglich.
- Sie kuppelt die Druckluft- und die durch den Waggon gehenden elektrischen Leitungen (inklusive Datenkanal) automatisch mit.
- Die C-AKv Kupplung ist kompatibel zu den vorhandenen Schraubekupplungen und zur russischen SA-3-Kupplung und gewährleistet dadurch eine zeitliche Übergangsphase für die Umrüstung aller Waggons.
- Sobald mit Ende der Übergangsphase die Seitenpuffer entfallen können, bietet die C-AKv höhere Entgleisungssicherheit bei höherer Fahrgeschwindigkeit.

Bild 7: Die Hauptkomponenten des Mittelpuffer-Kupplungssystems TRANSPACT (C-AKv)



Quelle: Faiveley Transport

Die Technik der AK ist erprobt und wird seit Jahrzehnten weltweit eingesetzt, nur nicht in Europa. Nahezu alle großen Eisenbahnländer der Erde haben den Güterverkehr auf die AK umgestellt: USA seit 1900, Japan seit 1925, Russland seit 1935/57, China und Indien nach 1945.

7. Die Umstellung auf die AK ist in Europa zweimal gescheitert

- (1) Der erste Versuch von 1956 scheiterte vor allem daran, dass alle Waggon nicht sukzessive während einer Übergangszeit, sondern flächendeckend, quasi über Nacht, auf die AK umgerüstet werden sollten. Dies fand in jener Zeit des politisch geteilten Europas keine Mehrheit bei den europäischen Bahngesellschaften.
- (2) Der zweite Versuch von 1990, kurz nach dem politischen Umbruch in Ost Europa, schlug fehl an der mangelnden Finanzierungskraft und am fehlenden politischen Willen. Zudem war die vorgeschlagene technische Lösung (Z-AK) nicht überzeugend. Die Z-AK Zugkupplung konnte nur die Zugkraft übertragen und zugleich die Hauptluftleitungen automatisch kuppeln, für die Druckkraftübertragung sollten die Seitenpuffer beibehalten werden.

Grundsätzlich bedarf die Einführung der AK der Zustimmung aller europäischen nationalen Bahngesellschaften, die in der UIC (Union Internationale des Chemins de Fer) organisiert sind. Wenn sich Deutschland, Frankreich und Italien gemeinsam auf eine neue Initiative einigten, würden sich auch die kleineren Länder anschließen.

8. Seit 1976 sind bis heute in Europa rund 500.000 bis 600.000 Güterwaggons für den späteren Einbau der AK vorgerüstet worden

Seit 1976 ist den europäischen nationalen Bahngesellschaften von der UIC in den UIC-Merkblättern vorgeschrieben, dass bei allen Neubauten von Güterwaggons die statischen und konstruktiven Voraussetzungen für den nachträglichen Einbau der AK zu schaffen sind. Diese Vorschriften der UIC gelten bis heute fort. Inzwischen sind in Europa ca. 500.000 bis 600.000 Güterwaggons entsprechend vorgerüstet worden. Ein Teil der vorgerüsteten Waggons wurde aus Altersgründen bereits wieder ausgemustert bzw. verschrottet.

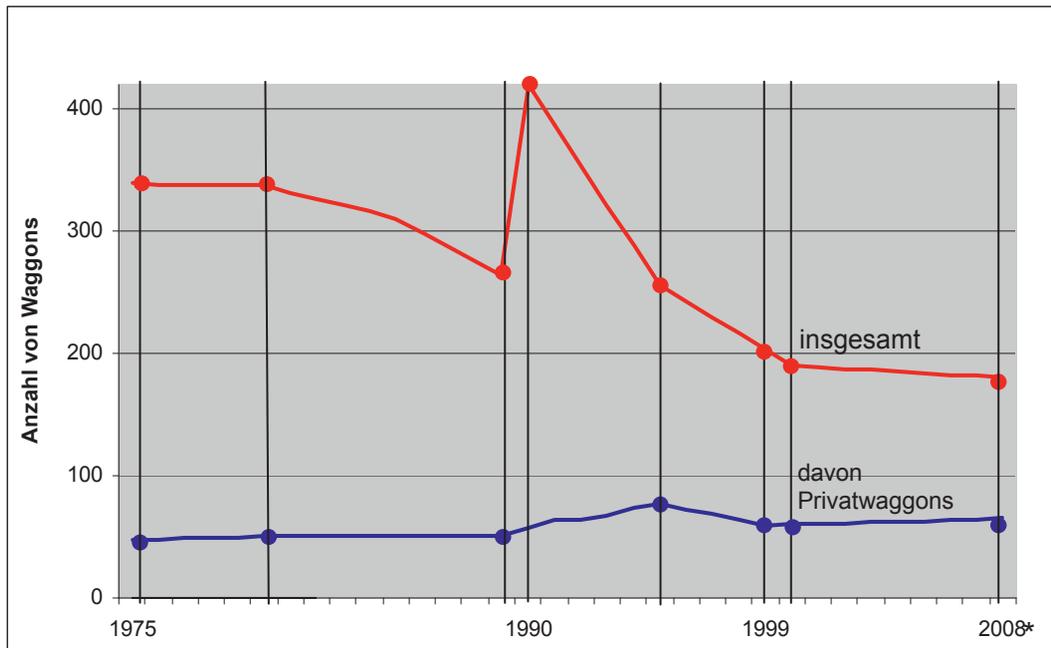
Für die technische Vorrüstung für den späteren Einbau der AK (ca. 2.000 EUR pro Waggon) sind schätzungsweise in Europa bislang ca. 1,0 bis 1,2 Mrd EUR an Kosten aufgelaufen, allein in Deutschland ca. 500 Mio EUR. Das entspricht bis zum Zeitpunkt eines dritten Anlaufs zu einer Umrüstung in etwa der Hälfte der insgesamt erforderlichen Anschaffungs- und Umrüstkosten für die AK. Eine enorme Fehlinvestition, sollte eine Umrüstung auf die AK nicht doch noch erfolgen.

9. Der dritte Anlauf zu einer Umrüstung auf die AK muss und wird zum Erfolg führen

Heute sprechen die Rahmenbedingungen mehr denn je dafür, dass Europa in einem dritten Anlauf endlich den Durchbruch schafft:

- Die Waggonzahlen sind in Europa stark zurückgegangen. In Deutschland haben sie sich von 1990 (420.000 Waggons) bis 2008 (180.000 Waggons) mehr als halbiert; das führt auch zur Halbierung der Umrüstkosten.

Bild 8: Bestand an Güterwagen (einschließlich Privatgüterwagen) in Deutschland



Quelle: Statistisches Bundesamt, z.T. unvollständig, nicht ausgewiesen. *geschätzt

- Eine neue, getestete und inzwischen ausgereifte AK-Generation (C-AKv) ist entwickelt worden, die eine schrittweise Umrüstung der Waggons in einem Übergangszeitraum von 5 Jahren zulässt. Das ermöglicht in diesem Zeitraum den parallelen Einsatz von Schraubenkupplung und AK.
- Deutschland, nunmehr verkehrsgeographisches Zentrum Europas, kann und muss als Land mit der größten Güterverkehrsleistung in Europa eine Vorreiterrolle einnehmen.
- Ohne die Automatisierung der Güterbahn und damit ohne die Beschleunigung der Transportprozesse und die Erhöhung der Kapazität lassen sich die zukünftig weiter ansteigenden Güterströme auf der Schiene nicht bewältigen.

10. Bei einer Großserienfertigung der AK sinken die Kosten der Umrüstung erheblich

Insgesamt sind in Deutschland ca. 180.000 Güterwaggons auf die AK umzurüsten. In einer Einführungsphase von 5 Jahren müssten 150.000 Altwaggons mit der AK nachgerüstet und ca. 30.000 Neubauten mit der AK ausgerüstet werden.

Die Einzelkosten für die Umrüstung eines Altwaggons dürften bei einer Großserienfertigung deutlich weniger als 8.000 EUR, für die Ausrüstung eines Neuwaggons weniger als 5.000 EUR betragen.

Tab. 1: Umgerüstete Waggons, Investitionen und ihre Finanzierung durch Leasing

	1. Jahr	2. Jahr	3. Jahr	4. Jahr	5. Jahr
(1) Umgerüstete Waggons (Stückzahlen)					
- Neubauten AK	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000
- Altbauten umgerüstet auf AK	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000
insgesamt	36.000	36.000	36.000	36.000	36.000
kumuliert	-	72.000	108.000	144.000	180.000
(2) Investitionen Mio EUR					
- 6.000 à 5.000 EUR (Neuwaggons)	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0
- 30.000 à 8.000 EUR (Altwaggons)	240,0	240,0	240,0	240,0	240,0
insgesamt	270,0	270,0	270,0	270,0	270,0
kumuliert	-	540,0	810,0	1.080,0	1.350,0
(3) Leasingraten Mio EUR p. a.					
für das 1. Jahr	19,9	19,9	19,9	19,9	19,9
für das 2. Jahr	-	19,9	19,9	19,9	19,9
für das 3. Jahr	-	-	19,9	19,9	19,9
für das 4. Jahr	-	-	-	19,9	19,9
für das 5. Jahr	-	-	-	-	19,9
Insgesamt Mio EUR	19,9	39,8	59,7	79,6	99,6
(4) Kumulierte Anschubfinanzierung bis zum 5. Jahr Insgesamt in Mio EUR					298,5

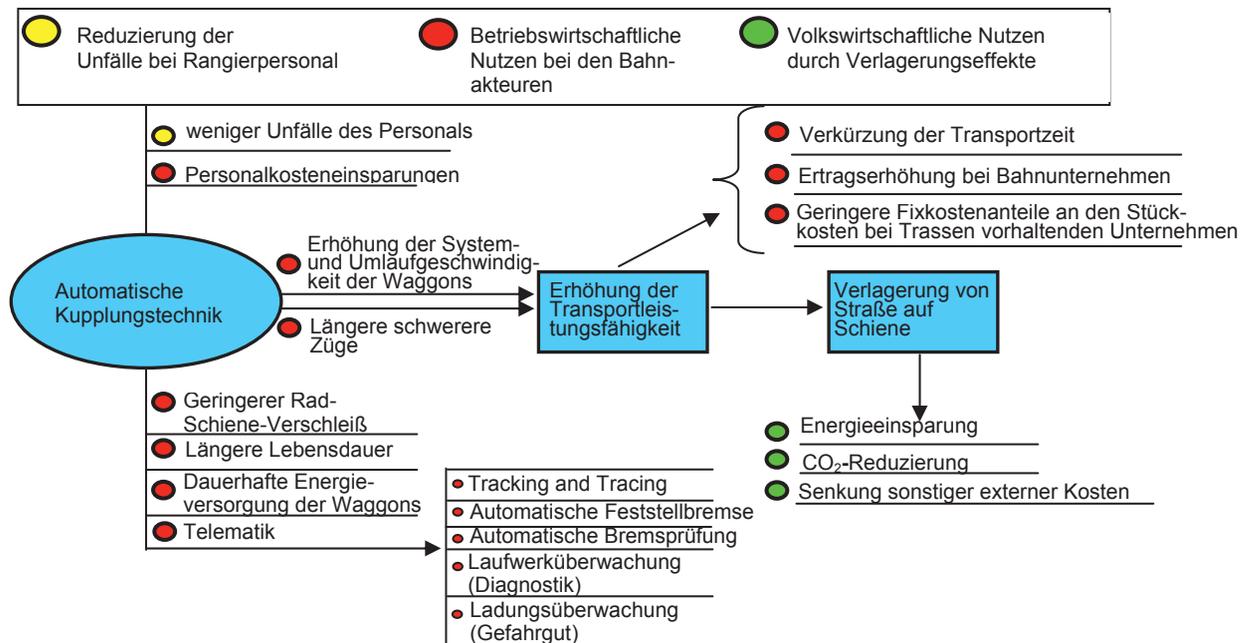
Insgesamt betragen die Gesamtinvestitionen für die Ausrüstung aller 180.000 Güterwaggons in Deutschland rund 1.350 Mio EUR. Bei einer Leasingfinanzierung über 22,5 Jahre (90 % der AfA-Zeit) beziffern sich die Aufwendungen (Leasinggebühren) für die Umrüstung des gesamten Waggonparks ab dem fünften Jahr für die Dauer der Grundmietzeit von 22,5 Jahren (90 % der AfA-Zeit) auf jährlich 99,6 Mio EUR. In der Umrüstphase steigen die jährlichen Leasingraten von anfänglich 19,9 Mio EUR im ersten Jahr bis auf 99,6 Mio EUR im fünften Jahr an. Die kumulierte Anschubfinanzierung bis zum Abschluss der Umrüstung beträgt insgesamt 298,5 Mio EUR.

11. Überblick über die wichtigsten Nutzenkomponenten der AK

Die wichtigsten Nutzenkomponenten sind:

- Betriebswirtschaftliche Nutzenkomponenten, die unmittelbar oder mittelbar durch die Einführung der AK bei den Bahnakteuren entstehen: Erhöhung der Transportleistungsfähigkeit durch höhere Systemgeschwindigkeit, höhere Umlaufgeschwindigkeit der Waggons und längere Züge, weniger Unfälle des Rangierpersonals, Personalkosteneinsparungen, geringerer Rad-/Schieneverschleiß, längere Lebensdauer der AK, Telematik etc. und die
- volkswirtschaftlichen Nutzenkomponenten, die durch die Erhöhung der Transportleistungsfähigkeit der Güterbahn zu einer Verlagerung von Transportströmen von der Straße auf die Schiene führen können: Energieeinsparungen, CO₂-Reduzierungen, Senkung sonstiger externer Kosten des Güterverkehrs.

Bild 9: Überblick über die betriebswirtschaftlichen und volkswirtschaftlichen Nutzenkomponenten



12. Die Anwendung der AK erhöht die Transportleistungsfähigkeit der Güterbahn um mindestens 30 %

Nach den durchgeführten Berechnungen erhöht sich durch die Anwendung der AK die Transportleistungsfähigkeit der Güterbahn

- um mindestens 20 % in Folge der Beschleunigung der Transportprozesse aufgrund höherer Systemgeschwindigkeit¹⁾ und höherer Umlaufgeschwindigkeit²⁾ der Waggons und
- um mindestens 10 % in Folge der technischen Möglichkeit, längere und schwerere Züge zu fahren.

Beide Effekte zusammen führen zu einer erheblichen Ausweitung der Leistungsfähigkeit/Kapazität um 30 % und mehr sowie durch die Beschleunigung zu einer erheblichen Verbesserung der Wettbewerbsfähigkeit der Güterbahn gegenüber dem LKW-Verkehr. Dadurch können Teile von zukünftigen Güterverkehren, die sonst über die Straße abgewickelt werden müssten, auf die Schiene verlagert werden.

13. Aus dem Anstieg der Transportleistungsfähigkeit ergeben sich erhebliche betriebswirtschaftliche Erträge/Nutzen

Nach Abschluss der Umrüstphase errechnen sich für die Nutzungsdauer der AK von 30 Jahren betriebswirtschaftliche Nutzenwerte von mindestens 586 Mio EUR jährlich. Bei der Berechnung der Nutzen wurde konservativ vorgegangen (Minimalvariante).

1) Strecke (km) dividiert durch die Zeit zwischen Be- und Entladung

2) Zahl der produktiven Einsätze eines Waggons multipliziert mit der durchschnittlichen Transportlänge pro Jahr.

Den mit Abstand größten Anteil tragen hierzu die Erträge aus der durch die AK um 30 % ansteigenden Transportleistungsfähigkeit bei. Hieraus ergeben sich für die Güterbahn jährliche betriebswirtschaftliche Erträge von insgesamt 417 Mio EUR¹⁾.

Weitere Erträge kommen u. a. aus den Personalkosteneinsparungen (120 Mio EUR), den Einsparungen durch geringeren Verschleiß an den Radsätzen (25 – 37 Mio EUR) und aus der längeren Lebensdauer der AK (18 Mio EUR). Die AK ist zudem eine Schlüsseltechnologie mit vielfachen, sich daraus erschließenden Nutzenketten (Telematik).

Tab. 2 Zusammenfassung der monetären Nutzenwerte aus der Einführung der AK
– Mio EUR –

		Betriebswirtschaftliche Nutzen 2005 / 2007	Volkswirtschaftliche Nutzen 2007
1	Reduzierung der Unfallzahlen des Rangierpersonals	n. e.	n. e.
2	Personalkosten- einsparungen	120 (2005)	--
3	Geringerer Verschleiß Rad / Schiene	(25 – 37)* (2007)	--
4	Betriebswirtschaftliche Nutzen aus der Steigerung der Transportleistungsfähigkeit		
	- Railion	225 (2007)	--
	- private Bahnunternehmen	192 (2007)	--
	- Trassenvorhalter aus längerer Lebensdauer	n. e. 18 **	n. e. --
5	Volkswirtschaftliche Nutzen aus der Trans- portverlagerung auf die Schiene		
	- Energieverbrauch	--	1.050
	- CO ₂ -Emission	--	333
	- Senkung sonstiger externer Kosten	--	767
6	Nutzenwerte der AK insgesamt	580 – 592	2.150

n. e. = nicht ermittelt;

* = geschätzt, (nur Verschleiß einsparung bei Radsätzen)

** = geschätzt

14. Die volkswirtschaftlichen Nutzen sind drei- bis viermal höher als die betriebswirtschaftlichen Nutzen

Hinzuzurechnen sind die enormen volkswirtschaftlichen Nutzen, die sich aus der Verlagerung von Teilen des Güterverkehrs von der Straße auf die Schiene ergeben. Die Kapazitätserweiterung infolge höherer Systemgeschwindigkeit und längerer Züge führt zu volkswirtschaftlichen Nutzen von jährlich 2.150 Mio EUR. Dieser Betrag ist etwa 3,7-mal höher als die Summe der betriebswirtschaftlichen Nutzen (586 Mio EUR). Größter volkswirtschaftlicher Nutzenblock sind die Einsparungen an Energie (1.050 Mio EUR pro Jahr). Auch die jährlich anfallenden Kostenreduzierungen durch die Verringerung externer Effekte (CO₂-Emission etc.) sind gewaltig.

- 1) Gelingt es, die Systemgeschwindigkeit nicht nur um 20 % – wie bei der Nutzenberechnung angenommen – von 18 auf 21,6 km/h (Minimalvariante), sondern um 100 % auf 36 km/h – ein durchaus realistischer Wert – zu erhöhen (zum Vergleich: beim LKW beträgt sie ca. 64 km/h), so wären allein aus diesem Grund die jährlichen betriebswirtschaftlichen Erträge mit 1.529 Mio EUR gegenüber 417 Mio EUR um fast ein Vierfaches höher. Dies zeigt die starke Hebelwirkung, wie die Erhöhung der Transportleistungsfähigkeit auf die Erträge einwirkt.

15. Extrem hoher Return on Investment (ROI)

Die Investition in die AK bringt der Güterbahn einen extrem hohen Return on Investment (ROI). Nach gut drei Jahren sind die Investitionskosten betriebswirtschaftlich amortisiert (Minimalvariante). Den einmalig anfallenden Gesamtinvestitionen von 1.350 Mio EUR stehen ab dem ersten Jahr nach Abschluss der Umrüstung für die Dauer von 30 Jahren betriebswirtschaftliche Erträge von mindestens 586 Mio EUR jährlich gegenüber (Deckungsbeitrag I). Bereits nach zwei Jahren sind die Gesamtinvestitionen allein durch die betriebswirtschaftlich anfallenden Nutzen gedeckt.

Tab. 3: Gegenüberstellung der Investitionskosten zu den betriebswirtschaftlichen und volkswirtschaftlichen Erträgen (kumuliert) – Mio EUR –

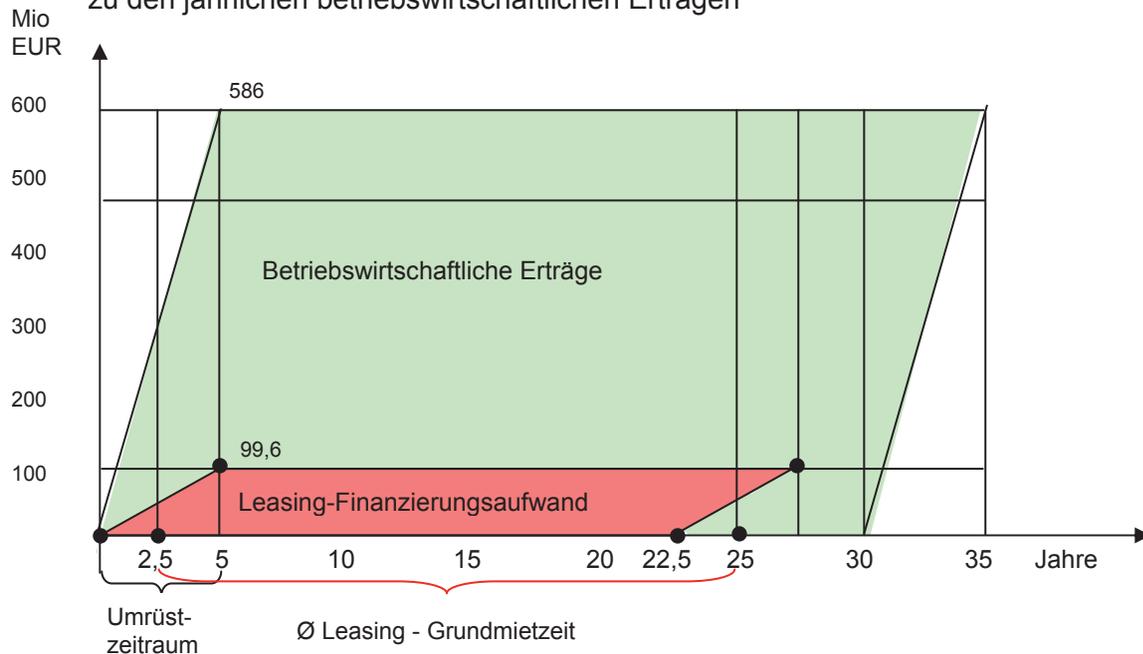
	Nutzungsdauer der AK					
	1 Jahr	2 Jahre	3 Jahre	4 Jahre	5 Jahre	30 Jahre
Investitionskosten	- 1.350	- 1.350	- 1.350	- 1.350	- 1.350	- 1.350
Betriebswirtschaftl. Erträge	+ 586	+ 1.172	+ 1.758	+ 2.344	+ 2.930	+ 17.580
Deckungsbeitrag I	- 764	- 178	+ 408	+ 994	+ 1.580	+ 16.230
Volkswirtschaftl. Erträge	+ 2.150	+ 4.300	+ 6.450	+ 8.600	+ 10.750	+ 64.500
Deckungsbeitrag II	+ 1.386	+ 4.122	+ 6.858	+ 9.594	+ 12.330	+ 80.730

Schließt man in den Kosten-Nutzen-Vergleich zu den betriebswirtschaftlichen Erträgen die volkswirtschaftlichen Erträge mit ein (Deckungsbeitrag II), so sind nicht nur die Gesamtinvestitionen im ersten Jahr der Nutzung der AK vollständig amortisiert, es verbleibt sogar ein Überschuss von + 1.386 Mio EUR.

16. Bei einer Leasingfinanzierung des Investitionsprojekts ergeben sich bereits im ersten Jahr der Nutzung hohe betriebswirtschaftliche Ertragsüberschüsse

Bei einer Leasingfinanzierung des Investitionsprojekts über eine Grundmietzeit (Laufzeit des Leasingvertrages) von 22,5 Jahren (90 % der AfA-Zeit) entstehen jährlich zu zahlende Leasingraten in Höhe von 99,6 Mio EUR. Stellt man den Finanzierungsaufwendungen die betriebswirtschaftlichen Erträge gegenüber, so entsteht bereits im ersten Jahr der Nutzung ein betriebswirtschaftlicher Ertragsüberschuss von 486,4 Mio EUR. Das ergibt für die Grundmietzeit jährlich und insgesamt ein Verhältnis von betriebswirtschaftlichem Ertrag zu Leasingaufwand von rund 5 : 1.

Bild 10: Gegenüberstellung der jährlichen Leasingraten zu den jährlichen betriebswirtschaftlichen Erträgen



Unter Einbeziehung der volkswirtschaftlichen Nutzen beträgt der gesamte jährliche Ertragsüberschuss 2.636 Mio EUR (Gesamtertrag zu Leasingaufwand 27,5 : 1).

17. Fazit

Die betriebswirtschaftlichen und volkswirtschaftlichen Erträge übertreffen um ein Vielfaches die Investitionskosten für die Automatisierung der Güterbahn durch Umrüstung auf die AK. Die Güterbahn wird durch die Automation der Zugbildung und Zugauflösung einen gewaltigen Rationalisierungsschub erhalten, der zu großen Umwälzungen im europäischen Schienen-Güterverkehr führen wird. Weitere Innovationen mit vielfachem Nutzen, beispielsweise in der Telematik, werden dadurch angestoßen.

Den Berechnungen lag jeweils eine konservative Betrachtungsweise zugrunde, sehr wahrscheinlich werden die zukünftig zu erwartenden Erträge/Nutzen weit darüber liegen.

Die Implementierung der AK ist eine europäische Aufgabe.

Aufgerufen sind die nationalen Verkehrsminister der europäischen Staaten, die nationalen Bahngesellschaften, die Europäische Union sowie die UIC, das für die Bahn existenzielle Thema der Automatisierung der Güterbahn durch die AK erneut aufzugreifen, um den europäischen Eisenbahn-Güterverkehr wieder zu einer Renaissance zu führen.

Der erste Schritt wäre die Erarbeitung einer umfassenden Kosten-Nutzen-Analyse für die europäischen Bahnen insgesamt. Auftraggeber könnte die EU sein.

Die Automatische Mittelpufferkupplung (AK)

**Voraussetzung für eine Automatisierung des
Schienen-Güterverkehrs in Europa**

Kosten-Nutzen-Analyse

Langfassung

Bernhard Sünderhauf

I. Zielsetzung und Abgrenzung der Untersuchung

Eine erste umfassende volkswirtschaftliche Kosten-Nutzen-Analyse über die automatische Mittelpufferkupplung hat der große deutsche Nationalökonom Edgar Salin (1892-1974) im Jahr 1966 vorgelegt. [43] Für Edgar Salin war die Frage der automatischen Mittelpufferkupplung nicht einzelwirtschaftlich sondern volkswirtschaftlich und politisch übergreifend für Europa „von akuter Wichtigkeit“.

Rationalisierung und Beschleunigung des europäischen Güterbahnsystems waren für ihn eine Voraussetzung für den Übergang zur Großräumigkeit und zum wirtschaftlich-technischen Verbund in Europa. Immer wieder verwies er auf Friedrich List, dem Pionier nationaler Eisenbahnsysteme, der schon vor 150 Jahren erkannt hatte, welche raumverbindende und raumschaffende Kraft die Eisenbahn von West- und Osteuropa und von Europa zum Nahen, Mittleren und Fernen Osten haben könnte.

Vielleicht entmutigt durch die beiden vergeblichen Einführungsversuche der Jahre 1956 und 1990, hat sich seit Salin keiner mehr an eine volkswirtschaftliche Kosten-Nutzen-Analyse der Automatischen Mittelpufferkupplung herangewagt, lediglich einzelne betriebswirtschaftliche Auswirkungen wurden weiter untersucht.

Das wesentliche Ziel der vorgelegten Kosten-Nutzen-Analyse ist die Herausarbeitung der vielfältigen betriebswirtschaftlichen und volkswirtschaftlichen Nutzen und ihre zahlenmäßige Bewertung und Zusammenfassung. Die sich abzeichnenden Veränderungen der Rahmenbedingungen für den Güterverkehr und die zunehmende interregionale industrielle Arbeitsteilung sind zu berücksichtigen. Die Straße wird zukünftig nicht mehr fähig sein, die weiter ansteigenden Güterströme allein aufzunehmen.

Zentrales Analysefeld sind deshalb die Auswirkungen einer Automatisierung der Zugbildung und Zugauflösung auf die Beschleunigung der Transportprozesse und dadurch auf die Transportleistungsfähigkeit und Kapazität der Güterbahn in Deutschland. Untersucht werden auch Energieeinsparungen und die Reduzierung externer Effekte des Güterverkehrs, insbesondere die Reduzierung der CO₂-Emission, durch eine Verlagerung von Teilen der Güterströme von der Straße auf die Schiene.

Die Investitionskosten werden auf der Basis bereits existierender technischer Lösungen für die AK bestimmt. Zur Finanzierung der Investitionen wird zudem ein spezielles Leasing-Finanzierungskonzept vorgelegt. Letztlich wird der Wettbewerb die technisch ausgereifteste und wirtschaftlich beste Lösung für Technik und Finanzierung hervorbringen.

Aus der gesamtwirtschaftlichen Analyse und den Ergebnissen der Bewertung von Nutzeneffekten für Deutschland lassen sich die raumübergreifenden Auswirkungen dieser Technik auf Europa erahnen. Eine einzelwirtschaftliche bzw. betriebswirtschaftliche Analyse kann dies nicht leisten.

Der nächste Schritt ist die Erstellung einer umfassenden Kosten-Nutzen-Analyse über die automatische Mittelpufferkupplung für die europäischen Bahnen insgesamt. Als Auftraggeber käme die EU in Betracht.

II. Die Wettbewerbsposition der Bahn auf den Güterverkehrsmärkten der Zukunft

1. Die Entwicklung des Güterverkehrs in Deutschland ex-post

(1) Drei Güterverkehre nutzen die deutsche Verkehrs-Infrastruktur

Die gesamte deutsche Güterverkehrsleistung – gemessen in tkm – setzt sich zusammen aus

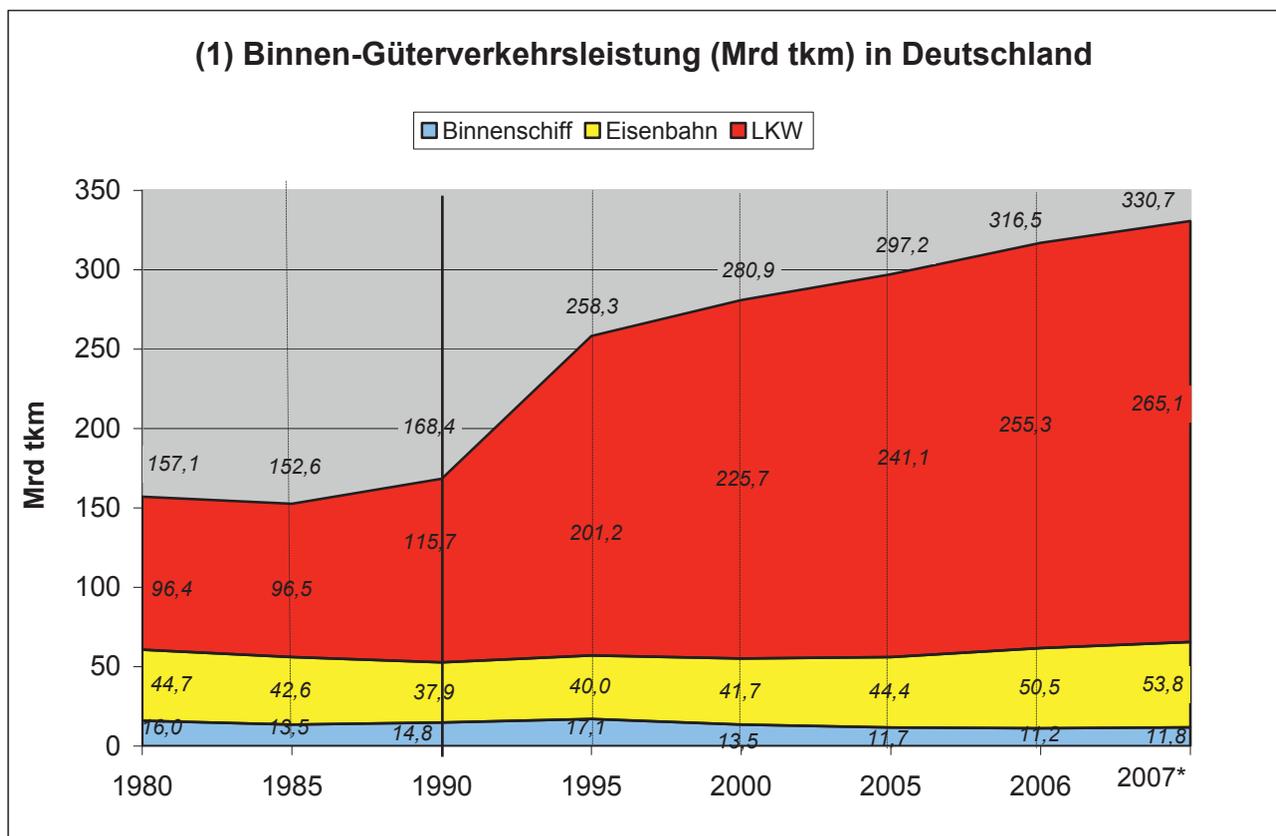
- dem Binnen- bzw. innerdeutschen Güterverkehr (Quelle und Ziel in Deutschland),
- dem Grenzüberschreitenden Güterverkehr (Quelle oder Ziel in Deutschland, Verkehr über die Grenze)
- und dem Transitverkehr (Durchgangsverkehr durch Deutschland, Ausland zu Ausland).

Diese drei Güterverkehrsleistungen bilden insgesamt den Binnenländischen Güterverkehr. Gemeinsam nutzen und belasten sie die deutsche Verkehrsinfrastruktur (Binnenwasserstraße, Schiene, Straße)¹⁾.

(2) Von 1990 bis 2007 stieg der Binnen-Güterverkehr um 96 %, der Grenzüberschreitende Güterverkehr um 126 %, der Transitverkehr um 302 %

In Deutschland hat sich in den letzten 17 Jahren die Binnen-Güterverkehrsleistung (tkm) – Binnenschiff, Eisenbahn und LKW – von rund 168 Mrd tkm im Jahre 1990 kontinuierlich um + 96 % auf über 330 Mrd tkm für das Jahr 2007 erhöht, also fast verdoppelt.

Bild 1: Binnen-Güterverkehrsleistung (Mrd tkm) in Deutschland (Ohne Luftverkehr, Seeschifffahrt und Rohrleitungen, einschließlich Straßengüternahmeverkehr).

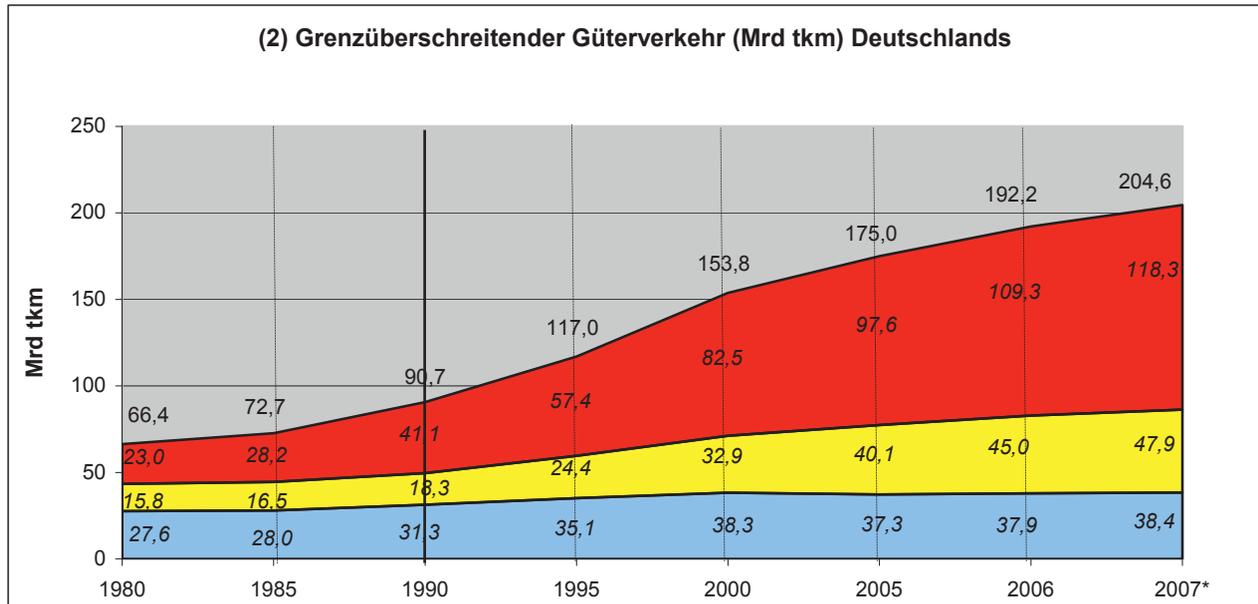


Quelle: Statistisches Bundesamt, Verkehr in Zahlen 2007/08, DIW, * vorläufig.

1) Oberflächenverkehr, ohne Rohrleitungen.

Die grenzüberschreitende Güterverkehrsleistung – Eisenbahn, Straßenverkehr, Binnenschifffahrt – ist im Verhältnis zum deutschen Binnen-Güterverkehr überproportional angewachsen: Während 1990 ca. 91 Mrd tkm von und bis zur Grenze der BRD (Empfang und Versand) gefahren wurden, ist die Transportleistung in Deutschland bis 2007 um + 126 % auf 204,6 Mrd tkm angestiegen.

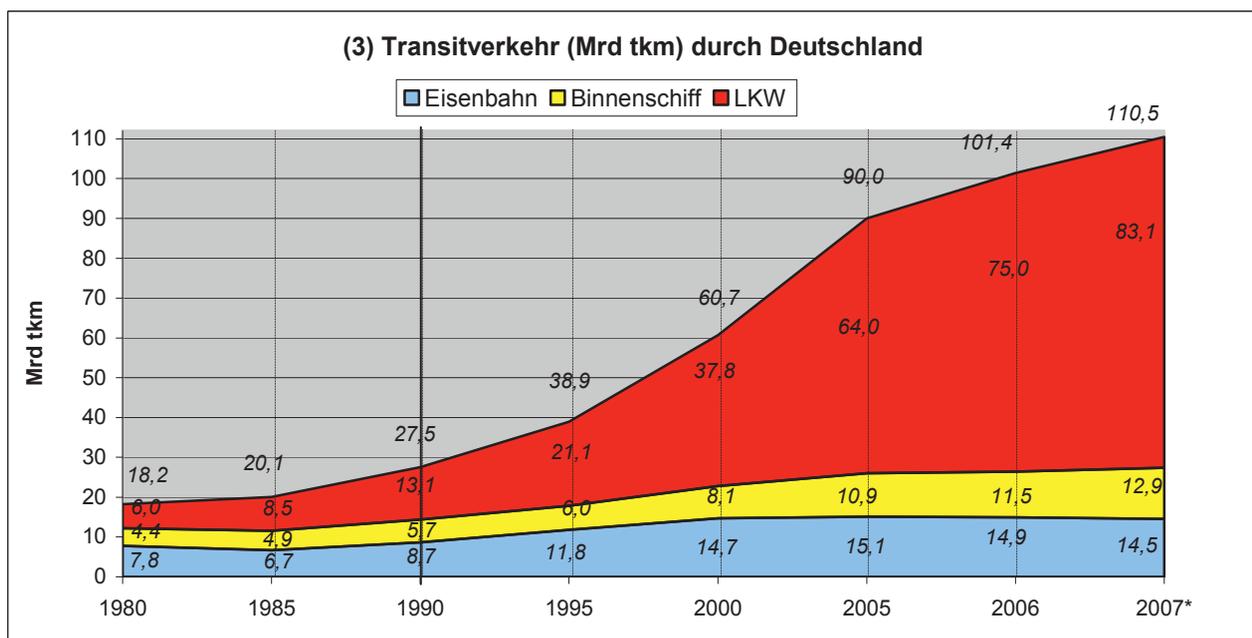
Bild 2: Grenzüberschreitender Güterverkehr Deutschlands – Versand und Empfang – (ohne Rohrfernleitungen, Luftverkehr und Seeschifffahrt)



Quelle: Statistisches Bundesamt, EU-Statistik, DIW, * vorläufig

Das höchste Wachstum unter den drei Verkehrsleistungen hat in den letzten 15 Jahren der Transitverkehr durch Deutschland (Ausland zu Ausland) zu verzeichnen.

Bild 3: Transit (Durchgangsverkehr) Verkehrsleistungen in Deutschland. Ab 2003 geänderte Datenbasis, ab 1994 ohne LKW unter 6 t.



Quelle: Statistisches Bundesamt, EU-Statistik, DIW, * vorläufig

Die Transit-Verkehrsleistung in Deutschland (Binnenwasserstraße, Schiene, Straße) ist seit 1990 von rund 27,5 Mrd tkm um ca. + 302 % auf 110,5 Mrd tkm im Jahr 2007 angestiegen, hat sich also vervierfacht. Davon wurden 2007 ca. 75 % auf der Straße und nur 11,7 % auf der Schiene gefahren.

(3) Der binnenländische Gesamtgüterverkehr (tkm) wuchs seit 1990 jährlich um 4,9%

Fügt man alle sich überlagernden Güterverkehrsströme (1) Binnengüterverkehr, (2) Grenzüberschreitender Verkehr und (3) Transitverkehr zusammen, die die deutsche Verkehrsinfrastruktur (Straße, Schiene, Binnenwasserstraße) in Anspruch nehmen, so hat sich die gesamte Binnenländische Güterverkehrsleistung innerhalb von 17 Jahren von 286,6 Mrd tkm (1990) auf 645,8 Mrd tkm (2007) um + 125 % weit mehr als verdoppelt; dies entspricht einem jährlichen durchschnittlichen Zuwachs von + 4,9 %. Den höchsten jährlichen Zuwachs weist davon der Transitverkehr (+ 8,5 %) auf, gefolgt vom grenzüberschreitenden Verkehr (+ 4,9 %) und dem Binnenverkehr (+ 4,1 %).

Der Schienenverkehr insgesamt wuchs unterproportional (+ 3,7 % p.a.) zur Gesamtverkehrsleistung (+ 4,9 %). Besonders ausgeprägt ist das unterproportionale Wachstum der Bahn im Binnen- (+ 2,1 %) sowie im Transitverkehr (+ 4,9 %), überproportional entwickelte sich hingegen der Grenzüberschreitende Bahnverkehr (Ausfuhr + Einfuhr) mit einer jährlichen Zuwachsrate von + 5,8 %.

Tab. 1: Aggregierte Güterverkehrsleistung (Mrd tkm) Deutschlands – Binnengüterverkehr, Grenzüberschreitender Verkehr, Transit - (Eisenbahn, LKW, Binnenschiff)

	1980	1990	2000	2005	2006	2007*	Jährl. Wachstum in % p.a. von 1990 bis 2007
(1) Binnenverkehr ¹⁾	157,1	168,4	280,9	207,2	317,0	330,7	+ 4,1
davon Schiene	44,7	37,9	41,7	44,4	50,5	53,8	+ 2,1
(2) Grenzüberschreitender Verkehr	66,4	90,7	153,8	175,0	192,2	204,6	+ 4,9
davon Schiene	15,8	18,3	32,9	40,1	45,0	47,9	+ 5,8
(3) Transitverkehr	18,2	27,5	60,7	90,0	101,4	110,5	+ 8,5
davon Schiene	4,4	5,7	8,1	10,9	11,5	12,9	+ 4,9
(4) Binnenländische Verkehrsleistung	241,7	286,6	495,4	562,3	610,1	645,8	+ 4,9
davon Straße	125,4	169,9	346,3	402,7	439,1	466,5	+ 6,1
Schiene	64,9	61,9	82,7	95,4	107,0	114,6	+ 3,7

Quelle: Statistisches Bundesamt, Verkehr in Zahlen 2007/08

1) Differenz aus Zeile (4) – Binnenländischer Verkehr ohne Rohrleitungen und Luftverkehr – abzgl. Zeile (2) und (3), * z.T. vorläufig.

(4) Der LKW wurde zum dominierenden Verkehrsmittel

Während im Schienenverkehr die insgesamt erbrachte Güterverkehrsleistung (tkm) von 1990 bis 2007 nur um ca. 3,7 % p.a. angestiegen ist, hat der LKW-Verkehr eine jährliche Zuwachsrate von 6,1 % zu verzeichnen. Die Wachstumsschere zwischen Bahn- und LKW-Verkehr ging zugunsten des LKW immer weiter auseinander, so wurde der LKW zum dominierenden Güterverkehrsmittel des Oberflächenverkehrs.

Tab. 2: Verteilung der Güterströme (Mrd tkm) in Deutschland auf die Verkehrswege Schiene, Straße und Binnenwasserstraße 2007

	Schiene	Anteil in %	Straße	Anteil in %	Binnenwasserstraße	Anteil in %	Güterströme aller Verkehrswege
(1) Binnenverkehr	53,8	16,3	265,1	80,2	11,8	3,6	330,7
(2) Grenzüberschreitender Verkehr	47,9	23,4	118,3	57,8	38,4	18,8	204,6
(3) Transitverkehr	12,9	11,7	83,1 ¹⁾	75,2	14,5	13,1	110,5
insgesamt	114,6	17,7	466,5	72,2	64,7	10,0	645,8

Quelle: Statistisches Bundesamt, Verkehr in Zahlen 2007/08. Differenzen durch Runden der Zahlen. 1) davon 79,4 Mrd tkm auf ausländischen LKW.

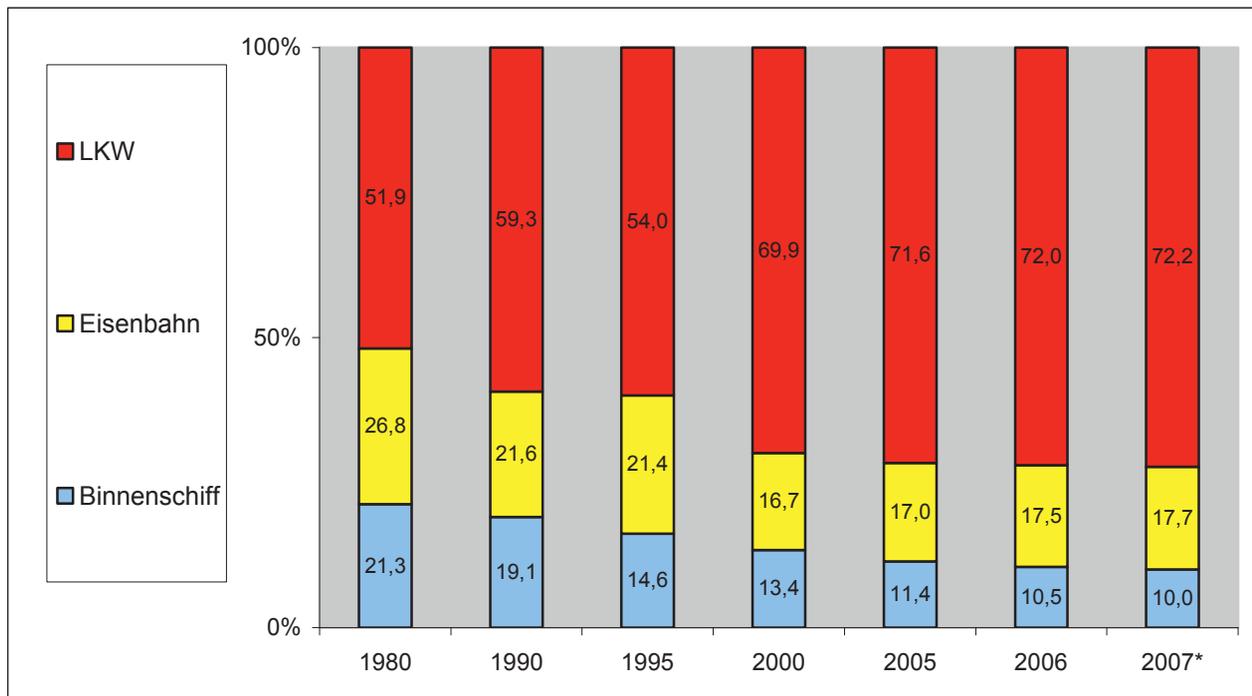
Im Jahre 2007 verteilten sich die aggregierten Güterströme zu 17,7 % auf die Schiene, zu 72,2 % auf die Straße und zu 10,0 % auf die Binnenwasserstraße. Der Anteil der Schiene an den Verkehrsströmen betrug im Transitverkehr trotz vergleichsweise langer Transportentfernungen nur 11,7 %, im Binnenverkehr 16,3 % und im Grenzüberschreitenden Verkehr 23,4 % (vgl. Tab. 2).

(5) Die Transportleistung der Straße ist inzwischen mehr als 4-mal höher als die der Schiene

Mit dem Wachstum des Gesamtverkehrs (tkm) konnte langfristig der Schienen-Güterverkehr nicht Schritt halten. Im Gegenteil: der Anteil des Schienenverkehrs ist in Deutschland seit 1980 von 27 % auf 16,7 % (2000) stetig zurückgegangen, seitdem wieder leicht angestiegen (17,7 % in 2007).

Hingegen hat sich der Marktanteil des LKW-Verkehrs kontinuierlich von 51,9 % (1980) auf 72,2 % (2007) erhöht. Es werden z. Z. mehr als viermal so viele Güter über die Straße als über die Schiene transportiert (vgl. Tab. 3).

Tab 3: Anteil der Verkehrsmittel LKW, Eisenbahn und Binnenschiff in % am gesamten binnenländischen Güterverkehr (tkm).



Quelle: Statistisches Bundesamt, Verkehr in Zahlen, 2007/08, * vorläufig.

2. Die Prognosen des Güterverkehrs in Deutschland bis 2025/2050

(6) Deutschland wurde zum verkehrsgeographischen Zentrum Europas

In der Zukunft ist weiterhin mit einem starken Zuwachs des Güterverkehrs (tkm) in Deutschland und in den angrenzenden europäischen Ländern zu rechnen.

Ursachen hierfür sind nicht nur das langfristig ungebrochene Wirtschaftswachstum, sondern auch die steigende, sich regional differenzierende Arbeitsteilung im Rahmen der Osterweiterung der EU und der Integration neuer Produktionsstandorte und Märkte in Europa und weltweit.

Die Verkehrsinfrastruktur in Deutschland wird zunehmend durch den stark ansteigenden Güter-Transitverkehr der angrenzenden EU-Länder, vor allem durch den zunehmenden Export- und Importverkehr zu/von den interkontinentalen Seehäfen Hamburg, Bremen, Rotterdam, Amsterdam, Antwerpen, Genua, Marseille etc. in Anspruch genommen.

Deutschland ist nach der Wiedervereinigung zum verkehrsgeographischen Zentrum Europas geworden.

(7) Die Binnenländische Verkehrsleistung steigt voraussichtlich von 2005 bis 2025 um 67 %, bis 2035/40 um 100 %

Unter der Voraussetzung, dass die Daten der im Auftrag des Bundesverkehrsministeriums erstellten Abschätzungsprognosen für 2025 und 2050 über die Entwicklung der Verkehrsleistung in etwa realistisch eintreffen könnten, ergeben sich folgende Zahlen:

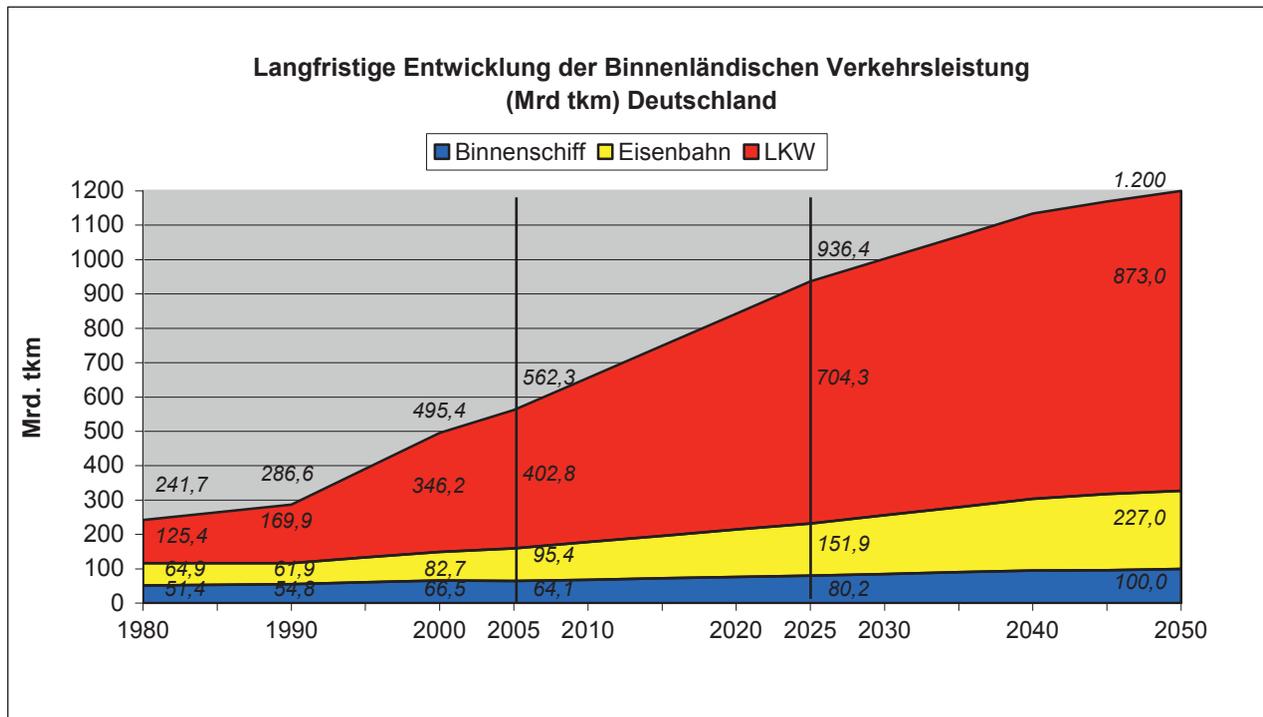
Tab. 4: Prognosen über die Entwicklung der Güterverkehrsleistung (Mrd tkm) bis 2025 und 2050

	2005	2025	Wachstum 2005-2025 in %	Wachstum 2005-2025 % p.a.	2050	Wachstum 2005-2050 in %	Wachstum 2005-2050 in % p.a.
(1) Binnenverkehr	297,3	406,0	+ 36,6	+ 1,6	481,0	+ 61,8	+ 1,1
davon Schiene	44,4	61,9	+ 40,0	+ 1,7	97,0	+ 118,0	+ 1,8
(2) Grenzüberschreitender Verkehr	175,0	330,9	+ 89,1	+ 3,2	460,0	+ 162,9	+ 2,2
davon Schiene	40,1	69,6	+ 74,0	+ 2,8	97,0	+ 142,0	+ 2,0
(3) Transitverkehr	90,0	199,5	+122,0	+ 4,1	260,0	+ 189,0	+ 2,4
davon Schiene	10,9	20,4	+ 87,0	+ 3,2	33,0	+ 203,0	+ 2,5
(4) Binnenländische Verkehrsleistung ¹⁾	562,3	936,5	+ 67,0	+ 2,6	1.200,0	+ 113,0	+ 1,7
davon Schiene	95,4	151,9	+ 59,0	+ 2,4	227,0	+ 138,0	+ 1,9
Straße	402,7	704,3	+ 75,0	+ 2,8	873,0	+ 117,0	+ 1,7
Binnenwasserstraße	64,1	80,2	+ 25,0	+ 1,1	100,0	+ 56,0	+ 1,0

Quelle: Daten für 2005 aus DIW Verkehr in Zahlen 2006/07, für 2025 (1 – S. 213), für 2050 [2 – S. 118]. 1) Ohne Rohrleitungs- und Flugverkehr, Differenzen durch Runden der Zahlen.

Innerhalb von 20 Jahren (2005-2025) wird der Binnenländische Güterverkehr (tkm) in Deutschland voraussichtlich um ca. 67 % ansteigen, innerhalb von 30-35 Jahren (2005-2035/40) um 100 %. Die größten Zuwachsraten wird der Transitverkehr aufweisen (bis 2025: + 122 %, bis 2050: + 189 %), der 2025 zu ca. 88 % über die Straße abgewickelt werden wird, gefolgt vom Grenzüberschreitenden Verkehr (bis 2025: + 89 %, bis 2050: + 163 %).

Bild 4: Langfristige Entwicklung der Binnenländischen Verkehrsleistung (tkm) (Binnenschiff, Eisenbahn, LKW) von 1980 bis 2050



Quelle: DIW Verkehr in Zahlen 2006/07, für 2025 (1 – S. 213), für 2050 (2 – S. 118)

3. Veränderungen der Güterstruktur

(8) Die Transportströme (tkm) an stückgutrelevanten Gütern – das Potential für den Einzelwagenverkehr der Bahn – verdoppeln sich bis 2015, verdreifachen sich bis 2050, der Marktanteil der Bahn an diesen Gütern geht zurück

Nach den Prognosen wird bereits für die Jahre bis 2015 der Marktanteil der Bahn am zukünftigen binnenländischen Güterverkehr Deutschlands (laisser-faire Variante) vor allem bei höherwertigen Stückgütern zurückgehen:

Tab 5: Transportleistung (Mrd tkm), Modal-Splitanteile (in %) der Bahn an stückgutrelevanten Gütern des Binnengüterverkehrs Deutschlands

Stückgutrelevante Güter	1997			2015			Veränderung des Modal-Splitanteils der Bahn
	Transportleistung Mrd tkm	davon Bahn Mrd tkm	Modal-Splitanteil Bahn	Transportleistung Mrd tkm	davon Bahn Mrd tkm	Modal-Splitanteil Bahn	
(1) Chemische Erzeugnisse	38,8	7,9	20,3%	62,9	9,9	15,8%	- 22,2%
(2) Düngemittel	27,9	4,9	17,7%	51,9	7,1	13,6%	- 23,2%
(3) Investitions- und Verbrauchsgüter	96,3	20,2	20,9%	212,4	30,2	14,2%	- 32,1%
Insgesamt	163,0	33,0	20,2%	327,2	47,2	14,4%	- 28,7%

Quelle: Verkehrsprognose 2015, [3 – S. 249 – 251].

Obwohl das Transportvolumen (tkm) dieser drei Güterarten, die man als stückgutrelevante Güter bezeichnen kann, insgesamt von 1997 bis 2015 von 163 Mrd tkm um + 100,6 % auf voraussichtlich über 327 Mrd tkm ansteigen wird, geht nach dieser Prognose der Marktanteil der Bahn an den stückgutrelevanten Gütern von 20,2 % (1997) auf 14,4 % (2015) extrem zurück.

Der Anteil stückgutrelevanter Güter (Fahrzeuge, Maschinen, Halb- und Fertigerzeugnisse) an der Gesamtverkehrsleistung wird nach der Prograns-Prognose bis zum Jahr 2050 von ca. 33 % auf über 47 % (2050) ansteigen. Die Zunahme bis 2050 ist mit + 202 % etwa dreimal höher als die der Gesamtleistung mit + 110 %. Das bedeutet: die Transportleistung an stückgutrelevanten Gütern verdreifacht sich in diesem Zeitraum, während sich die Gesamtleistung bis 2050 verdoppelt (vgl. Tab. 6).

Tab. 6: Der Anteil stückgutrelevanter Güter an der Binnenländischen Verkehrsleistung (Mrd tkm) 2005 bis 2050

	2005	Anteil in %	2020	Anteil in %	2030	Anteil in %	2050	Anteil in %	Wachstum 2005-2050 in %
Fahrzeuge, Maschinen, Halb- und Fertigerzeug- nisse	191	32,9	341	40,5	424	43,2	576	47,3	+ 202
Binnenländi- sche Ver- kehrsleistung insgesamt	581	100	842	100	982	100	1.218	100	+ 110

Quelle: Prograns-Prognose 2050. [2 – S. 122]

Der zukünftig zu erwartende Anstieg des Anteils der stückgutrelevanten Güter am Gesamttransportaufkommen und die festgestellte Tendenz zur Verlängerung der durchschnittlichen Transportentfernung zwischen Quell- und Zielorten [2 – S. 107] kennzeichnen ein wachsendes, aber bisher weitgehend ungenutztes Potential vor allem für den Wagenladungs- bzw. Einzelwagenverkehr der Bahn.

Die Zukunft der Güterbahn wird davon abhängen, inwieweit es der Verkehrspolitik und den Bahnunternehmen gelingt, sowohl die Kapazität als auch die Transportqualitäten für den Einzelwagen im System Schienenverkehr durch Automatisierung wesentlich zu erhöhen und damit seine Wettbewerbsposition vor allem gegenüber dem Straßenverkehr zu verbessern.

(9) Die Veränderung der Güterstruktur zu mehr hochwertigen Gütern stellt neue Anforderungen an die Transportqualität

Neben der quantitativ steigenden Nachfrage nach Transportleistungen haben sich auch die Güterstruktur und somit die Anforderungen der verladenden Wirtschaft an die Qualität der Transportmittel verändert.

Die anhaltende Veränderung der Güterstruktur zu mehr hochwertigeren Gütern spiegelt sich in der Wert-Gewichts-Relation der Transportgüter wider. Diese ist im deutschen grenzüberschreitenden Verkehr insgesamt von 1980 bis 2006 von 1.364,00 EUR/t um ca. 40 % auf 1.924,00 EUR/t stark angestiegen; d. h. die Transportgüter werden im Durchschnitt immer wertvoller.¹⁾ Nach der Güterverkehrsprognose 2025, erstellt im Auftrag des BMVB, wird die Wert-/Gewichtsrelation bis zum Jahr 2025 um weitere 40 % auf durchschnittlich 2.649,00 EUR/t (inflationsbereinigt) ansteigen [2 – S. 244].

Dieser Trend dürfte sich analog auch im Binnen- und im Transitverkehr vollziehen. Dies geschieht nicht nur durch den relativen und z.T. absoluten Rückgang der Massengutverkehre (Erze, Kohle, Steine und Erden, Mineralöle, etc.), sondern vor allem durch den überproportionalen Anstieg stückgutrelevanter Güter mit steigenden Werten. Dieser Wertsteigerungsprozess ist u.a. verursacht durch die anhaltende Miniaturisierung technischer Produkte (z. B. Computer), die Gewichtsreduktion durch den Einsatz von Kunststoffen sowie ganz allgemein durch die steigende Komplexität und Werthaltigkeit technischer Produkte.

Vor allem bei Stückgütern verringert sich mit steigendem Wert-Gewichtsverhältnis der Transportpreis im Verhältnis zum Warenwert der Gütersendung, d. h. das komparative Gewicht des Transportpreises als ein Entscheidungskriterium für die Wahl des Transportmittels verkleinert sich relativ gegenüber den Gewichten anderer Entscheidungskriterien wie Schnelligkeit, Pünktlichkeit, Flexibilität, Netzbildungsfähigkeit und weiterer Faktoren der Transportqualität.

Das bedeutet, dass sich der Wettbewerb immer weniger über die Preise manifestiert. Zu hoch sind die Vorzüge des Lkw-Güterverkehrs hinsichtlich Schnelligkeit, Pünktlichkeit, Flexibilität und Netzbildungsfähigkeit gegenüber der Bahn. Jedoch könnte auch in Folge der Engpassproblematik der Straße das „System Schiene“ durch die Automatisierung und technische Weiterentwicklung wenigstens auf langen Transportstrecken gegenüber dem „System Straße“ konkurrenzfähig werden.

4. Kapazitätsengpässe in der Infrastruktur des Straßen- und Bahn-Güterverkehrs

(10) Die Engpassproblematik der Straße wird sich zukünftig großräumig verschärfen

Die prognostizierte Verdopplung der Güterströme innerhalb der nächsten 25 bis 30 Jahre wird durch die weiterhin hohe Präferenz der verladenden Wirtschaft zugunsten des Lkw-Verkehrs zu einer fortschreitenden Verdichtung der Verkehrsströme und zu ansteigenden Engpässen auf der Straße führen. Die zu erwartende kollapsähnliche Engpassentwicklung auf vielen Teilen der Straße (Flaschenhalse) kann auch durch einen massiven Ausbau der Straßenverkehrsinfrastruktur kurz- bis mittelfristig nicht verhindert, höchstens abgemildert werden.

1) Statistisches Bundesamt, Generalhandel, Intrahandel mit Europa, Fachserie 7, F1. Die Wert-Gewichtsrelation beziffert sich 2006 beim Bahnverkehr auf 1.148 EUR/t (Einfuhr) 1.849 EUR/t (Ausfuhr) und beim Straßenverkehr auf 1.849 EUR/t (Einfuhr) und 2.833 EUR/t (Ausfuhr).

Bild 5: Zu- und Abnahme des Straßen-Inlandverkehrs bis 2020

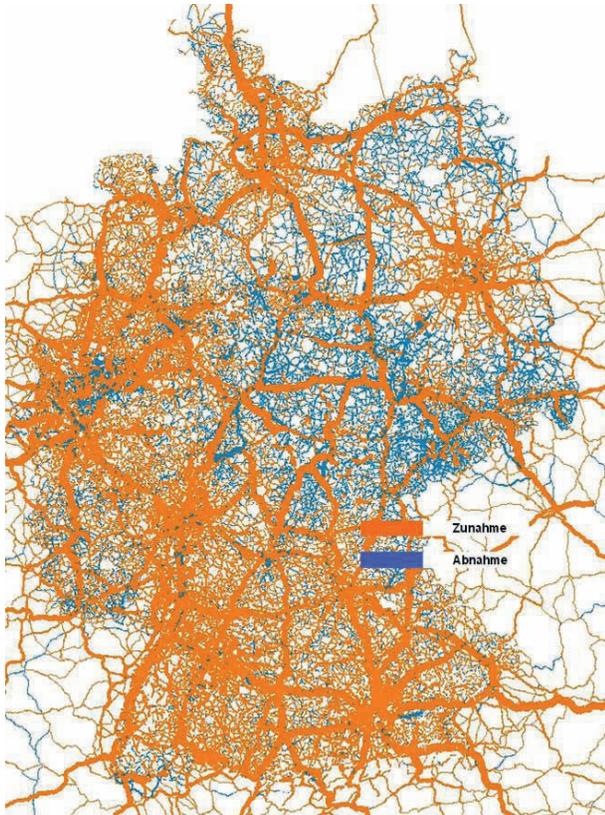
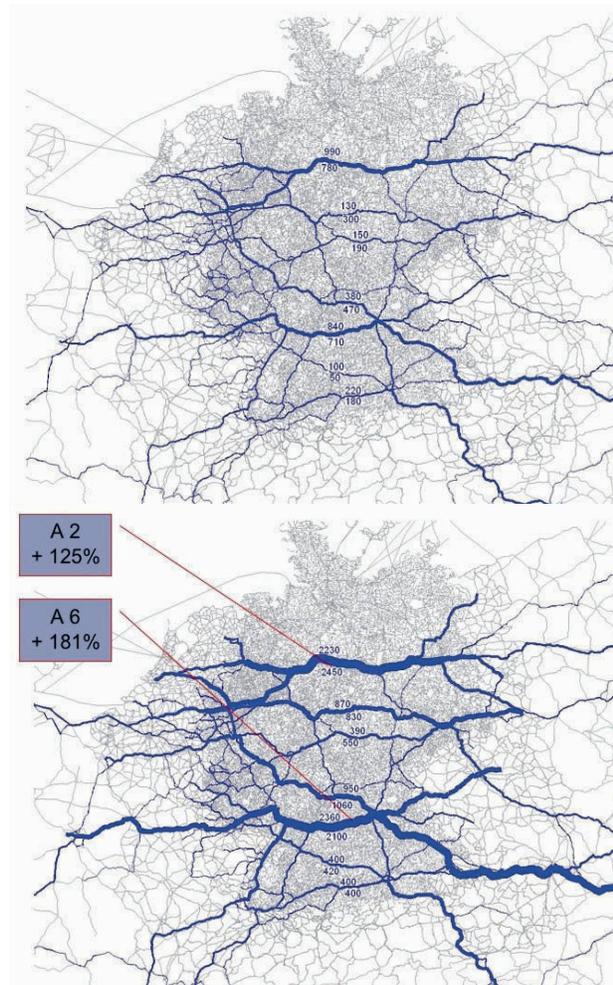


Bild 6: Zunahme des LKW-Transitverkehrs von 2002 - 2020



Quelle Bild 5 und 6: acatech Studie, „Mobilität 2020“ (2006)

Schon heute behindern im zunehmenden Maße Verkehrsengpässe durch Überlastung den Güterverkehr auf Landstraßen und Autobahnen, nicht nur im Nord-Süd-Transit über die Alpen, in den Ballungszentren sowie bei den Verkehrsrelationen zu/von den Seehäfen, sondern bereits in der Fläche vor allem in West- und Süddeutschland.

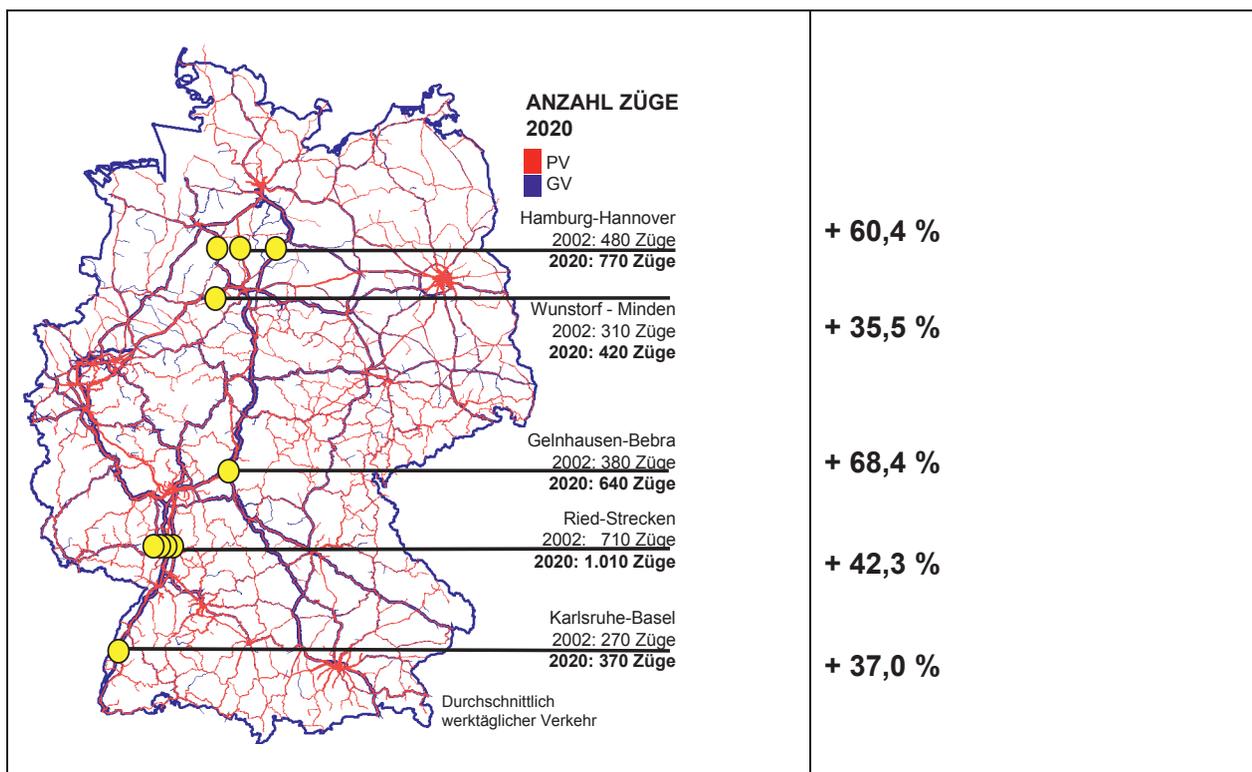
(11) Engpässe sind auch im Schienen-Güterverkehr zu erwarten

Auch bei wichtigen Trassen/Transversalen des Schienenverkehrs sind bereits heute Engpässe zu verzeichnen. Da Personen- und Güterverkehr in der Regel auf gemeinsamen Schienentrassen fahren, ergeben sich besonders auf den Hauptverkehrsachsen erste Engpässe (acatech Mobilität 2020).

Die Beseitigung der bestehenden und die Vermeidung zukünftiger Engpässe bei der Straßen- und Bahninfrastruktur ist Voraussetzung dafür, dass die im Kap. II, 2. prognostizierten Verkehrsleistungen von Straße und Schiene in Zukunft realisiert werden können.

Da der Ausbau von ausschließlich für den Güterverkehr vorgehaltenen Paralleltrassen äußerst schwierig sein dürfte, fordern daher verschiedene Autoren und auch das Bundesverkehrsministerium die Erhöhung des Zuggewichts und die Verlängerung der Güterzüge [vgl. 35 – S. 29]. Dies beides sowie die Erhöhung der Kapazität durch Beschleunigung der Transportprozesse sind jedoch technisch nur möglich, wenn die Güterwaggons auf die automatische Mittelpuffer-Kupplung umgerüstet werden (vgl. Kap IV.2).

Bild 7: Hauptverkehrsachsen im Schienenfernverkehr und die Anzahl der im Jahr 2020 zu erwartender Züge im Personenfern- und Güterverkehr



Quelle: acatech Studie, „Mobilität 2020“, (2006)

(12) Die Just-in-time Produktion der Industrie ist vor allem durch die Engpassproblematik der Straße gefährdet

Durch die räumliche Verlagerung und Vernetzung der Wertschöpfungsketten sind die industriellen Unternehmen – die Nachfrager von Transportleistungen – für die Montage der Endprodukte darauf angewiesen, dass die Güterströme der Zulieferindustrie just-in-time und simultan an die Endfertigung herangeführt werden. Dies gilt auch für die Absatzseite. Dadurch können innerbetriebliche Zwischenlager reduziert und z.T. ganz eingespart und Kapitalkosten für die Kapitalbindung durch Güter in den Lagern vermindert werden.

Diese reibungslose Heranführung von industriellen Vorleistungen an die Endmontage setzt eine reibungslose Just-in-time-Organisation voraus.

Eine Studie der Forschungsstelle Güterverkehrsmarketing (FGVM) der Universität Münster hat ermittelt, dass bereits 2003 rund 64 % der Industrieunternehmen eine Just-in-time-Produktion betreiben, und dass dieser Anteil in Zukunft noch weiter zunehmen wird. [5 – S. 5] 70 % der nationalen Just-in-time-Transporte entfallen z. T. auf den LKW-Verkehr, auf die Bahn lediglich ca. 17 %. Bei den grenzüberschreitenden Just-in-time-Transporten Deutschlands werden ca. 60 % über die Straße und 20 % über die Schiene abgewickelt. [6 – S. 14, 5 – S. 13]

(13) Die Verkehrsengpässe verletzen elementare volkswirtschaftliche Interessen

Wenn Unternehmen mit ihren Zulieferern und/oder mit ihren Kunden in eine Just-in-time-Organisation eingebunden sind, werden Pünktlichkeit, Reibungslosigkeit und Flexibilität des Transportablaufes von prioritärer Bedeutung.

Die wachsende Engpassproblematik der Straße und z.T. auch der Schiene birgt eine Gefahr für die reibungslose Just-in-time-Organisation wichtiger Industriezweige (z. B. Automobilindustrie) und führt damit zu einem Attraktivitätsverlust des Wirtschaftsstandortes Deutschland, so dass elementare volkswirtschaftliche Interessen berührt werden.

Aufgrund der Engpassproblematik der Straße ist beim LKW-Verkehr zukünftig mit einer spürbaren Verschlechterung der Transportqualitäten wie Transportgeschwindigkeit, Berechenbarkeit und Flexibilität zu rechnen. [16 – S. 10]

Zugleich eröffnet die Engpassproblematik der Straße dem Güterverkehr auf der Schiene in Zukunft Chancen, wenn es diesem gelingt, vor allem auf langen Relationen Produktivität und Transportqualität zu steigern, möglichst auf ein mit der Straße vergleichbares Niveau.

5. Die CO₂-Emission des Straßen- und Bahngüterverkehrs

(14) Die CO₂- Emission pro tkm ist beim LKW 4,6-mal höher als bei der Bahn

Bei der Ermittlung der CO₂ – Emission der einzelnen Verkehrsträger sind zu unterscheiden:

- die direkten Emissionen, d.h. Verbrennung von fossilen Kraftstoffen, z.B. im Motor/Triebwerk und
- die indirekten Emissionen, die in der Vorkette vor dem Leistungseinsatz, d. h. durch Verbrennung in Kraftwerken zur Umwandlung in Strom entstehen.

Die Berechnung der verkehrsspezifischen Emission muss beide, direkte und indirekte Emissionen, umfassen. Die Berechnungen und Abgrenzungen sind unvollständig und bekanntermaßen ungenau. Trotzdem wird versucht, die Emissionsrelationen zwischen alternativen Transportarten zu bestimmen

(vgl. Tab. 7). Als Bezugsgröße der CO₂ - Emission sind die erbrachten Verkehrsleistungen (tkm) der Verkehrsarten herangezogen worden, obwohl Leerfahrten, Art der Transportmittel und Steuerung der Transportprozesse einen wesentlichen Einfluss auf die gesamte CO₂ - Emission ausüben im Verhältnis zu den erbrachten Verkehrsleistungen (tkm) nicht berücksichtigt werden.

Die CO₂ - Emission des Oberflächenverkehrs (Bahn, LKW, Binnenschiff) betrug 2004 insgesamt 53,6 Mio t, davon entfallen auf den Straßengüterverkehr etwa 48,6 Mio t und auf den Bahnverkehr ca. 2,5 Mio t.

Tab. 7: Beziehungen zwischen Güter-Verkehrsleistung (tkm) der Verkehrsarten und CO₂-Emission im Jahr 2004.

	Schiene	Straße	Binnenschiff	insgesamt
(1) Verkehrsleistung (Mrd tkm)	91,900	392,500	63,700	548,100
(2) Gesamte CO ₂ -Emission (Mio t)	2,475	48,600	2,524	53,600
davon Elektrotraktion	1,970	-	-	-
Dieseltraktion	0,505	-	-	-
(3) CO ₂ -Emission (Mio t) pro 100 Mrd tkm Transportleistung	2,690	12,380	3,960	19,030
Relationen der Emissionen pro tkm	1,000	4,600	3,100	-

Quelle: Prognose der deutschlandweiten Verkehrsverflechtungen 2025, ITP-BVU, a.a.o, S. 284 ff.

Auf der Basis der geleisteten tkm-Einheit stellt sich das Verhältnis beim CO₂-Ausstoß von LKW zu Bahn auf 4,6 : 1. Durchschnittlich ist der CO₂-Ausstoß je gefahrene Tonne pro km beim LKW-Güterverkehr 4,6 mal höher als bei der Bahn. INFRAS ermittelt für die gesamten externen Kosten des Güterverkehrs ein Verhältnis LKW zu Bahn von 4,1 : 1. [54 – S. 22]

Durch Verlagerungen von Teilen des Güterverkehrs von der Straße auf die Schiene kann die CO₂-Emission erheblich reduziert werden. Wenn es gelingt 1 Mio tkm von der Straße auf die Schiene zu verlagern, reduziert sich die CO₂-Emission auf 22 % der bisherigen Straßen-CO₂-Emission, analog dürfte der Energieinput gesunken sein.

Würden 10 Mrd tkm (= 2,1 % der zusätzlich jährlich vom LKW zur erbringenden Transportleistung bis 2050) von der Straße auf die Schiene verlagert, bewirkt dies eine CO₂-Emissionsreduzierung von ca. 1 Mio t p.a.. Würde der Gesamtzuwachs der LKW-Leistung von 2005 bis 2050 auf die Schiene verlagert, brächte das eine CO₂-Emissionsreduzierung von rund 47 Mio t (ceteris paribus) bei einer entsprechend hohen Energieeinsparung.

(15) Die CO₂-Emission des LKW-Verkehrs nimmt trotz Energiereduzierung durch Effizienzsteigerung weiter zu

Die zu erwartenden Effizienzsteigerungen bei Fahrzeugen (z. B. Antriebstechnik) und bei der Organisation (z. B. Reduzierung der Leerfahrten) des Straßen-Güterverkehrs können bewirken, dass gemäß den Prognosen die jährliche gesamte LKW-CO₂-Emission von 48,6 Mio t (2004) bis zum Jahr 2025 nur noch um ca. 19 % auf 57,6 Mio t (2025) ansteigen wird, obwohl sich die binnenländische LKW-Verkehrsleistung im gleichen Zeitraum um über 70 % erhöht. [1 – S. 272] Gleiche Effizienzsteigerungen werden auch im Bahnverkehr erwartet.

Tab. 8: Prognose der CO₂-Emission

	2004	2025	Veränderung 2025 gegenüber 2004
Verkehrsleistung (Mrd tkm)			
- LKW	392,5	704,3	+ 79,0 %
- Güterbahn	91,9	151,9	+ 65,0 %
CO ₂ Emission (Mio t)			
- LKW	48,6	57,6	+ 18,6 %
- Güterbahn	2,5	2,8	+ 11,6 %
Insgesamt	51,1	60,4	+ 18,3 %

Quelle: [2 – S. 213, 272]

Durch die Größenordnung der CO₂-Emission des LKW-Verkehrs (48,6 Mio t 2004) – das entspricht der Emission von ca. 15 bis 20 Kohlekraftwerken neuerer Bauart ¹⁾ – und die voraussichtliche Erhöhung auf 57,6 Mio t (2025) gehört die sukzessive Verlagerung des Güterverkehrs von der Straße auf die Schiene im Sinne des Kyoto-Protokolls in den Rang einer übergeordneten verkehrspolitischen Priorität.

Die "Klimaagenda 2020" fordert in 13 Jahren eine Reduzierung der gesamten CO₂-Emission des Verkehrs um 30 Mio t. Insbesondere sollen „wesentliche Teile des Güterverkehrs in Zukunft stärker von der Straße auf die Schiene und auf Binnenschiffe verschoben werden“. [32 – Ziffer 7] Wie soll das bei einer prognostizierten Verdopplung der Güterverkehrsleistung auf der Straße bis 2035/40 gegenüber 2005 (ohne zusätzliche Verlagerung auf die Schiene) zu Wege gebracht werden?

1) Die CO₂-Emissionen p.a. von Kohlekraftwerken betragen z. Z.: Bexbach 2,9 Mio t, Bergkamen 4,4 Mio t.

III. Die zukünftig stark steigenden Verkehrsströme, die sich ändernde Güterstruktur und die hohen CO₂-Emissionen erzwingen eine Neuausrichtung der Güterbahn

1. Strukturveränderungen auf der Nachfrage- und Angebotsseite

Vor allem durch den technischen Fortschritt und die Internationalisierung der Märkte haben sich in den letzten Jahren die Struktur der Nachfrage und des Angebots auf den Güterverkehrsmärkten stark verändert.

(16) Einschneidende Strukturveränderungen auf der Nachfrageseite der Transportmärkte

Die zukünftigen Strukturen der Nachfrage auf den Transportmärkten sind durch folgende Entwicklungen gekennzeichnet:

- **Wachstumsmarkt**
Die Gesamtnachfrage nach Transportleistung steigt kräftig an (Verdoppelung der Güterverkehrsleistung bis 2035/40).
- **Güterstruktureffekt im Warenaustausch**
Massengüter verlieren relativ, hochwertige Stückgüter gewinnen stark an Bedeutung und erfordern spezifische, hochqualitative Transportabläufe.
- **Just-in-time-Produktion**
Nationale und internationale Arbeitsteilung verlangen pünktliche, flexible und störungsfreie Transportabläufe.
- **Transportpreise**
Preise sind nicht mehr Hauptentscheidungskriterium für die Verkehrsmittelwahl der verladenden Wirtschaft; andere Kriterien wie Systemschnelligkeit, Pünktlichkeit, Flexibilität und Netzbildungsfähigkeit sind für die Wahl des Transportmittels relevanter.
- **Internationale Verflechtung**
Die Zunahme internationaler Verflechtungen bedingt effiziente internationale, grenzüberschreitende Verkehre und effiziente Transitverkehre durch Deutschland mit ansteigender Komplexität der Transportkettenbildung.
- **Logistikabläufe**
Die Zunahme der Komplexität der Logistikabläufe sowie individuelle Informations- und Logistikbedürfnisse der verladenden Wirtschaft verlangen spezifische Logistikangebote. [2 – S. 60]

(17) Veränderungen sind bei der Verkehrsinfrastruktur (Angebotsseite) und bei den Rahmenbedingungen der Verkehrspolitik dringend erforderlich

- Die sich abzeichnenden zukünftigen Engpässe im Straßengüterverkehr und zum Teil im Bahngüterverkehr fordern verstärkte Investitionen des Staates in die Infrastruktur. Inwieweit durch Siedlungsstruktur, Flächenknappheit und sinkender Akzeptanz der Bevölkerung zukünftige limitierende

Widerstände gegen den weiteren Ausbau des Straßen- und Schienennetzes entstehen werden, ist heute noch nicht abzusehen.

- Die Erhöhung der Leistungsfähigkeit der bestehenden Infrastrukturnetze hat deshalb absoluten Vorrang gegenüber der Erweiterung: Effizienzsteigerung kommt vor Erweiterungsinvestition.
- Die ökologischen Anforderungen (Senkung der CO₂-Emission) an Transportsysteme werden durch politischen Druck stark zunehmen und erlangen eine übergeordnete Priorität für die Verkehrspolitik. Diese Veränderungen werden in Zukunft die Rahmenbedingungen setzen, aus denen sich die Verkehrspolitik (Ordnungspolitik) und die Investitionstätigkeit des Staates (Strukturpolitik) ableiten.
- Energieknappheit und daraus folgende Energiepreiserhöhungen erzwingen neue Techniken und Systemlösungen im Verkehr.

2. Fehlentwicklungen bei der Güterbahn

(18) Die Güterbahn hat auf die Strukturveränderungen der Nachfrage angebotsseitig unangemessen reagiert

Die Schwerpunkte des Schienengüterverkehrs liegen zur Zeit noch im Marktsegment „Ganzzüge“ für durchgängige Massengütertransporte (Kohle, Erze, Steine und Erden, Erdöl, Container etc.) sowie in einigen Nischenmärkten, wie dem Kombinierten Verkehr zu und von den Seehäfen, Rollende Transportgüter, Palettenverkehre etc..

Massengüter-Ganzzüge fahren im Allgemeinen ohne Rangiervorgänge vom Versender zum Empfänger als geschlossene Zugeinheit. Die Kosten für die Zugbildung und Verteilung in der Fläche entfallen weitgehend; daher ist der Kostendeckungsgrad mit ca. 120 % vergleichsweise sehr hoch. Bisher entfallen ca. 54 % der gesamten Bahnverkehrsleistung auf den Ganzzug. Die weitere Zunahme des Ganzzugverkehrs stößt jedoch vor allem als Folge der zukünftigen Güterstrukturentwicklung bald an Grenzen. So verbleiben für ein weiteres Wachstum des Güterbahnverkehrs im Wesentlichen die Marktsegmente Einzelwagenverkehr und Kombiniertes Verkehr.

Tab. 9: Anteil der Verkehrsarten an der Bahn-Verkehrsleistung und deren Kostendeckungsgrad

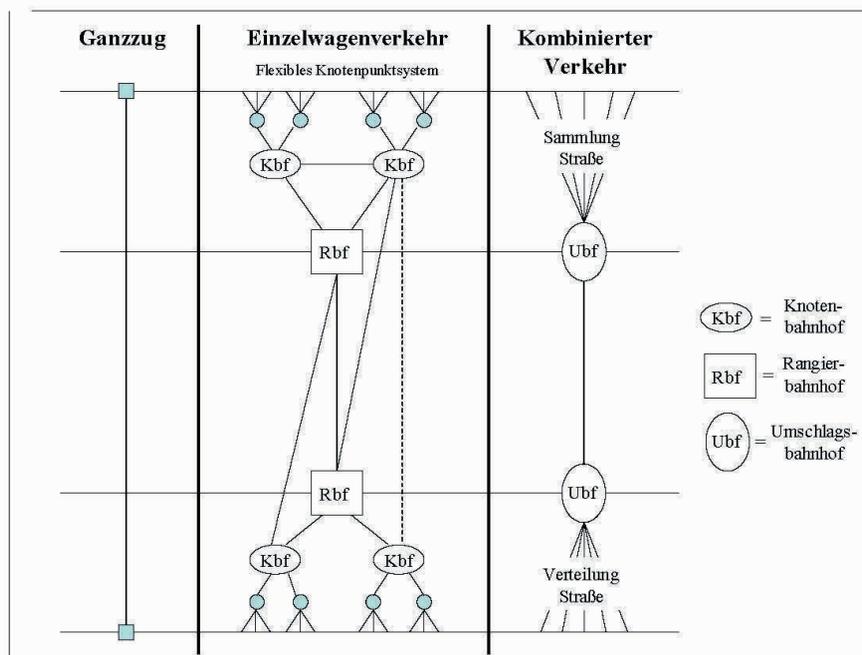
	Anteile an der Bahnverkehrsleistung in %	Anteile an den Güterverkehrs-Einnahmen in %	Kostendeckungsgrad in %
Ganzzüge	53,9 %	40,0 %	ca. 120,0 %
Einzelwagenverkehr	26,3 %	50,0 %	ca. 80,0 %
Kombinierter Verkehr	19,8 %	10,0 %	ca. 50,0 %

Quelle: [8 – S. 18], Produktionsarten bei DB Cargo. Die Zahlen dürften sich auf Daten aus dem Jahr 2000 beziehen.

Der kombinierte Verkehr – Vor- und Nachlauf auf dem LKW, Haupttransport per Bahn – wird seit Jahren massiv politisch gefördert. Dennoch sind die Erfolge bescheiden, da der Kombinierte Verkehr gegenüber dem LKW-Verkehr aus Kostengründen nur begrenzt wettbewerbsfähig ist. Sein Anteil an der gesamten Bahn-Verkehrsleistung liegt bei 20 %, der Kostendeckungsgrad bei ca. 50 %.

Anders zu beurteilen sind die Vor- und Nachläufe im interkontinentalen Containerverkehr zu/von den Seehäfen, die noch erhebliche Wachstumspotentiale im Rahmen des Grenzüberschreitenden- und Transitverkehrs aufweisen und z.T. auch im Ganzzugsverkehr abgewickelt werden können.

Bild 8: Verkehrsarten des Schienen-Güterverkehrs



Quelle: [16- S. 10]

Der Anteil der stückgutrelevanten Güter am Verkehrsaufkommen ist inzwischen überproportional gestiegen (Güterstruktureffekt). Dieses wachsende Segment verlangt spezifische Transportqualitäten auf der Angebotsseite, die von der Bahn nur durch einen „automatisierten“ Einzelwagenverkehr, z.T. auch durch den weiteren Ausbau des Kombinierten Verkehrs, geleistet werden können.

(19) Die Bahn hat sich aus der Fläche zurückgezogen, den Einzelwagenverkehr stark vernachlässigt

Der Wettbewerb zwischen dem Leistungsangebot der Straße und dem der Schiene geht heute in aller Regel zugunsten des LKW aus. Der Einzelwagenverkehr auf der Schiene wird in einem logistischen System organisiert, das auf Sammlung, Bündelung und Verteilung basiert. Die Bahn kann ihre ökonomischen

mische Stärke nur dann zur Geltung bringen, wenn sie Waggons effizient bündelt und im Verband über längere Strecken transportiert. Bisher ist es jedoch nicht gelungen, den Bündelungsvorteil der Schiene auf langen Strecken – economies of scale – durch Erhöhung der Produktivität bei der Bündelung und Verteilung der Ladungen gegenüber dem Individualverkehr der Straße zur Geltung zu bringen.

Bild 9: Rangier- und Knotenpunktbahnhöfe 2005/2025



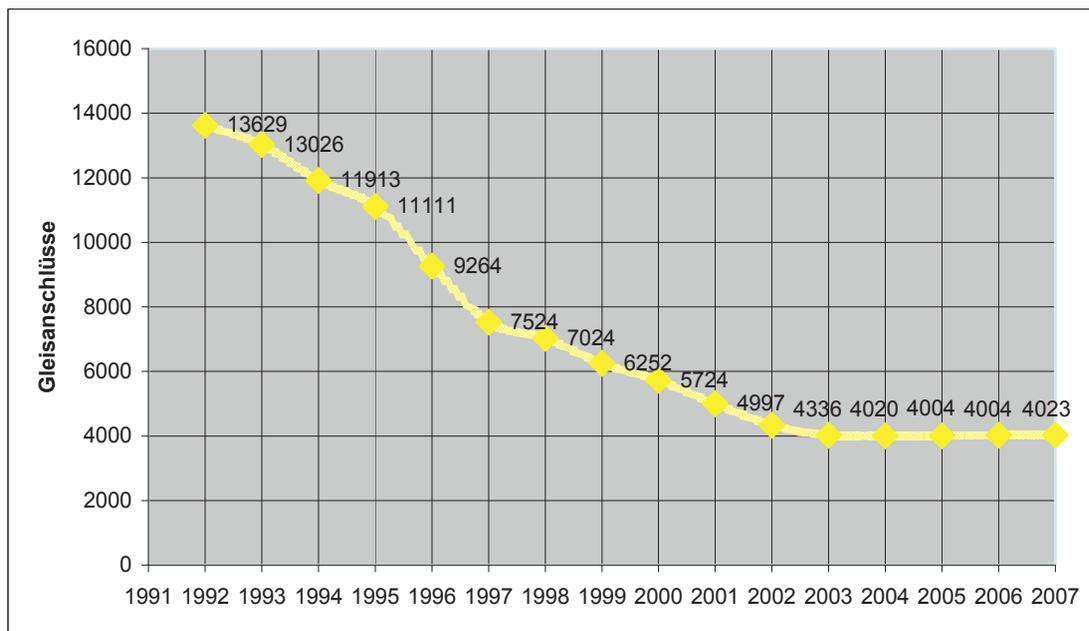
Quelle: [1- S. 47]

Ganz im Gegenteil: Die Bahn hat sich aus der Fläche zurückgezogen, die Zahl der Rangierbahnhöfe und Sammelstellen für Einzelwaggons (Güterverkehrsstellen) stark reduziert. (Vgl. Bild 9) Die Zahl der Zugbildungsbahnhöfe (Rangier- und Knotenpunktbahnhöfe), die für die Umstellung von Güterwagen und –gruppen sowie die Sortierung von Waggons nach Zielbahnhöfen und Zuggattungen genutzt werden, wurde in den vergangenen Jahrzehnten stark verkleinert. Waren es 1975/76 bei der Deutschen Bahn über 700 ist die Zahl bis 2007 auf unter 170 Knotenpunktbahnhöfe und 9 Rangierbahnhöfe zurückgegangen. [Deutsche Bahn AG]

(20) 70 % der Gleisanschlüsse sind still gelegt worden

In den vergangenen Jahren ist es auch zu einem starken Rückgang der Anzahl der Gleisanschlüsse gekommen. Während 1992 noch knapp 14.000 private Gleisanschlüsse existierten, lag die Zahl 2007 nur noch bei 4.023. Mit jedem Verlust eines Gleisanschlusses ist der Güterverkehr mit mindestens einem korrespondierenden Partner (Versender oder Empfänger) ebenfalls verloren gegangen.

Bild 10: Entwicklung der Anzahl der privaten Gleisanschlüsse in Deutschland



Quelle: Verkehr in Zahlen, DB AG Daten und Fakten.

Seit 2004 hat das BVBW als eine richtungsändernde Maßnahme zur Wiederbelebung des Einzelwagenverkehrs ein „Förderprogramm für den Neu- und Ausbau sowie zur Reaktivierung von privaten Bahngleisanschlüssen“ beschlossen. [34, www.gleisanschluss.info.de] Lediglich 19 Gleisanschlüsse sind seitdem zusätzlich entstanden.

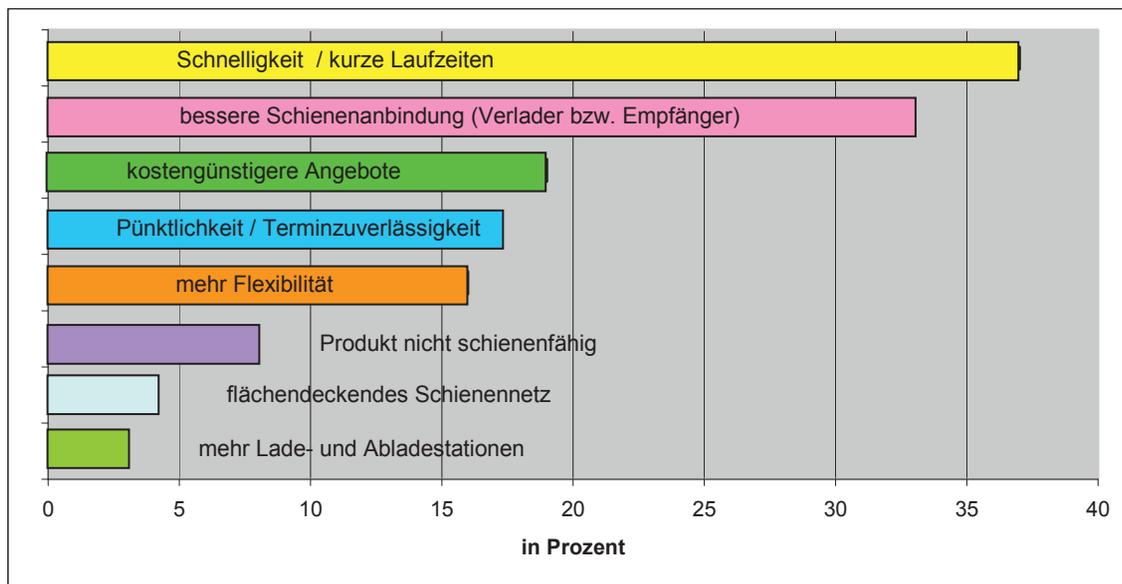
3. Die Transportqualität der Güterbahn hat sich gegenüber der des LKW verschlechtert

(21) Die Systemgeschwindigkeit der Güterbahn ist für den Einzelwagenverkehr zu langsam, z. Z. liegt diese bei 18 km/h – wie beim Fahrrad –, bei kleinem Relationsaufkommen bei ca. 6 km/h – wie beim Pferdefuhrwerk –

Durch die in Deutschland in den letzten Jahren betriebene Reduktion der Zugbildungsbahnhöfe (Güterverkehrsstellen), die Vernachlässigung der Gleisanschlüsse und die Konzentration auf die zentralen Verkehrsachsen hat sich die Netzbildungsfähigkeit der Bahn erheblich verschlechtert. Dies, obwohl die

verladende Wirtschaft das Vorhandensein von Gleisanschlüssen sowie die Erhöhung der Systemgeschwindigkeit – km-Leistung dividiert durch die Zeit zwischen Bereitstellung der Waggons beim Versender für die Beladung und abgeschlossenem Entladungsvorgang beim Empfänger – an die erste Stelle der Anforderungsliste setzt (vgl. Bild 11).

Bild 11: Anforderungen der verladenden Wirtschaft an Transportqualitäten der Bahn



Quelle: Danzas

Die Gesamttransportgeschwindigkeit ist in der Fläche nicht gesteigert, sondern verringert worden. Fallstudien ermitteln beim Einzelwagenverkehr eine Systemgeschwindigkeit von durchschnittlich 18 km/h. [8 – S. 43] ¹⁾; so könnte man die Güter auch mit dem Fahrrad transportieren. [11 – S. 89 f]

Fazit: Die durchschnittliche Systemgeschwindigkeit des LKW gegenüber der des Einzelwagenverkehrs der Bahn ist drei- bis viermal schneller.

Zu- und Ablaufzeit zu/von den Rangierbahnhöfen, Wartezeit und Rangierzeit (ca. 10-14 Stunden) sind noch immer wesentlich länger als die reine Transportlaufzeit der Waggons (mittlere Fahrgeschwindigkeit 50 km/h).

Eine Umstellung der maximalen Geschwindigkeit der Waggons von 100 km/h auf 120 km/h oder schneller hat einen zu vernachlässigenden Einfluss auf die Gesamt-Transportzeit vom Versender bis zum Empfänger. Vorrangiges Ziel müsste es sein, die Sammlungs- und Verteilerzeiten einschließlich der Rangier- und Wartezeiten wesentlich zu verkürzen.

1) Andere Untersuchungen ermitteln 11 km/h. [13 – S. 90 f]
Bei kleinem Relationsaufkommen wird die Systemgeschwindigkeit auf ca. 6 km/h geschätzt. [30 – S. 12]
Zum Vergleich: Beim LKW-Verkehr ca. 64 km/h. [13 – S. 90 f]

4. Eine Neupositionierung der Bahn in der Fläche ist erforderlich

(22) Der Anteil des Einzelwagenverkehrs an der Bahnverkehrsleistung ist auf 26 % gefallen

Es verbleibt für ein weiteres Wachstum der Güterbahn und für die Verlagerung von Transportströmen von der Straße auf die Schiene im wesentlichen neben dem Kombinierten Verkehr nur der Einzelwagenverkehr. Der Anteil des Einzelwagen-Ladungsverkehrs an der gesamten Bahnverkehrsleistung ist von ca. 50 % 1990 kontinuierlich bis heute auf ca. 26 % gefallen.

Seit den 90-er Jahren ist der Einzelwagenverkehr durch stagnierende Erträge und sinkende Tonnage gekennzeichnet (Mengen- und Ertragserosion). Der Deckungsbeitrag an den Transportkosten liegt nur noch bei ca. 80 %. Allein auf das manuelle Rangieren und auf die Nahzustellung der Einzelwagen entfallen zusammen 50 % und mehr der Gesamtkosten. [10 – S. K 11 f] Hier liegt der Ansatz für eine Neupositionierung der Bahn in der Fläche: die Automatisierung und damit Kostensenkung der Verteilerfunktionen.

(23) Die Güterbahn ist am Wendepunkt

Die angebotsseitige Antwort der Bahn auf die sich geänderten nachfrageseitigen Anforderungen kann neben der Erhöhung der Quantität (Streckenausbau) nur durch Beschleunigung des Systems, durch technische Innovationen und qualitative Neu-Positionierung des technischen und organisatorischen Gesamtsystems Güterbahn gegeben werden.

Wenn die Bahn ihre Marktstellung in einem wachsenden Markt behaupten oder ihren Marktanteil erhöhen will, muss sie ihre Produktivität und ihre Transportqualitäten gegenüber dem Wettbewerb, dem LKW-Verkehr, grundlegend steigern und ihre vorhandenen Innovationspotentiale voll ausschöpfen. Will die Verkehrspolitik den Rückgang des prozentualen Anteils der Bahn an den binnenländischen Verkehrsleistungen stoppen und eine Trendwende zu steigenden Marktanteilen herbeiführen, muss sie darauf hinwirken, dass die Bahn ihre Produktivität vor allem im Verteilungsverkehr (Zugbildung/Zugauflösung) massiv erhöht.

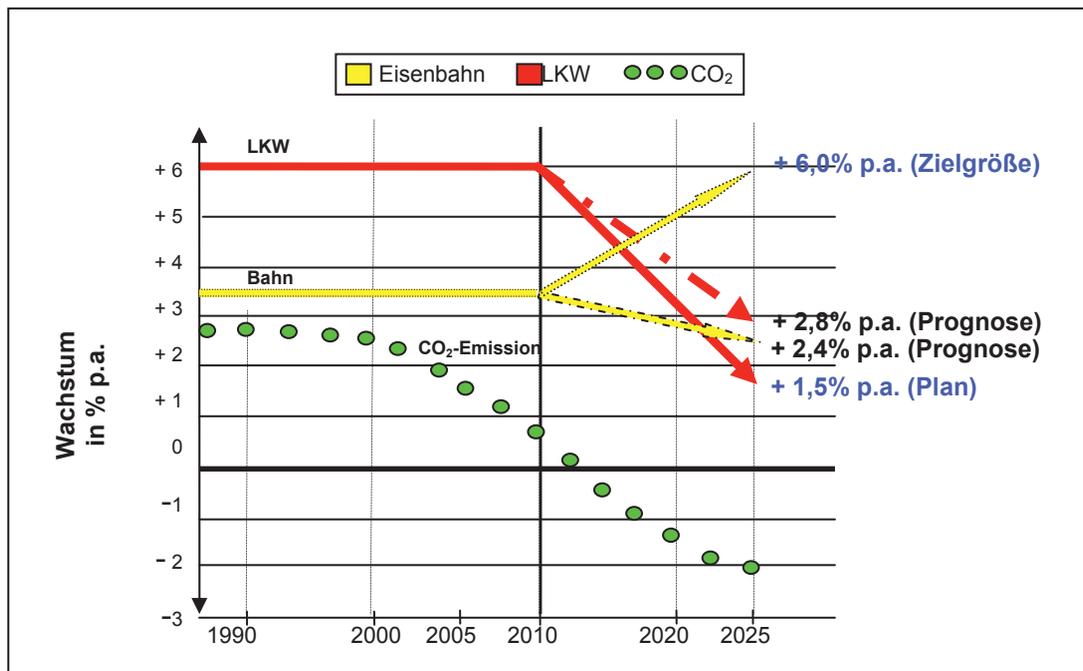
Infras fordert in ihrer Studie „Zukunftsgüterbahn“ als Zielgröße den Faktor 4: Verdoppelung der Produktivität und Halbierung der Umweltbelastung. [10 – S. K-1] Die Bundesregierung formuliert zumindest das Ziel „größere Anteile des zusätzlichen Güterverkehrsaufkommens auf der Schiene abzuwickeln“. [17 – S. 13/15]

Die vier- bis fünfmal so hohe CO₂-Emission des LKW-Verkehrs gegenüber der Güterbahn ist für sich allein Argument genug, eine Trendwende einzuleiten, einen Wendepunkt zu setzen.

Wie definiert sich die Trendwende?

Die Trendwende der Modal-Split-Entwicklung könnte wie folgt definiert werden: Die jährlichen Zuwächse der Transportleistung der Bahn müssten prozentual wesentlich höher sein als beim LKW. Das in absoluten Werten (tkm) gemessene jährliche Wachstum der LKW-Verkehrsleistung kann dann immer noch das der Bahn übertreffen.

Bild 12: Der Wendepunkt: Jährliche prozentuale Zuwächse der Güterverkehrsleistung (tkm) bei der Bahn sind wesentlich höher als auf der Straße.



Quelle: Ex-post Daten und Prognosewerte, hypothetische Schätzung einer teilweisen Verlagerung der Verkehrsleistung auf die Schiene. Auf der Basis der Wachstumsprognosen 2005 bis 2025.

Als best practice Option müsste man unter Zugrundelegung des prognostizierten Mengengerüsts (tkm) von 2010 bis 2025 ein jährliches Wachstum der Transportleistung der Bahn von ca. 6 % (Zielgröße) anstreben, damit das prognostizierte jährliche Wachstum des LKW-Verkehrs von 2,8 % auf etwa 1,5 % (Plan) gesenkt werden könnte. Dies erforderte eine erhebliche Verbesserung der Leistungsfähigkeit und Attraktivität der Bahn im Wettbewerbsgefüge um die Gunst der verladenden Wirtschaft. Damit verbunden wäre auch eine Wende bei der CO₂-Emission zu negativem Wachstum.

Eine illusorische Option wäre, wollte man den LKW-Straßenverkehr in diesem Zeitraum auf Null-Wachstum bringen. Dann müsste der jährliche Leistungszuwachs (in tkm) bei der Bahn im Durchschnitt bei ca. 9 % p.a. liegen.

(24) Eine Trendwende führt nur über die Erhöhung der Transportleistungsfähigkeit der Güterbahn: durch höhere Systemgeschwindigkeit, höhere Umlaufgeschwindigkeit der Waggons und längere Züge

Eine Trendwende kann nur durch eine wesentliche/sprunghafte Erhöhung der Leistungsfähigkeit (Kapazität) und Verbesserung der Wettbewerbsfähigkeit der Güterbahn gegenüber dem LKW-Verkehr herbeigeführt werden: nicht mehr an Trassen und Schienen, sondern Beschleunigung des Systems. Der Weg dahin führt nur über die Automatisierung des Bahnverkehrs und die Wiederbelebung des Einzelwagenverkehrs bis hin zur Entwicklung des weitgehend „automatischen Güterwagens“. Dies alles ist nur möglich durch die Automatisierung des Kupplungs-/ Entkupplungsprozesses.

Realistische Ziele für den Zeitraum bis 2015/2020 sind:

- Die Halbierung der Verteilerkosten
 - mehr als 50% der Transportkosten insgesamt werden heute durch das manuelle Rangieren (Kuppeln/Entkuppeln) und durch die aufwendige Nahzustellung der Einzelwagen verursacht -.
- Die Verdreifachung der Systemgeschwindigkeit
 - von gegenwärtig 18 km/h auf mindestens 50 km/h (wie in den USA) - .
- Die Verdopplung der Umlaufgeschwindigkeit der Waggons (Zahl der produktiven Waggoneinsätze p.a.).
- Doppelt so lange Güterzüge.

Instrumente der Zielerreichung sind:

- Die Einführung der automatischen Mittelpuffer-Kupplung (AK) in UIC-Europa bis 2015/2020.
- Die Verdoppelung der privatwirtschaftlichen Gleisanschlüsse von 4.023 (2007) auf über 8.000 (2015-2020) in Deutschland und analog in den anderen europäischen Ländern.

Die Akteure sind:

- Die staatliche Verkehrspolitik.
- Die staatlichen und privaten Bahngesellschaften.
- Die UIC und EU-Behörden.

IV. Die Kupplungstechnik im europäischen Eisenbahn-Güterverkehr (UIC-Staaten)

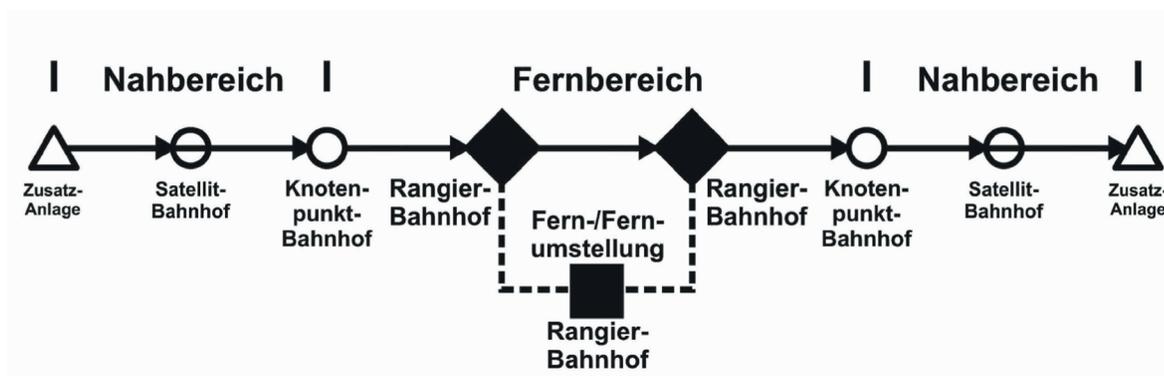
1. Die Kupplungs-Verbindungstechnik von Güterwaggons, Voraussetzung für die Bildung von Zugverbänden

(25) Mindestens 14 Kupplungs-/Entkupplungsprozesse fallen pro Transportvorgang an (ohne Leerfahrten)

Eisenbahnwaggons können nur gemeinsam im Zugverband gezogen und beschleunigt werden, wenn sie miteinander gekuppelt/verbunden sind (Kraft-Zugverbindung). Bei der negativen Beschleunigung, beim Bremsvorgang oder beim Schieben bedarf es außerdem einer Kraft-Druckverbindung zwischen der Antriebsmaschine/Lokomotive und den Waggons in einer durchgehenden Waggonkette. Kraft-Zugverbindungen und Kraft-Druckverbindungen kennzeichnen den schienengebundenen und schienengeführten Waggonverband. Während der Fahrt im Verband entstehen zwischen der Zugmaschine (Lokomotive) und den angehängten Waggons erhebliche horizontale Zug- und Druckkräfte sowie vertikale Kräfte zwischen Waggon, Rad und Schiene, die durch entsprechende Verbindungen (Kupplungen und Puffer) kontrolliert übertragen und abgedämpft werden müssen.

Von Kunden der verladenden Wirtschaft werden zumeist über Gleisanschlüsse einzelne Waggons oder Waggongruppen von der Bahn abgeholt und in einem Güterbahnhof/Rangierbahnhof gesammelt, um in Zügen zu großen Produktionseinheiten (economies of scale) zum Ziel-Rangierbahnhof befördert zu werden, wo diese wiederum aufgelöst und zu den einzelnen Bestimmungsorten verteilt werden.

Bild 13: Das Einzelwagensystem der Railion Deutschland AG

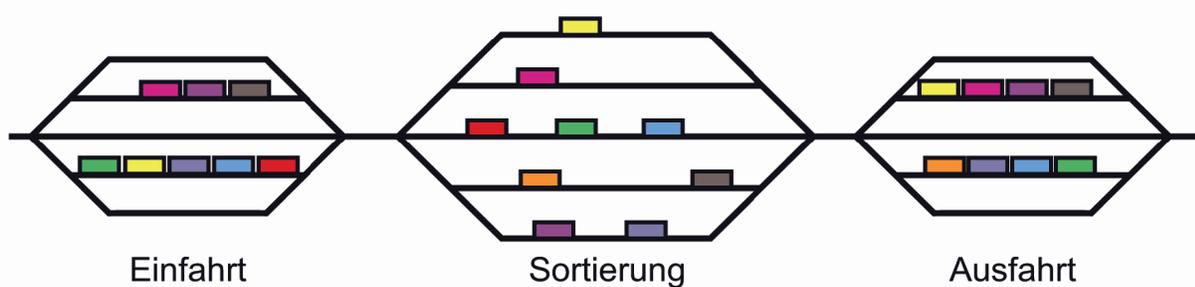


Quelle: DVV Media Group [33 – S. 28]

Es ist ein Systemmerkmal des Bahn-Güterverkehrs, dass Waggons aus unterschiedlichen Verladestationen beim Abholen gekuppelt und in einem Rangierbahnhof durch Kupplung zu Waggonverbänden (Güterzügen) zusammengestellt werden.

Im Zielgebiet wird der Verband durch Entkupplung wieder aufgelöst und die einzelnen Waggon oder Zugteile zu den Bestimmungsorten (Empfänger) verbracht. Je räumlich gefächerter beim Einzelwagenverkehr Verlade- und Empfangsorte im Schienennetz auseinander liegen, desto mehr Kupplungs-/ Entkupplungsvorgänge sind pro Transportkette erforderlich.

Bild 14: Rangierbahnhöfe sind Sortiermaschinen



Quelle: DVV Media Group [33. – S. 28]

Bei einem einfachen Transportvorgang (vgl. Bild 13) fallen mindestens 14 Kupplungs- und Entkupplungsprozesse (ohne die, die bei den vorangehenden und nachfolgenden Leerfahrten anfallen) an, im Durchschnitt dürfte die Zahl weitaus höher liegen.

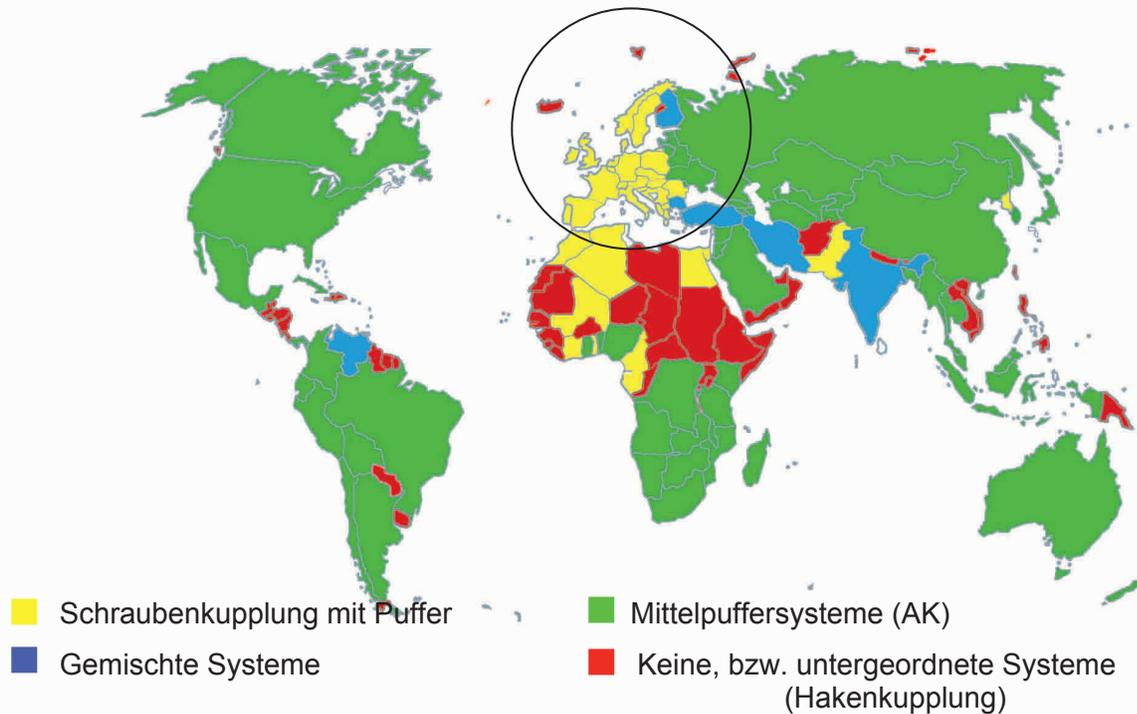
(26) Die automatische Kupplungstechnik hat sich bis heute weltweit durchgesetzt, nur nicht in Europa (UIC)

Für die Verbindung (Kupplung) von Lokomotive und Güterwaggons im Zugverband stehen von den Anfängen der Eisenbahn bis heute grundsätzlich folgende Techniken zur Verfügung, die sich historisch mit dem technischen Fortschritt entwickelt haben:

- Manuelle Schrauben-Kupplung mit Puffern. (seit ca. 1861)
- Automatische Mittelpuffer-Kupplung (Janney Kupplung in den USA) mit manueller Verbindung der Druckluftleitungen (halbautomatische Kupplung). (seit ca. 1900)
- Automatische Mittelpuffer-Kupplung für den Güterverkehr mit automatischer Verbindung der Druckluftleitungen. (seit ca. 1960)
- Automatische Zugkupplung mit Seitenpuffern und mit automatischer Verbindung der Druckluftleitungen, die kompatibel zu Wagen der manuellen Schraubenkupplung mit Puffern sind (Probetrieb, in zwischen eingestellt). (seit ca. 1995)
- Automatische Mittelpuffer-Kupplung mit automatischer Verbindung der Druckluftleitungen, die kompatibel zu Wagen mit manueller Schraubenkupplung und Puffern sind und die automatisch die elektrischen Leitungen für die Stromversorgung von z. B. EP-Bremse, Signale zur Steuerung einschließlich Databus für Informationen (Telematik) verbinden. (seit ca. 2002)

Die Technik des Kuppelns (Verbindens) hat sich seit Beginn des ersten Eisenbahnverkehrs und des Einsatzes der ersten Eisenbahngüterzüge etwa Mitte des 19. Jahrhunderts (um 1850) bis heute ständig weiter entwickelt und verfeinert.

Bild 15: Die Verbreitung der automatischen Kupplung (AK) bei den Eisenbahnen weltweit



Quelle: Anlehnung an die Darstellung von SAB WABCO

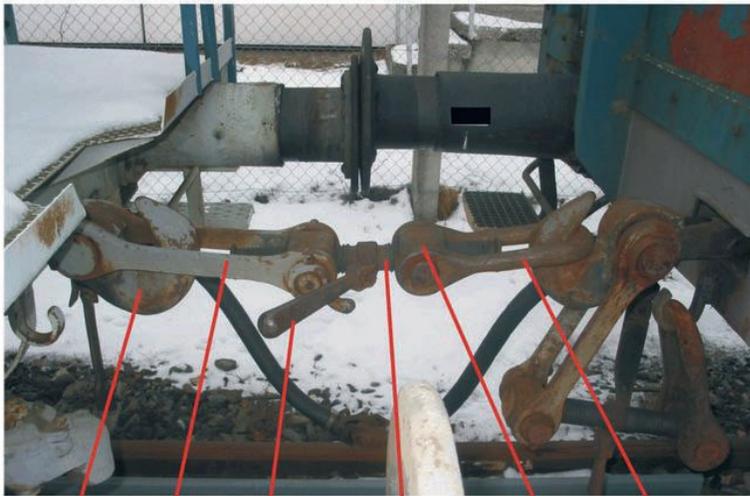
Die Entwicklung verlief von der einfachen manuellen Schraubenkupplung bis schließlich zur Einführung der Technik der Automatisierung des Kupplungs- und Entkupplungsvorganges in den großen Eisenbahnländern der Welt: (USA (1893-1900), Japan (1925), Sowjetunion/Russland (1935-1957), China und Indien (nach 1945). Die automatische Kupplung hat sich weltweit durchgesetzt, nur nicht in den Staaten Europas.

(27) In Europa werden Waggon bis heute nach dem Funktionsprinzip der manuellen Schraubenkupplung von 1861 gekuppelt

Mit Beginn des ersten öffentlichen Eisenbahnlinienvverkehrs 1825 in England (Darlington-Stockton 18 km), 1832 in Frankreich erste Dampfeisenbahnlinie (Lyon-St. Étienne 56 km) und 1835 in Deutschland (Nürnberg–Fürth 6 km) war es erforderlich, Lokomotive und Waggon durch Kupplungen fest zu verbinden und zu lösen. Dies geschah zuerst mit einer Kuppelstange und Ketten, einer „Link-and-Pin“-Kupplung mit zwei dünnen Mittelpuffern, einer Ringöse und zwei Stiften. In der 2. Hälfte des 19. Jahrhunderts (in Deutschland seit 1861) wurde diese Kupplung von der manuell zu bedienenden, inzwischen europaweit standardisierten Schraubenkupplung (Zugverbindung) mit zwei gefederten seitlichen Puffern (Schubverbindung) abgelöst.

Das Funktionsprinzip der manuellen Schraubenkupplung mit Puffern (Zug- und Druckverbindung) wird nun seit beinahe 150 Jahren – bis heute – von allen nationalen Güterbahnen der UIC-Staaten¹⁾ in Europa ausschließlich eingesetzt, obwohl seit Jahrzehnten die Automatisierung des Kupplungsvorganges zur Beschleunigung der Transportprozesse der Bahn – nach vorherrschender Meinung aller Bahnexperten – von besonderer Dringlichkeit ist.

Bild 16: Das Grundprinzip der manuellen Schraubenkupplung



Zughaken / Schwengel / Spindel / Mutter / Bügel
Lasche

Quelle : [38 – S. 1]

(28) Das manuelle Kuppeln ist eine zeitaufwendige, körperlich schwere und gefährvolle Arbeit

Die Zugkräfte im Waggonverband verlaufen über die in der Mitte des Waggons in Längsrichtung befindliche Schraubenkupplung, die Stoßkräfte werden von je zwei Seitenpuffern übertragen. Die Kupplung und Entkupplung der Güterwaggons muss von Hand erfolgen. Ein Rangierarbeiter steht bei dieser Tätigkeit zwischen zwei Fahrzeugen im Gleis und muss manuell zwischen den Waggons im freien Raum, auch „Berner Raum“ genannt, die Waggons mit der Hand kuppeln oder entkuppeln.

1) Union Internationale de Chemins de Fer, Paris, gegründet 1922, hervorgegangen aus der TE : Technische Einheit im Eisenbahnverkehr (1886/87).

Bild 17: Aufrecht im freien Raum („Berner Raum“) erwartet der Rangierer die heranfahrende Lokomotive

Bild 18: Der Rangierer ist vor Verletzungen geschützt, wenn er aufrecht zwischen Kupplung und Seitenpuffern steht.



Quelle: BG Bahnen [9 – S. 3]

Wenn Waggon in Züge eingestellt werden, fallen im Einzelnen folgende Arbeitsschritte an:

- die Schraubenkupplung (Bügel über Haken) einhängen
- die Spindel andrehen
- die Bremskupplung (Druckluft) verbinden
- die Absperrhähne der Bremsluftleitung öffnen
- die elektrische Stromverbindung – falls vorhanden – herstellen etc.

Durch Drehen der Spindel (daher Schraubenkupplung) ist die Waggonverbindung so kurz zu machen, dass sich die Puffer gerade leicht berühren (ausgenommen bei engen Kurvenfahrten). Vor dem Kupplern der Bremsleitungen eines Triebfahrzeuges ist der Luftabsperrhahn kurz zu öffnen damit eventuell angesammeltes Kondenswasser ausgeblasen wird. Die elektrischen Heiz- und Steuerleitungen dürfen nur verbunden (oder gelöst) werden, wenn die Verbindungen spannungslos, mit dem Triebfahrzeugführer einzeln abgestimmt, geschaltet sind.

(29) Auch das Entkuppeln ist mit großen Gefahren für das Personal verbunden

Auch beim Entkuppeln muss sich der Rangierer in den „Berner Raum“ begeben, muss

- die Absperrhähne schließen
- die elektrischen Heiz- und Stromkupplungen trennen und aufhängen
- die Bremskupplung (Druckluft) trennen und aufhängen
- die Spindel aufdrehen und
- den Bügel (Öse) vom Zughaken abheben und in die Aufhängevorrichtung einhängen etc.

Die Arbeitsschritte sind noch komplizierter und gefährlicher, wenn der „Berner Raum“ durch Spezialkupplungen, Überfahrklappen oder verrutschte Ladung weiter eingeschränkt ist, sowie bei Waggons mit feuerverflüssiger Ladung etc.

Der Weg des Rangierers führt immer hinein oder aus dem „Berner Raum“ heraus ins Gleis; beim Entkuppeln auf dem Gleis in tief gebückter Haltung unter den Seitenpuffern des Waggons hindurch. Wenn die Fahrzeuge nach dem Zusammenstoß auf dem Rangierbahnhof weiter rollen, muss der Rangierer mitgehen und taucht erst bei Stillstand unter den Puffern hindurch ins Freie. Eine schwere, gefährliche und unfallträchtige Arbeit, sie verlangt vollste Konzentration und Aufmerksamkeit. Viele Rangierarbeiter haben bei der Arbeit den Tod gefunden.

Bild 19: Der schwere Kupplungsbügel wird ganz hinten angefasst, um Fingerverletzungen beim Kuppeln zu vermeiden



Bild 20: Der Weg aus dem Berner Raum, nach dem Kuppeln schwingt sich der Rangierer hindurch aus dem Gleis



Quelle: BG Bahnen [9 – S. 4]

Der Rangierarbeiter muss mit der Hand den schweren Bügel (Öse) über einen Haken einhängen. Das insgesamt zu bewegende Gewicht ist wegen der körperlichen Leistungsgrenze eines Rangierarbeiters auf 36 kg beschränkt. Diese Gewichtsbeschränkung limitiert ihrerseits die Materialstärke und somit die maximale Zugfestigkeit der Kupplung im Verband auf 500 KN Streckengrenzenlast (Siegmann) bzw. 850 KN Bruchlast (Felsing). Dabei wird das fahrbare Gesamtgewicht eines Güterzuges und somit die Zuglänge durch die die Längsdruckkraft einschränkende Wirkung der Seitenpuffer insgesamt begrenzt.¹⁾

Die Schraubenkupplung ist nur manuell bedienbar und unfallgefährlich und wird als ein „existenzbedrohendes Hindernis für die Rationalisierung und Automatisierung des Güterverkehrs“ bezeichnet. [36 – S. 24]

1) Höhere Zuglasten können von Schraubenkupplungen und Zughaken dann übertragen werden, wenn diese aus speziellen, vergüteten Werkstoffen gefertigt sind.

2. Die Automatische Mittelpuffer-Kupplung, Schlüsseltechnik für die Automatisierung der Güterbahn

(30) Die Schlüsseltechnik für die Automatisierung der Güterbahn ist die automatische Mittelpufferkupplung (AK)

Der Weg zu einer Automatisierung (Ersatz menschlicher Handlungen durch technische Prozesse) der Güterbahn führt über die Automatische Mittelpuffer-Kupplung. „Kein eisenbahntechnischer Vorgang eignet sich so für eine Automatisierung wie das Auflösen und Bilden von Zügen“. [18 – S. 8]

Die Automatische Kupplung ist "eine ganz wesentliche Voraussetzung für die Automatisierung des Rangierbetriebs und damit des Eisenbahnbetriebs in seiner Gesamtheit". [21 – S. 22] Sie steht an erster Stelle auf der Road-map der zukünftigen Automatisierungstechnik des Schienengüterverkehrs. [23 – S. 41/55] Sie wird in der Literatur als "erste strategische Komponente" gewertet. [30 – S. 14]

Nur mit einer Automatisierung der Kupplungs- und Entkupplungsprozesse der Waggons untereinander und mit dem Antriebsfahrzeug kann es gelingen, die Systemgeschwindigkeit der Bahn wesentlich zu erhöhen und weitere Techniken, die zu einer intelligenten Güterbahn gehören, wie z. B. Train-sharing, Telematik, Gefahrgutüberwachung etc., zu ermöglichen.

Die AK ist die einzige vorhandene und ausgereifte Technik, die die Güterbahn wieder zu einem wettbewerbsfähigen Produktionssystem und insbesondere den Einzelwagenverkehr kurz bis mittelfristig zu einer Renaissance führen kann.¹⁾ Diese Schlüsseltechnik kann der Güterbahn große Rationalisierungspotentiale erschließen und ganz neue Innovationspotentiale eröffnen und zu ökonomischen und ökologischen Effizienzgewinnen führen [vgl. 22 – S. 25]:

(31) Kurz-, mittelfristige und langfristige Perspektiven

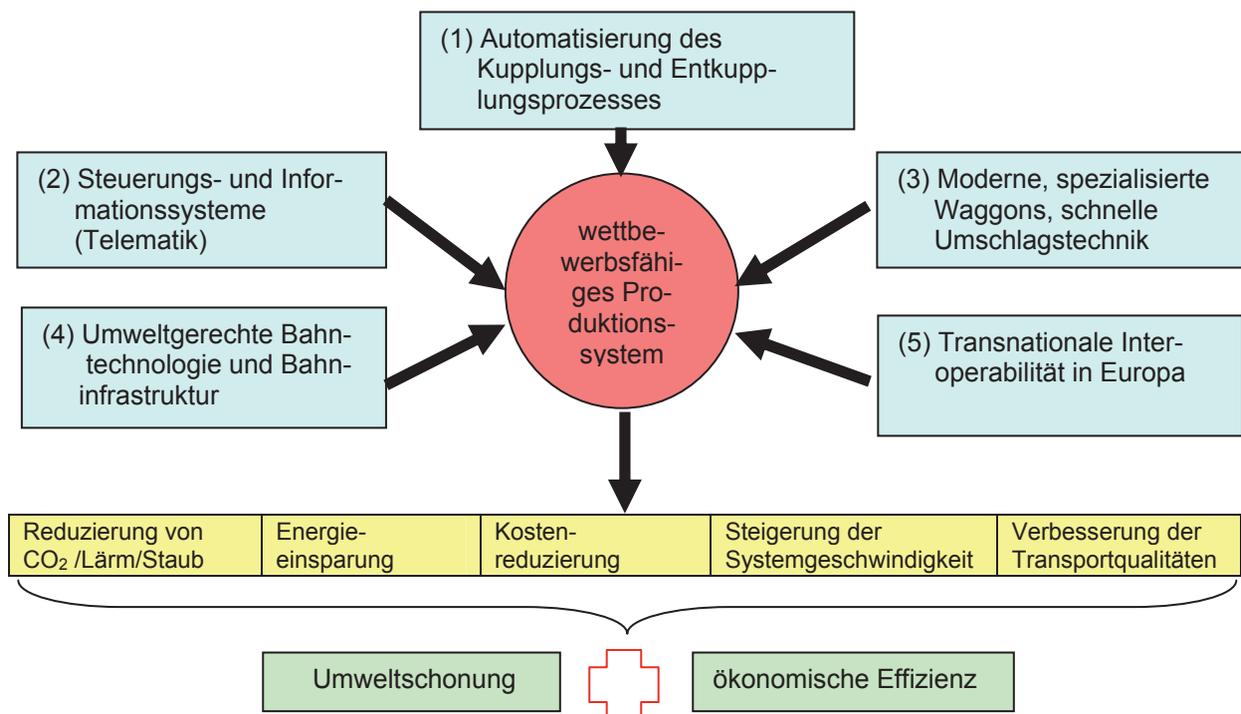
Das kurz bis mittelfristige Ziel ist der weitgehend „automatisierte Güterwaggon“, der mit Hilfe einer automatischen Kupplung zugleich Druckluft- und Elektroleitungen verbindet und dadurch die Grundlagen für die weitere Erschließung von Innovationspotentialen (z. B. Telematik) schafft.

1) Nun könnte man argumentieren, dass bereits einige Güterwaggons/-züge im Relationsverkehr mit der Automatischen Kupplung ausgerüstet wurden, vor allem um Betriebserfahrungen zu sammeln. [25 – S. 15] Solche Inselverkehre (Relationsverkehre) sind zwar wichtig für die technische und organisatorische Erfahrungssammlung, sie ersetzen jedoch nicht die Gesamteinführung des AK-Systems im UIC-Raum.

Das längerfristige Ziel ist die Schaffung eines „intelligenten, automatisch- oder ferngesteuerten Güterwaggon“ für den Einzelwagenverkehr, der flexibel wie ein LKW vom Verloader bzw. vom Gleisanschluss des Verladers, eventuell mit Eigenantrieb und Bremssteuerung bis zum Zugbildungsbahnhof fährt, dort automatisch gekuppelt, zu großen Zugeinheiten gebündelt, transportiert und am Zielbahnhof wieder automatisch gesteuert aufgelöst und bis zum Empfänger verteilt werden kann.

Langfristig erschließen sich mit der AK im Zusammenspiel mit anderen Faktoren große Rationalisierungspotentiale:

Bild 21: Die Erschließung von Rationalisierungspotentialen der Bahn durch die Einführung der automatischen Mittelpuffer-Kupplung. [vgl. auch 10 – S. K-1]



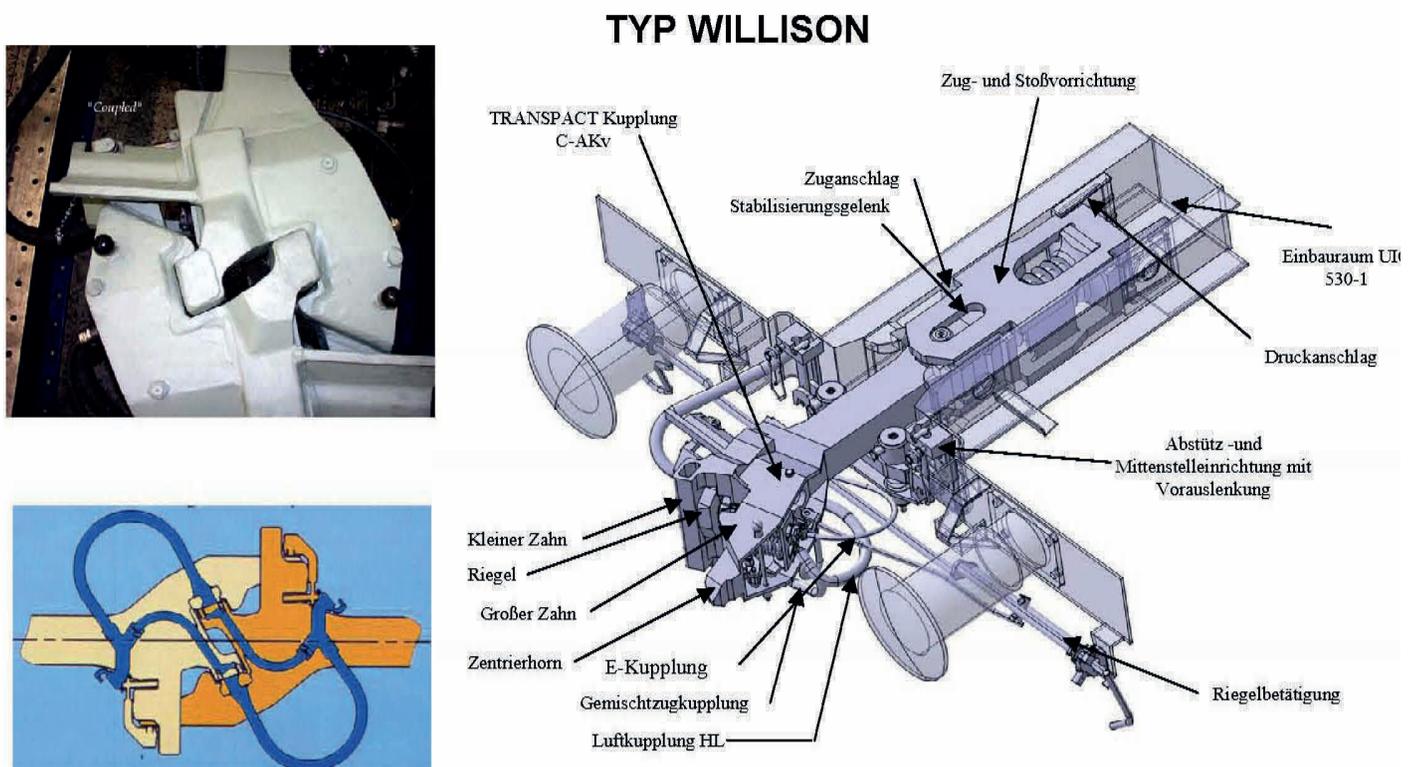
- (1) Der erste Schritt für eine umfassende Neuausrichtung der Güterbahn ist die Automatisierung der Zugbildung und Zugauflösung durch die Anwendung der automatischen Kupplungstechnik mit einer durchgehenden Elektroleitung zur Energieversorgung und einem Datenbus für die elektronische Steuerung von weiteren Funktionen.
- (2) Neue Steuerungs- und Informationssysteme für die Bahnakteure, insbesondere auch für Versender und Empfänger (Telematik).
- (3) Spezialisierte Waggon und schnelle Umschlagstechnik für Ladungseinheiten.
- (4) Eine umweltgerechte Bahntechnologie und –infrastruktur, um die Akzeptanz der Bevölkerung bei steigendem Güterverkehr in dicht besiedelten Gebieten zu erhalten.
- (5) Schließlich erfordern die überproportional zum Binnenverkehr zunehmenden grenzüberschreitenden Güterverkehre und der Transit eine umfassende Interoperabilität der Güterbahnsysteme in Europa im Sinne eines einheitlichen europäischen Eisenbahn-Güter-Verkehrsnetzes, was vor allem durch die EU-Behörden, die Europäische Verkehrsministerkonferenz (CEMT) und im Rahmen der UIC angestoßen werden müsste.

Ein gegenüber dem LKW-Verkehr wettbewerbsfähiges System kann auch nur dann entwickelt werden, wenn neben der Technik auch eine kundengerechte Organisation und ein kundenorientiertes Verhalten der Bahnakteure auf der Angebotsseite die absolute Priorität einnehmen.

(32) Mit der modernen TRANSPACT-Kupplung (im Folgenden C-AKv genannt) kann der Lokführer die Waggons ferngesteuert kuppeln oder entkuppeln

Mittelpuffer-Kupplungen (AK) zentrieren im Prinzip die Kräfte des Waggonverbandes über einen Mittelpuffer mit integrierter Kupplung. Die horizontalen Zug- und Druckkräfte werden punktuell in einer zentrischen Krafteinleitung in den Waggonkasten jeweils bis zum nächsten Waggon geleitet.

Bild 22: Die Hauptkomponenten des Mittelpuffer-Kupplungssystems TRANSPACT (C-AKv)



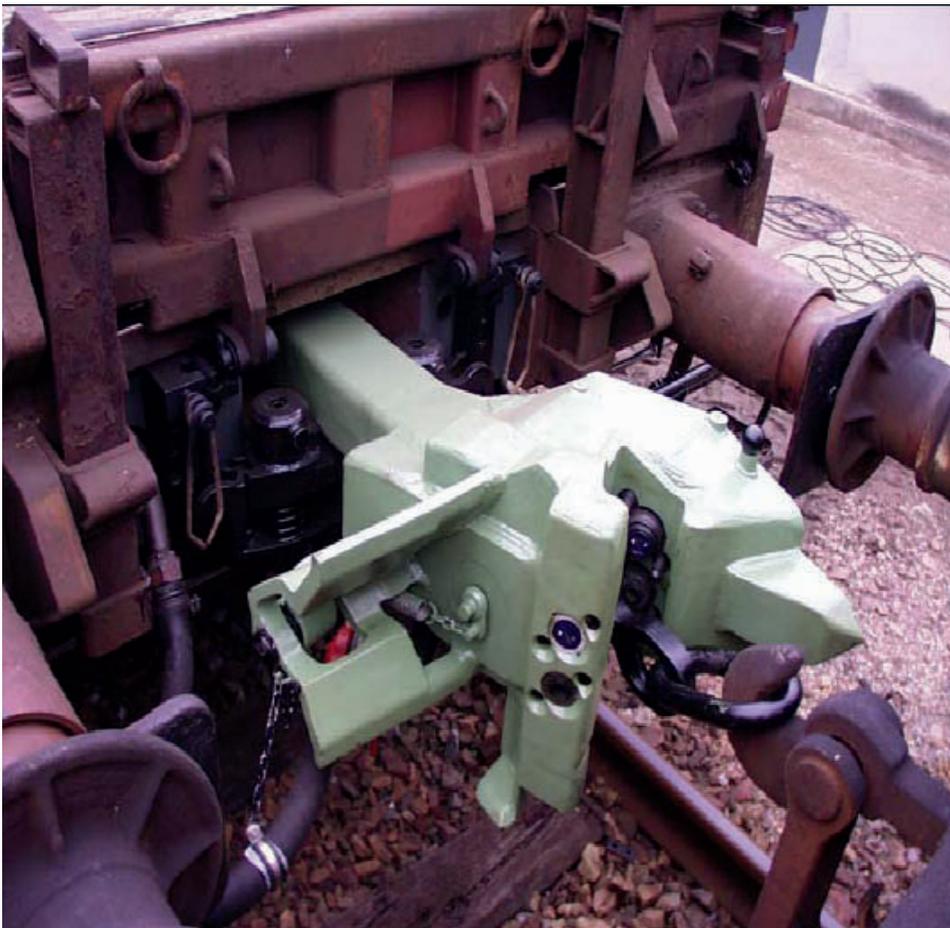
Quelle: Faiveley Transport

Moderne Automatische Mittelpuffer-Kupplungen (wie z. B. C-AKv) können vom Lokführer bedient werden, wobei neben dem Kuppeln/Entkuppeln der Kraftverbindungen auch die Bremsdruckleitungen und die elektrischen Leitungen der Waggons untereinander und zum Triebfahrzeug verbunden werden.

(33) Zusammenfassung der Vorteile der AK am Beispiel der C-AKv Kupplung

- Die Automatisierung der Kupplungs- und Entkupplungsprozesse bewirkt eine Beschleunigung der Transportprozesse und führt zu einer wesentlich höheren Systemgeschwindigkeit und Umlaufgeschwindigkeit der Waggon,
- Die C-AKv Kupplung bringt eine hohe Zug- und Druckleistung für schwerere und damit längere Güterzüge,
- sie kuppelt Druckluft und elektrische Leitung (inklusive Informationskanal) automatisch mit,
- sie bietet höhere Entgleisungssicherheit bei höherer Fahrgeschwindigkeit.
- Die C-AKv Kupplung ist kompatibel zu vorhandenen Seitenpuffern, Zughaken, Schraubenkupplungssystemen (SK) und zur russischen SA-3 (SA-4) und gewährleistet in einer zeitlichen Übergangsphase die sukzessive Umrüstung aller Waggon.

Bild 23: Moderner Kupplungstyp TRANSPACT (C-AKv)



Quelle: Faiveley Transport

Mit dem Ende der Umrüst-/ Übergangszeit entfallen die Seitenpuffer.

- Der Einsatz der C-AKv Kupplung erfolgt bereits bei der Railion Deutschland/MEG im Kohletransport. Umfangreiche Tests haben bei der SNCF und auf Prüfständen mit der FS, der OEGB und der SBB erfolgreich stattgefunden. [48 – S. 207]
- Die betriebliche Lebensdauer der C-AKv ist für ca. 30 Jahre ausgelegt, etwa doppelt so lang wie die der konventionellen Schraubekupplung.
- Die C-AKv Kupplung bei einer europaweiten Einführung erhöht den Sicherheitsstandard aller europäischen Güterzüge (Interoperabilität).
- Sie schafft die Voraussetzung für weitere Innovationen (Telematik).

In einer Projektstudie „Weiterentwicklung C-AKv“ hat die DB bereits 1999 auf die wesentlichen Vorteile dieser Kupplung hingewiesen. [58 – S. 49]

3. Versuche der Implementierung der AK in Europa (UIC-Staaten)

(34) Erster vergeblicher Versuch (ab 1956) für eine schlagartige, simultane Umstellung auf die AK

In Europa (UIC- und OSShD-Bahnen) konnte sich – abgesehen von kleineren Inselanwendungen – bis heute im Güterverkehr der technische Fortschritt in der Kupplungstechnik nicht durchsetzen.

Obwohl die Technik der automatischen Kupplung von Güterwaggons schon lange ausgereift, getestet und verfügbar ist, verwenden die nationalen Bahngesellschaften in Europa bis heute ausschließlich die veralteten, das Rangierpersonal stark gefährdenden manuellen Schraubekupplungen mit Puffern, eine Technik des 19. Jahrhunderts. Eine wesentliche Steigerung der Effizienz und eine Verbesserung der Wettbewerbsfähigkeit des europäischen Eisenbahn-Güterverkehrs ist mit dieser veralteten Technik ausgeschlossen. Auf die Ursachen dieser Technikblockade bzw. Technikverweigerung und/oder Anwendungshemmung der nationalen UIC-Bahngesellschaften wird noch näher eingegangen.

Bereits 1956 hat die UIC in Paris erste Arbeiten zur Entwicklung einer automatischen Kupplung veranlasst. Mit der OSShD (Verband der Bahnen Osteuropas und der Sowjetunion) wurden ab 1961 gemeinsame Anstrengungen unternommen, um bei der Entwicklung Kompatibilität mit der russischen SA-3-Kupplung zu erzielen.

Als Ergebnis der technischen Zusammenarbeit zwischen UIC und OSShD sind in den 60er Jahren zwei betriebstüchtige, untereinander kompatible Mittelpuffer-Kupplungen (AK-UIC 69 E und die OSShD-Typ Intermat) entstanden, zu einer Einführung kam es jedoch nicht. Wesentlicher Grund für die Nichteinführung waren vor allem die fehlenden Finanzmittel, da zu jener Zeit die Umrüstung der Waggons auf diese Kupplung nicht sukzessive sondern nur schlagartig (simultan) – für alle Waggons gleichzeitig – erfolgen sollte. ¹⁾

1) Außer in Japan sind in den GUS-Ländern einschließlich Finnland sowie China und Indien die Umstellungen nicht schlagartig, sondern innerhalb von ca. 4 Jahren (in Russland länger) sukzessive durch Einschalten jeweils eines Kupplungswagens mit einer Schraubekupplung und Puffern und einer automatischen Kupplung vorgenommen worden.

(35) Zweiter vergeblicher Versuch (ab 1990) für eine sukzessive, progressive Umstellung

Zu Beginn der 90er Jahre, nach der Auflösung der europäischen Zweiteilung des Bahnverkehrs durch den Ost-West-Gegensatz, gab es seitens der UIC weitere und intensive Bemühungen, durch die Erstellung eines Lastenhefts, die technische Entwicklung in die Richtung voranzutreiben, die einen gemischten Verkehr zwischen Wagen mit AK und Wagen mit der europaweit standardisierten Schraubenkupplung ermöglicht. Diese Technik ist eine wesentliche Voraussetzung für die sukzessive, schrittweise Umrüstung des Waggonparks.

Das von der UIC im Juli 1995 und im April 2002 vorgelegte Lastenheft (UIC-Kodex 522-2) – Zulassungsbedingungen für die automatische Zugkupplung – regelt die Anforderungen an die automatische Zugkupplung (Z-AK) und an die mechanische Gemischtzugkupplung, die ihrerseits eine manuelle mechanische Verbindung von Fahrzeugen mit Z-AK und solchen mit Schraubenkupplung zulässt. Die Z-AK sollte unter Beibehaltung der Seitenpuffer nur die Zugkraft übertragen und die Hauptluftleitungen automatisch kuppeln. Die integrierte Gemischtzugkupplung sollte die manuelle Verbindung mit Fahrzeugen mit Schraubenkupplung sicherstellen, so dass eine progressive (sukzessive) Umrüstung des Waggonparks europaweit möglich wäre.

Bei den Erprobungen haben sich jedoch technische Probleme eingestellt. Die Z-AK wurde im Winterbetrieb mit einem Erprobungszug in Schweden und Norwegen sowie mit Tonerdezügen von Italien getestet: Eine nicht zufrieden stellende Festigkeit der Z-AK, durch das Kupplungsspiel hervorgerufene hohe entgleisungskritische Längsdruckkräfte bei Fahrt im Zugverband und Funktionsbehinderungen des federbelasteten Riegelsystems im Winter bei Verschmutzung und Schnee haben die Entscheidung zur Nichteinführung der Z-AK und zur Rückrüstung der mit Z-AK ausgerüsteten Versuchszüge beeinflusst. Diese technischen Probleme wären jedoch lösbar gewesen. Auch aus politischen und finanziellen Gründen konnten sich die europäischen Eisenbahnverwaltungen abermals auf einen verbindlichen Einführungstermin für die Z-AK nicht einigen. Das Projekt wurde abgebrochen. Eine wichtige Weichenstellung für die Automatisierung und Modernisierung der europäischen Güterbahn wurde abermals in die Zukunft verschoben.

(36) Die Umstellung auf die AK scheiterte vor allem am politischen Willen

Die wesentlichen Gründe für das abermalige Scheitern waren, abgesehen von den noch erforderlichen technischen Nachbesserungen:

- Die finanziellen Aufwendungen sind einzelnen nationalen Bahngesellschaften zu hoch gewesen. Kurz nach der politischen Wende in Osteuropa waren im Rahmen des wirtschaftlichen Umstellungsprozesses andere Prioritäten gesetzt.

- Es fehlte ein akzeptables Finanzierungskonzept mit der Thematik der Lastenverteilung auf Bahngesellschaften und öffentliche Haushalte.
- Die möglichen Rationalisierungserträge konnten nicht hinreichend quantifiziert werden (fehlende bzw. unzureichende Cost-benefit-analysen).
- Es mangelte bis heute am politischen Willen der Staaten und der nationalen Bahngesellschaften, eine Entscheidung von historischer Tragweite für eine Automatisierung des Eisenbahngüterverkehrs in Europa zu treffen.
- Kein Land (oder Ländergruppe) war bereit, die Vorreiterrolle einzunehmen.

Es war und ist schwierig, die verschiedenen besonderen Interessen von 27 europäischen heterogenen nationalen UIC-Bahngesellschaften zu bündeln und zu einem gemeinsamen Beschluss zusammen zu führen. Sie alle haben sich von unterschiedlichen Interessen leiten lassen.

Mehr als 50 Jahre wurde in Europa erfolglos an der AK gearbeitet, geforscht, entwickelt und investiert. Sie wurde ausgetestet, inselmäßig praktiziert und dennoch bis heute nicht umgesetzt.

(37) 500.000 bis 600.000 Güterwaggons wurden in Europa seit 1976 für den späteren Einbau der AK vorgerüstet, eine enorme Fehlinvestition

Unabhängig von einem noch offenen Zeitpunkt für den Beginn der Umstellung ist seit 1976 in den offiziellen UIC-Merkblättern den nationalen UIC-Bahnen in Europa vorgeschrieben worden, bei Neubauten von Eisenbahnwaggons, die statischen und konstruktiven Voraussetzungen im Unterbau der Waggons zu schaffen, um einen späteren Einbau der AK technisch und wirtschaftlich ohne weiteren Umbau zu ermöglichen¹⁾. Seit 1976 sind in Gesamteuropa nach Schätzungen insgesamt 500.000 bis 600.000 Waggons nach diesen technischen Vorgaben ausgestattet worden.

An Kosten für die vorsorgliche Vorrüstung für den späteren Einbau der AK (ca. 2.000 EUR je Waggon) dürften sich schätzungsweise bis zum Jahr 2008 insgesamt 1,0 bis 1,2 Mrd EUR angesammelt haben.²⁾ Das gleiche Bild gilt auch für Deutschland. Im größten europäischen Güterbahnland (DB und DR) dürften mehr als 250.000 Waggons auf die AK vorgerüstet worden sein. Eine Investition von schätzungsweise ca. 500 Mio EUR. Ein Teil der vorgerüsteten Waggons wurde inzwischen aus Altersgründen bereits wieder ausgemustert, bzw. steht unmittelbar vor der Ausmusterung. Insgesamt gesehen führten diese bisher vergeblichen Vorrüstungen für den späteren, dann nicht erfolgten Einbau zusätzlich der hohen technischen Entwicklungsaufwendungen zu einer enormen Fehlinvestition.

1) Bereits zuvor hat der geschäftsführende Ausschuss der UIC die Vorrüstung der Waggons für den späteren Einbau der AK ab 01.01.1995 für verbindlich erklärt.

2) Die Umbaukosten der Fahrzeuguntergestelle (Mittelängsträger, Diagonalstreben) betragen 1969 ca. DM 1.000,00 - 3.000,00 je Waggon. [31 – S. 51]

Der Gesamtbetrag der bisher fehlgeleiteten Investitionsmittel wird bis zu einem neuen Anlauf zur Umrüstung auf mehr als 50 % der insgesamt erforderlichen Anschaffungs- und Umrüstungskosten für die AK im UIC-Gebiet – auf der Basis des heute wesentlich geringeren Waggonbestandes in Europa – geschätzt.

Noch heute gelten die UIC-Merkblätter, nach denen alle neu in Betrieb genommenen Waggon die konstruktiven und technisch-materiellen Voraussetzungen für den späteren Einbau der AK aufweisen müssen. Ob sich alle Bahngesellschaften daran halten, wird nicht überprüft.

(38) Es ist höchste Zeit: ein dritter Anlauf zur Implementierung muss den Durchbruch bringen

In der Zwischenzeit hat sich die Technik weiter entwickelt. Hervorzuheben ist die TRANSPACT-Mittelpuffer-Kupplung (C-AKv), die von der Firma Faively Transport für die DB konzipiert und gebaut wurde und seit 2004 im Kohleverkehr erfolgreich eingesetzt wird. [28 – S. 594 ff., 48 – S. 247 ff.] Der Wettbewerb der Hersteller untereinander wird zukünftig dafür sorgen, dass die technisch ausgereifteste und wirtschaftlich beste Lösung zum Zuge kommt. Aus den heutigen Möglichkeiten der Technik leiten sich die folgenden Grundanforderungen (Lastenheft) für einen neuen Anlauf einer Implementierung ab:

- Die moderne AK muss für eine Übergangszeit vollständig kompatibel mit den europaweit standardisierten Schraubenkupplungen (SK) sein. Reibungsloser Gemischtverkehr ist die Voraussetzung für eine sukzessive/schrittweise Implementierung über einen längeren Zeitraum (5 Jahre) hinweg, so dass erst nach einer Übergangszeit sämtliche Fahrzeuge auf die AK umgerüstet sein werden. Im Gemischtzug (Waggon mit Schraubenkupplung und Waggon mit AK) übernimmt die C-AKv die Zugkräfte, im reinen AK-Verkehr (2 Waggon mit AK) die Zug- und Druckkräfte.
- Die AK muss wesentlich höhere Zugkräfte als die SK übertragen können und damit die Bildung schwererer und längerer Züge zulassen.
- Neben der Kraftverbindung (Zug- und Druckkraft) sind automatisch die Hauptluftleitungen (Druckluftbremse) sowie die Elektroverbindungen (ESL-Modul) zur Energie- und Datenübertragung (Datenbus) zu kuppeln bzw. zu entkuppeln, so dass weitere Entwicklungspotentiale zur Automatisierung des Güterverkehrs (z. B. Train-Coupling, selektives Entkuppeln, automatische Feststellbremse, die Bremsprobe, Gefahrenanzeige, die Waggon-Standorterkennung, die Zugschlusserkennung, der mobile Verteilungsverkehr) erschlossen werden können.

- Weiterhin wird die Kompatibilität mit der russischen SA-3 (SA-4) Kupplung gefordert, auch wenn ein netzübergreifender Einsatz von Waggons zur Breitspur (im russischen, finnischen und spanischen Gleisnetz) zusätzlich einen aufwendigen Wechsel der Drehgestelle voraussetzt oder den Einbau der automatischen Spurwechseltechnik erfordert und somit für die Entscheidung über die europaweite Einführung der AK wünschenswert aber z. Z. noch marginal ist. [48 – S. 248]

Die Technik hierfür ist vorhanden. In Inselverkehren wie dem Erzverkehr und dem Kohleverkehr [28 – S. 594 ff] wird die moderne AK in Deutschland in kleinem Umfang bereits erfolgreich eingesetzt und getestet. Das System ist ausgereift und europaweit umsetzbar.

Es bedarf nur des politischen Willens. Dieser politische Wille muss getragen werden von den nationalen Regierungen und den großen nationalen europäischen Güterbahnen im Verbund mit der EU. Es bedarf jedoch auch eines Innovators, einer Vorreiterrolle. Deutschland mit der größten europäischen Güterbahn ist hier gefordert.

Der enorme Automatisierungs- und Rationalisierungsvorteil der AK wird nur dann zur Geltung kommen, wenn große Teile des nationalen und internationalen Schienengüterverkehrs in Europa umgerüstet worden sind.

V. Kosten-Nutzen-Analyse des Investitionsprojektes "Einführung der AK im deutschen Eisenbahn-Güterverkehr"

1. Annahmeparameter

1.1 Einzelwirtschaftliche/Gesamtwirtschaftliche Betrachtung

Die Erfassung der Kosten und Nutzen der Einführung der AK kann grundsätzlich im Rahmen

- einer einzelwirtschaftlichen Betrachtung aus der Sicht der nationalen Bahnakteure und/oder
- einer volkswirtschaftlichen Betrachtung aus gesamtwirtschaftlicher Sicht unter Einbeziehung einzelwirtschaftlicher Prozesse erfolgen.

Die hier versuchte grobe Kosten- und Nutzenabschätzung basiert auf der Ermittlung der verschiedenen betriebswirtschaftlichen Auswirkungen, die zusammengefasst um die volkswirtschaftlichen Kosten und Erträge erweitert werden.

In einem ersten Schritt werden die Investitionskosten und Folgekosten auf der Basis einer Großserienfertigung ermittelt. In einem zweiten Schritt werden die einzelnen Nutzenkomponenten, die wesentlich schwerer als die Kosten zu erfassen sind, analysiert und die Nutzenwerte – soweit möglich – berechnet bzw. geschätzt und zusammengefasst. Das Ziel ist, die Größenordnung von Kosten und Nutzen zu ermitteln.

1.2 Sukzessive, schrittweise versus simultane, schlagartige Einführung

Es herrscht europaweit der verkehrspolitische Konsens, dass für die Einführung der AK nur eine sukzessive, schrittweise Umrüstung des Waggonparks in Frage kommt. Als optimaler Zeitraum für eine sukzessive Umrüstung werden ca. 5 Jahre – wünschenswert 4 Jahre – angesehen¹⁾. [51 – S. 229]. Es gibt aber auch gute Gründe, vor allem finanzielle, eine längere Umrüstungszeit einzuplanen. Untersuchungen haben ergeben, dass auch die Kosten der Umstellung bei einer sukzessiven/ schrittweisen Umrüstung niedriger sind als bei einer simultanen/schlagartigen Umrüstung. [43 – S. 13] Nach allgemeiner Auffassung ist in der Form der Gemischtkupplung (z. B. C-AKv) eine progressive Einführung der AK auch dann möglich, wenn eine vorübergehende Einschränkung des „Berner-Raums“ in Kauf genommen wird.²⁾ [15 – S 73]

1.3 Zeitraum der Kosten- und Nutzenschätzung und Datenbasis

Die Kosten-/Nutzenschätzung (Cost-Benefit-Analysis) erstreckt sich auf einen angenommenen Leasing-/Finanzierungszeitraum von 22,5 Jahren (90 % der steuerlichen AfA-Zeit von 25 Jahren für Waggon/Lokomotiven), gemessen ab Mitte der Umrüstungszeit von fünf Jahren.

1) Andere Autoren ermitteln 8 Jahre als den wirtschaftlich günstigsten Zeitraum für eine sukzessive Umrüstung [45 – S. 83]

2) Die anzuhebende Öse der Gemischtkupplung zum Einhängen in den Zughaken der TRANSPACT-Kupplung wiegt nur 6,5 kg.

Die ermittelten bzw. geschätzten Werte der Kosten und Nutzen sind nicht abgezinst (Nominalwerte) und basieren auf unterschiedlichen Datenquellen: Fachliteratur, Expertenbefragungen, Plausibilitätsansätzen, Kostrukten, Schätzungen, Kalkulationsmodellen sowie auf empirischen Erhebungen. Die Datenbasis ist unvollständig. Die Analyse bezieht sich auf die Güterbahn der Bundesrepublik Deutschland. Bei den Ermittlungen der betriebswirtschaftlichen Nutzen, sind die Erträge privater, europaweit operierender Waggonunternehmen nur zum Teil erfasst worden.

Eine umfassendere Kosten-Nutzen-Analyse unter Einbeziehung bisher nicht zugänglicher unternehmensinterner Daten, vor allem die der Bahnunternehmen, wäre nötig, um die Ergebnisse dieser Studie abzusichern.

2. Kostenanalyse

2.1 Die Einzelkosten des nachträglichen Einbaus der AK

(39) Bei einer Großserienfertigung der AK sinken deren Einzelpreise/-kosten

Wie bereits erwähnt, sind ab 1976 in Deutschland alle neu gebauten Güterwaggons für die spätere Nachrüstung durch Verstärkung des Fahrzeug-Untergestells (Druckkräfte von 200 t und Zugkräfte von 150 t) auf der Grundlage der UIC-Merkblätter vorbereitet worden.¹⁾ Insofern ist der nachträgliche Einbau der AK in den im Waggon bereits vorhandenen UIC-Einbauraum vergleichsweise einfach und nach Aussage von Experten innerhalb von Stunden zu bewerkstelligen.

Die Einzelpreise bzw. Einzelkosten der einzubauenden AK hängen vor allem von der Menge der in Auftrag gegebenen Kupplungen ab. Nach Rücksprache mit Lieferanten und Experten können bei einer Großserienfertigung von 80.000 Kupplungen auf heutiger Preisbasis etwa folgende Preise/Kosten pro Waggon (2 Kupplungen) in Ansatz gebracht werden:

1) Es ist möglich, dass ein kleiner Teil der Waggons nicht den UIC-Bestimmungen für eine Verstärkung des Untergestelles entspricht. Auf die Problematik einer nachträglichen Umrüstung der Untergestelle wird nicht näher eingegangen, die zusätzlichen Kosten können nur individuell ermittelt werden.

Tab 10.: Preise/Kosten der Installation einer automatischen Zug-Druckkupplung mit Luft- und Elektro-
kupplung sowie automatischer pneumatischer Entriegelung pro Waggon

- 2 Kupplungsköpfe	2.500 EUR X 2 = 5.000 EUR
- 2 Federwerke	1.000 EUR X 2 = 2.000 EUR
- 2 Entkupplungszyylinder, Magnetventile etc.	250 EUR X 2 = 500 EUR
- Leitungen im Waggon	200 EUR
- Einbaukosten	300 EUR
Preise/Kosten insgesamt pro Waggon	8.000 EUR

Bei einem Auftragsvolumen von 360.000 AK für 180.000 umzurüstende Güterwagen dürften die Einzelpreise/ -kosten der AK wesentlich geringer ausfallen als hier angenommen.

Für die weiteren Berechnungen sind die Kosten für die Zuführung der Waggon bis zur Einbauwerkstätte, für die dabei entgangene Nutzung sowie die Kapitalkosten zu vernachlässigen, wenn man bedenkt, dass im Jahresdurchschnitt jeder Waggon etwa 2 bis 3 mal eine Werkstätte zur Reparatur oder Wartung aufsuchen muss.

Die jährlichen Wartungs- und Reparaturkosten der AK werden von Fachleuten wesentlich niedriger angesetzt als bei der bisherigen Schraubekupplung mit Puffern. Vor allem entfallen die Aufwendungen für das ständige Schmieren der Pufferteller. Die Wartungs- und Reparaturkosten werden in der Kosten-Nutzen-Analyse nicht näher untersucht.

2.2 Das Umrüstpotehtial für die AK

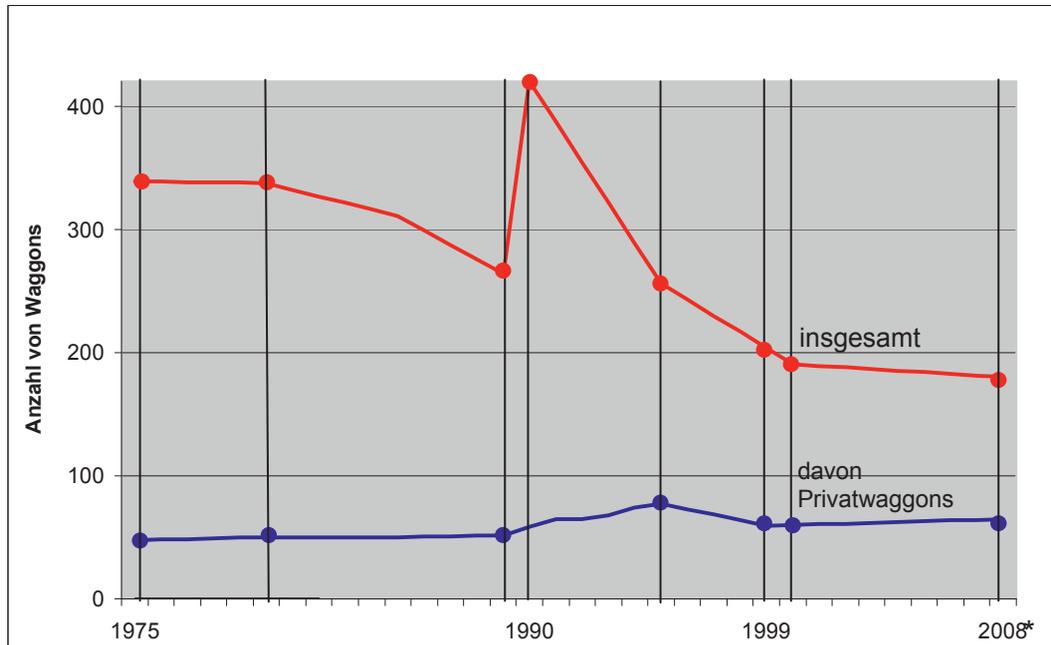
(40) Die Waggonbestände haben sich seit 1990 mehr als halbiert

Seit dem Zusammenschluss von DB und DR (Deutsche Reichsbahn) hat sich der Bestand an Güterwagen einschließlich der Privatwaggon von ca. 420.000 (1990) auf gut 180.000 (2008) mehr als halbiert. Die Waggonstatistik ist z. T. unklar, da der Waggonbestand in Deutschland nicht nach einheitlichen Kriterien erfasst wird.¹⁾ Den weiteren Berechnungen wird ein Bestandssockel von 180.000 Waggon zugrunde gelegt, der eventuell in den nächsten Jahren weiter zurückgehen wird.²⁾

- 1) Unterschiedliche Erfassung nach Registrierung, nach Eigentumsverhältnissen, nach Verbandszugehörigkeit.
- 2) Davon sind schätzungsweise 2008 ca. 105.000 Güterwaggon öffentlicher Bahnunternehmen, rund 10.000 Waggon von Privatbahnen und Industrieunternehmen und rund 65.000 Waggon von privaten Vermietungsgesellschaften.

Diese Entwicklung kommt der Umrüstung auf die AK entgegen. Dadurch sind bis heute die Grundmen- gen für eine Umrüstung und somit die kalkulatorischen Gesamtkosten gegenüber 1990 ebenfalls mehr als halbiert worden.

Tab. 11: Bestand an Güterwagen (einschließlich Privatgüterwagen) in Deutschland



Quelle: Statistisches Bundesamt, z.T. unvollständig, nicht ausgewiesen. *geschätzt

Die massive Bestandsabnahme war auch mit einem Strukturwandel verbunden. Viele kleinere zwei- achsige Güterwagen sind ausgemustert worden. Waggons mit höherem Ladevolumen (z. B. Groß- raum-Schiebewandwagen, Containertragwagen mit Drehgestellen) und Spezialgüterwaggons (z. B. umachsfähige Waggons, Waggons mit Spezialaufbauten) haben an Umfang und Bedeutung gewon- nen, so dass das durchschnittliche Transportvolumen pro Waggon und pro Kupplung angestiegen ist.

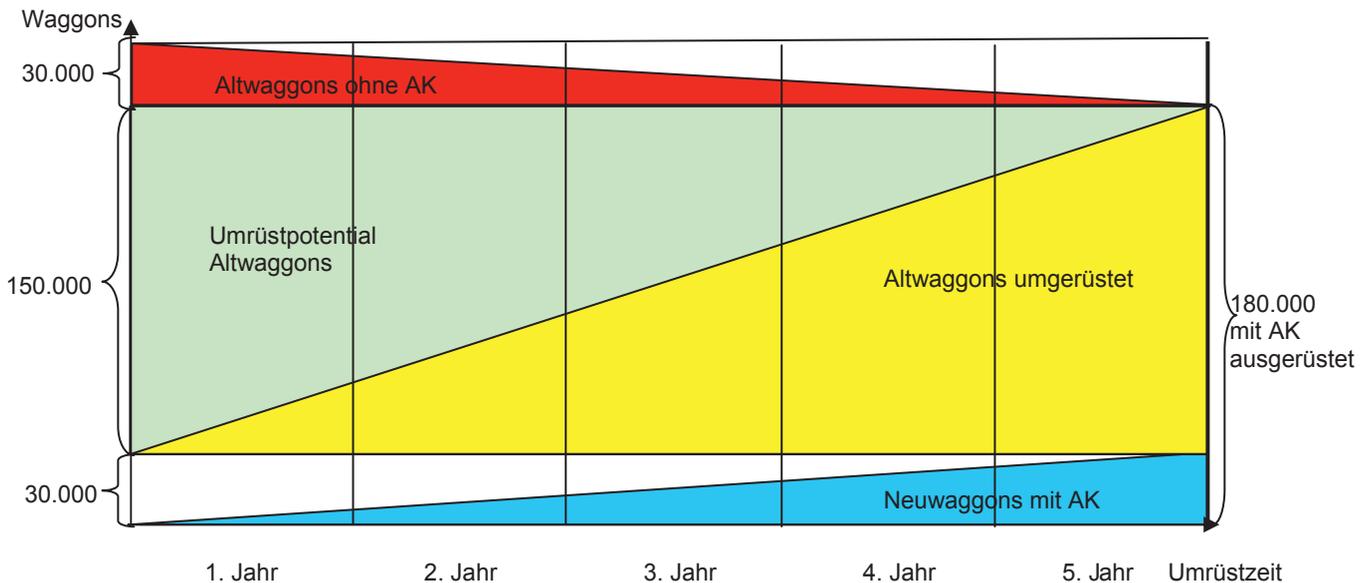
(41) Der Bestandssockel für die Umrüstung auf die AK ist wesentlich kleiner geworden

Die Zahl der umzurüstenden Altwaggons aus dem Bestand ist gegenüber früheren angedachten Um- rüstungen wesentlich kleiner geworden, es gibt weniger umzurüsten.

Auch müssen nicht alle Waggons während der Umrüstungsphase auf die AK als Gemischtzugkupplung umgebaut werden. Bei allen Waggonneubauten kann ab Beginn der Umrüstung auf den zusätzlichen Einbau der Puffer verzichtet werden, wenn im Zugverband in der Übergangszeit Kupplungswagen mit Gemischtzugkupplungen zwischengeschaltet werden.

Es macht wenig Sinn, in der kurzen Umrüstzeit von ein bis max. fünf Jahren zusätzlich Puffer einzubauen, um sie dann wieder zu verschrotten. So entfallen für alle Neubauten mit der AK die Kosten für zwei Schraubenkupplungen und vier Puffer in Höhe von insgesamt ca. 3.000 EUR¹⁾ pro Waggon, so dass bei Neubauten als kalkulatorische Differenzkosten für die AK statt des Betrages von 8.000 EUR nur mit 5.000 EUR gerechnet werden muss.

Tab. 12: Struktur des Waggon-Umrüstpotentials



Auch die Altersstruktur hat einen Einfluss auf das Umrüstpotential. Geht man von einer linearen Altersstruktur²⁾ aus, so ist es nicht wirtschaftlich, diejenigen Altwaggons auf die AK noch umzurüsten, die während der Umstellungsphase oder kurz danach wegen ihres erreichten Alters ausgemustert werden müssen. Dies sind etwa jährlich 6.000 Altwaggons, insgesamt in der Umrüstphase von fünf Jahren ca. 30.000. Daraus errechnet sich ein Umrüstpotential von 180.000 Altwaggons abzgl. 30.000 auszumusternde Waggon = 150.000 Waggon, die mit einer AK umzurüsten sind.

Hinzu kommen die jährlichen Neubauten und Renovierungsumbauten. Bei einer durchschnittlichen Lebensdauer/Nutzungszeit eines Waggon von 30 Jahren³⁾ ist bei dem zukünftig angenommenen Bestandssockel von 180.000 Güterwagen eine jährliche Ersatzbeschaffung von ca. 6.000 Waggon erforderlich, entweder als Neubau oder als renovierter, umgebauter Altwaggon. In der Umrüstphase von fünf Jahren sind dies 30.000 neue Waggon, die schon beim Bau/Umbau mit der AK ausgestattet werden.

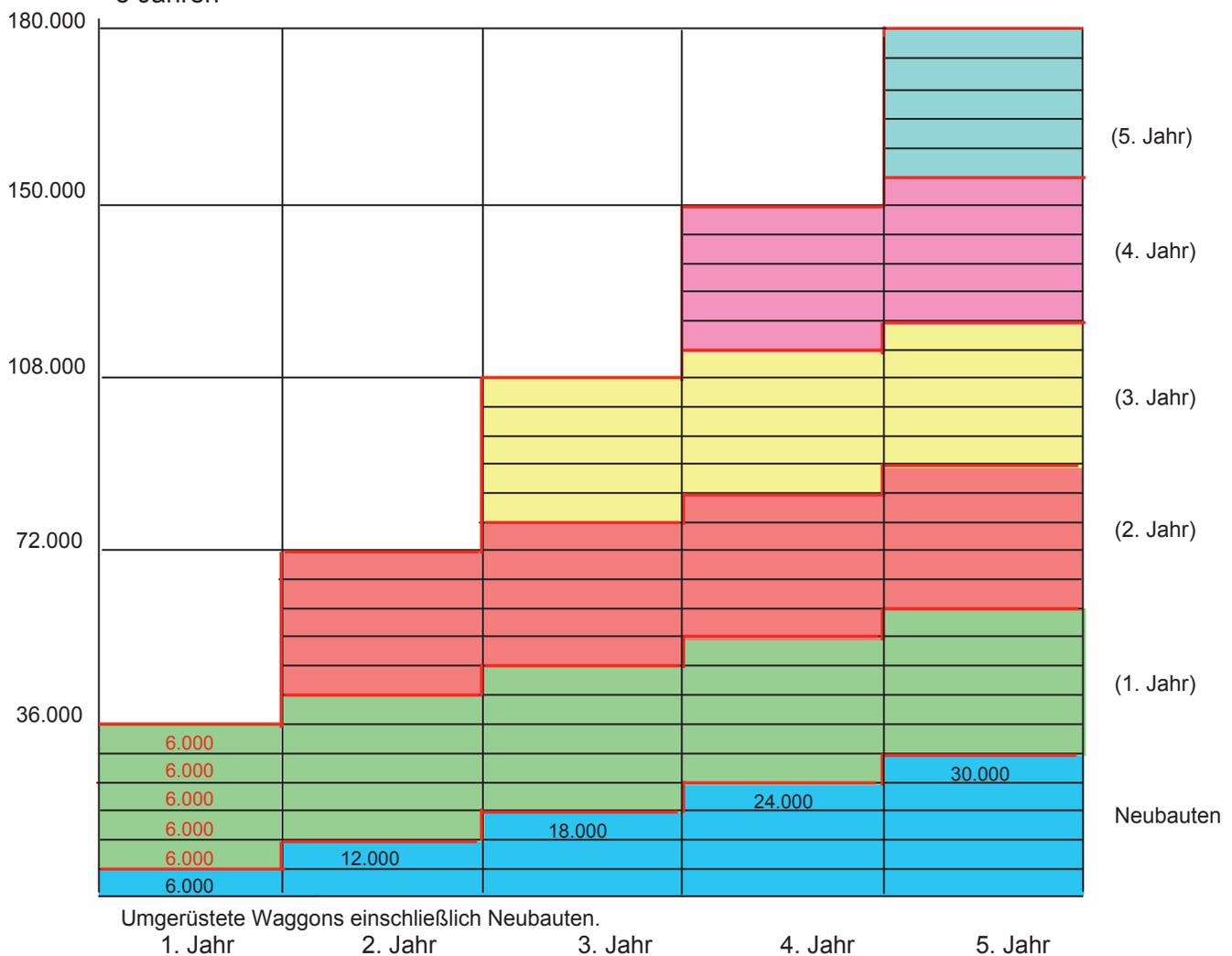
In der Umrüstphase von fünf Jahren und einem linearen Produktions- und Installationsverlauf der AK ergibt sich dann folgender Investitionsplan:

1) 4 Puffer à 400 EUR, 2 Zughaken à 115 EUR, 2 Schraubenkupplungen à 200 EUR, 2 Zugeinrichtungen à 360 EUR.

2) Es gibt keine öffentlich zugängliche Statistik über die Altersstruktur der Güterwagen in Deutschland.

3) Waggonvorhaltende Unternehmen rechnen mit einer Nutzungsdauer von 30 bis 35 Jahren.

Tab. 13: Investitionsplan (Stückzahlen) für eine Umrüstung des Waggonbestandes auf die AK in 5 Jahren



Die Investitionen setzen sich im Einzelnen wie folgt zusammen:

- (1) Bei einer jährlichen Ersatzbeschaffung von 6.000 Waggon (1/30 des Bestandes) werden in fünf Jahren insgesamt 30.000 Neuwaggon mit der AK ausgestattet und in Dienst gestellt. Diese Wagen erhalten nur die AK und keine zusätzlichen Puffer.
- (2) Zusätzlich zu den Neubauten werden in jedem Jahr 30.000 Bestandswaggon auf die AK (Gemischtzugkupplung) umgerüstet.

Nach der Umrüstzeit von fünf Jahren sind 150.000 Waggon aus dem Altbestand mit der AK als Gemischtzugkupplung ausgestattet. Zusammen mit den Neubauten sind im sechsten Jahr 180.000 Waggon auf die AK umgerüstet. Es können dann alle Puffer und Schraubenkupplungen demontiert werden. Die Vollautomatisierung der Güterbahn kann beginnen.

2.3 Die Gesamtinvestitionen in der Umrüstphase und ihre Finanzierung

(42) Die jährlichen Gesamtinvestitionen in der Umrüstphase belaufen sich auf ca. 270 Mio EUR

Während der Umrüstphase errechnen sich die jährlichen Gesamtinvestitionen aus der Zahl der umgebauten Altwaggon multipliziert mit den Einzelkosten (8.000 EUR) sowie der Zahl der Waggon-

neubauten multipliziert mit den kalkulatorischen Differenzkosten (5.000 EUR).

Das ergibt pro Jahr Investitionen in Höhe von 240 Mio EUR für die Umrüstung der Altwaggons und 30 Mio EUR für den Einbau der AK in die Neubauten, zusammen 270 Mio EUR. Kumuliert belaufen sich nach Ablauf der Umrüstung die Gesamtinvestitionen für 180.000 Waggons auf 1.350 Mio EUR, pro Waggon im Durchschnitt auf 7.500 EUR. Dies entspricht etwa 9 % des durchschnittlichen Anschaffungswertes eines Güterwaggons. Bei den Berechnungen sind die nach Ablauf der Umrüstphase und innerhalb der Lebensdauer der AK anfallenden Austauschkosten – Ausbau der AK von ausser Dienst gestellten Waggons und Einbau in Neubauten – vernachlässigt worden.

(43) Geringer Finanzierungsbedarf in der Umrüstphase durch Leasing

Durch eine Leasingfinanzierung ergeben sich für die Umrüstzeit wesentlich geringere jährliche Finanzierungsaufwendungen. Bei einer Laufzeit der Leasingfinanzierung über 90 % der AfA-Zeit (25 Jahre) errechnet sich eine Grundmietzeit von 270 Monaten (22,5 Jahre). Unter Zugrundelegung eines Vollamortisationsvertrages ohne Restwert, eines kalkulatorischen Zinses von 5 % p.a. und monatlichen Leasingraten vorschüssig ergibt sich für das erste Jahr eine Mietrate von rund 19,9 Mio EUR, die jährlich um diesen Betrag bis zum fünften Jahr der Umrüstung auf insgesamt 99,6 Mio EUR ansteigt (vgl. Tab.14). Das ergibt in der Umrüstzeit Leasinggebühren von insgesamt 298,9 Mio EUR, in der gesamten Grundmietzeit von 22,5 Jahren einen Gesamtbetrag an Finanzierungsaufwendungen (Leasinggebühren) von 2.241 Mio EUR.

Tab. 14: Umgerüstete Waggons, Investitionen und ihre Finanzierung (Leasing)

	1. Jahr	2. Jahr	3. Jahr	4. Jahr	5. Jahr
(1) Umgerüstete Waggons (Stückzahlen)					
- Neubauten AK	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000
- Altbauten umgerüstet auf AK	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000
insgesamt	36.000	36.000	36.000	36.000	36.000
kumuliert	-	72.000	108.000	144.000	180.000
(2) Investitionen Mio EUR					
- 6.000 à 5.000 EUR (Neuwaggons)	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0
- 30.000 à 8.000 EUR (Altwaggons)	240,0	240,0	240,0	240,0	240,0
insgesamt	270,0	270,0	270,0	270,0	270,0
kumuliert	-	540,0	810,0	1.080,0	1.350,0
(3) Leasingraten Mio EUR p. a.					
für das 1. Jahr	19,9	19,9	19,9	19,9	19,9
für das 2. Jahr	-	19,9	19,9	19,9	19,9
für das 3. Jahr	-	-	19,9	19,9	19,9
für das 4. Jahr	-	-	-	19,9	19,9
für das 5. Jahr	-	-	-	-	19,9
Insgesamt Mio EUR	19,9	39,8	59,7	79,6	99,6
(4) Kumulierte Anschubfinanzierung bis zum 5. Jahr nsgesamt Mio EUR					298,5

Ab dem fünften Jahr bleibt die Jahresmietrate bis zum Ende der Laufzeit des Leasingvertrages (22,5 Jahre) mit jährlich 99,6 Mio EUR konstant. Wenn alle 180.000 Waggons umgerüstet worden sind, wer-

den erhebliche betriebs- und volkswirtschaftliche Erträge erwirtschaftet, so dass gemäß „Pay as you earn“ im Vergleich die jährlichen Aufwendungen für Leasinggebühren in Höhe von 99,6 Mio EUR gering sein werden.

3. Nutzenanalyse

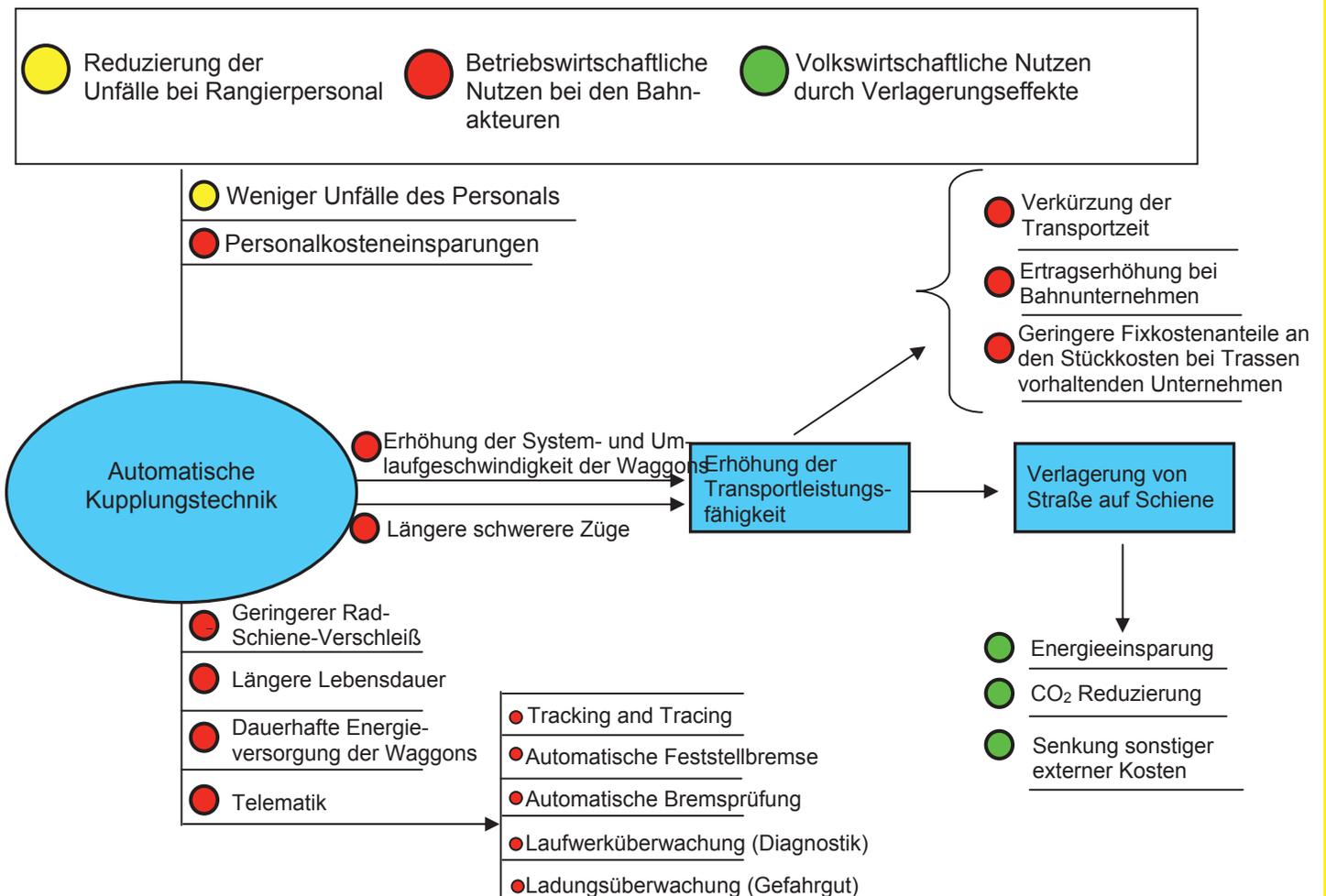
3.1 Überblick über die wichtigsten Nutzenkomponenten

Bild 24 gibt einen Überblick über die wesentlichen

- betriebswirtschaftlichen/einzelwirtschaftlichen Nutzenkomponenten, die unmittelbar oder mittelbar durch die Einführung der AK bei den Bahnakteuren entstehen sowie die
- volkswirtschaftlichen/gesamtwirtschaftlichen Nutzenkomponenten, die voraussichtlich durch eine Verlagerung von Transportströmen von der Straße auf die Schiene bewirkt werden.

Die Zusammenstellung ist nicht vollständig.

Bild 24: Überblick über die einzelwirtschaftlichen und volkswirtschaftlichen Nutzenkomponenten



3.2 Die betriebswirtschaftlichen Kosteneinsparungen im Einzelnen

3.2.1 Reduzierung der Unfallzahlen

(44) Jeder Tote oder verletzte Rangierer ist einer zuviel

«Die Wirtschaftlichkeit darf nicht in vorderster Linie stehen, wenn ein besserer Schutz menschlichen Lebens erreicht werden kann». So hat Edgar Salin (1892 – 1974) in seiner Studie über die automatische Mittelpuffer-Kupplung 1966 geschrieben. [43 – S. 23] Wer selbst einmal beobachtet hat, wie noch heute – ob schönes oder schlechtes Wetter – die Rangierer zwischen die Waggon ins Gleis treten, um die gefährliche und schmutzige Arbeit des manuellen Kuppelns und Entkuppelns von Waggon zu verrichten, der erkennt, dass diese vorsintflutliche Arbeit nicht mehr in die moderne Welt, nicht in die moderne Technik passt. [43 – S. 24]

Wenn 1966 in der BRD jeden Tag 70.000 bis 80.000 Rangierarbeiter (Zugvorbereitung, Bereitstellung einschließlich Lokrangierführer und Wagenuntersuchungen) zwischen die Eisenbahnfahrzeuge treten mussten, so ist die Zahl – nach Auskunft der DB AG – heute auf ca. 10.000 gefallen. [43 – S. 4]

Auch die Zahl der Unfalltoten und Verletzten hat sich gegenüber früher stark reduziert. In den letzten Jahren haben sich im Güterverkehr jedoch immer noch z.T. sehr schwere Unfälle bei Beschäftigten (Rangierer, Lokrangierführer, Lokführer) ereignet. Wie viele der Unfälle tödlich endeten ist z. Zt. nicht zu ermitteln. [Vgl.: 67 – S. 12 ff]

Jeder Tote oder schwerverletzte Rangierer ist einer zu viel. Dies stand im Vordergrund einer Entscheidung des US-Kongresses von 1893 (Safety Appliance Act (SAA)), Schienenfahrzeuge nur noch mit automatischer Kupplung zuzulassen. [56] Nach der Umstellung hat sich die Zahl der Kupplungsunfälle in den USA auf etwa 10 % gegenüber dem vorherigen Umfang verringert.

Auf eine monetäre Bewertung der Unfälle wird wegen Unangemessenheit verzichtet.

3.2.2 Personalkosteneinsparungen

(45) Die Personalkosteneinsparungen belaufen sich in 20 Jahren auf ca. 2,4 Mrd EUR

Der Einsatz der modernen AK führt gegenüber der manuellen Schraubekupplung zu einer wesentlich höheren Arbeitsproduktivität:

- Bei der AK ist das Verbinden und Trennen von Waggon/Lokomotiven „auf Knopfdruck“ möglich, ein manueller Eingriff von Personal entfällt weitgehend (direkter Personaleinsatz)
- Vorgelagerte und nachgelagerte Arbeitsabläufe vereinfachen sich (indirekter Personaleinsatz)

Dies führt zu direkten und indirekten Einsparungen bei den Personalkosten:

(1) Direkte Personalkosteneinsparungen

Nach neueren Berechnungen (2005) ergeben sich durch die Automatisierung des Kupplungs-/ Entkupplungsvorgangs beim direkten Personaleinsatz am Gleis

- Zeiteinsparungen von ca. 1,5 Mio Stunden/Jahr
- Personaleinsparungen von ca. 800 Mitarbeitern und
- Kosteneinsparungen von knapp 40 Mio €/Jahr. [42 - S. 5]

(2) Indirekte Personalkosteneinsparungen

Diese ergeben sich durch die Erhöhung der Arbeitsproduktivität des Rangierumfeldes:

- Steigerungen der Arbeitsproduktivität des sonstigen eingesetzten Personals auf den Ablaufbergen
- Reduzierung des Arbeitseinsatzes von Rangierlokführern
- Reduzierung des mitfahrenden Rangierpersonals von und zu den Nahverteilerstellen und von und zu den Verladern und Empfängern.

Ältere Schätzungen der Deutschen Bundesbahn (1966) gingen von jährlichen Einsparungen bei den indirekten Personalkosten in Höhe von mehr als dem Dreifachen der direkten Personalkosteneinsparungen aus. [43 – S. 6]

Es ist vorsichtig geschätzt, wenn die Einsparungen an indirekten Personalkosten mit dem Faktor 2 – im Verhältnis zu den direkten Personalkosten – mit 80 Mio EUR/Jahr angesetzt werden.

Insgesamt ergeben sich jährlich Personalkosteneinsparungen (2005):

direkt:	40 Mio EUR p.a.
indirekt:	80 Mio EUR p.a.
insgesamt:	120 Mio EUR p.a.

Im Kalkulationszeitraum von 22,5 Jahren errechnen sich (nicht abgezinst) in Deutschland Personalkosteneinsparungen von insgesamt ca. **2,7 Mrd EUR**.

3.2.3 Geringerer Verschleiß bei Radsätzen und Schienen

(46) Mit zunehmender Geschwindigkeit der Güterzüge steigt der Verschleiß bei Rad und Schienen

Seit 2004 sind schwere Kohle-Transportwagen (Bauart FaLnqq130), die von der DB im Pendelverkehr zwischen Profen (Tagebau) und Schkopau (Kraftwerk) eingesetzt werden, auf die TRANSPACT-Mittelpuffer Kupplung (C-AKv) mit Kuppelstange umgerüstet worden.

Seit dem Einsatz dieser automatischen Mittelpuffer-Kupplung (mit Kuppelstange) sind

- der Verschleiß der Radsätze
- die verschleißbedingten Waggonausfallzeiten und
- voraussichtlich der Schienenverschleiß stark zurückgegangen.

- (1) Weniger als ein Drittel der Radsätze mussten – im Vergleich zur vorherigen Schraubenkupplung – getauscht werden. Diese positive Wirkung – der verringerte Verschleiß – sind auf die 3 bis 5-fache Verminderung der Querkräfte zwischen Rad und Schiene zurückzuführen. [28 – S. 598]
- (2) Die verschleißbedingten Waggonausfallzeiten konnten um rund die Hälfte gesenkt werden. [28 – S. 598]
- (3) Auch der Verschleiß an den Gleisen dürfte sich drastisch verringern, in der Übergangszeit auch der Verschleiß an den Puffern.¹⁾ [59]

Diese Auswirkungen, projiziert auf das Gesamtnetz, könnten bei der Bewertung der AK im Rahmen der Kosten-Nutzen-Analyse eine große Bedeutung erlangen, zum einen für die waggonbesitzenden Unternehmen, zum anderen für die Unternehmen, die die Trasse vorhalten. Insbesondere dann, wenn durch steigende Frequenz und höhere Geschwindigkeit der Güterzüge, der Verschleiß an den Rädern und Gleisen überproportional anwächst.

Für eine genauere Bewertung dieser Nutzeneffekte der AK ist es noch zu früh, es bedarf weiterer Untersuchungen. Eine grobe Vorabschätzung der verschleißbedingten Einsparungen an den Radsätzen könnte folgendes Bild ergeben: Der Anschaffungspreis eines Radsatzes setzt sich zusammen aus dem Preis für eine Welle mit 2 Vollrädern (ca. 3.000,00 EUR) und den Preisen für Lagergehäuse, Rollenlagersätze und Montage (ca. 1.000,00 EUR), das ergibt insgesamt ca. 4.000,00 EUR. Unter der Annahme einer durchschnittlichen Nutzungsdauer eines Radsatzes von ca. 30 Jahren, fallen in diesem Zeitraum – je nach Intensität der Nutzung, je nach Waggontyp, Transportgut und Strecke – folgende kalkulatorische Kosten für die Verschleißbehebung an:

• 2 x Ersetzen der Vollräder des Radsatzes mit Lager (à 2.500 EUR) ²⁾	=	5.000 EUR
• 8 – 10 x zusätzliche Profilierungen der Vollräder (à 100 EUR)	=	800 – 1.000 EUR
• bei jeder 3. Profilierung erfolgt eine Lageraufbereitung (3 x 200 EUR)	=	<u>600 EUR</u>
Verschleißbedingte kalkulatorische Kosten je Radsatz insgesamt		6.400 – 6.600 EUR

1) Bei der TRANSPACT-Kupplung wird bei Beharrungsfahrt ein Puffertellerabstand von ca. 120 mm eingehalten.

2) Die Laufleistung eines Vollrades variiert zwischen 0,9 und 1,2 Mio km.

Während der angenommenen Gesamtnutzungsdauer von ca. 30 Jahren ergeben sich für einen Radsatz verschleißbedingte kalkulatorische Aufwendungen von insgesamt 6.400 – 6.600 EUR, je Drehgestell-Güterwaggon (4 Radsätze) von ca. 25.200 bis 26.400 EUR (ohne kalkulatorische Zinsen) ¹⁾. Dies sind Durchschnittswerte, der Verschleiß bzw. die Verschleißminderung durch die AK variiert nach Laufleistung und Waggontyp erheblich. Z. B. sollen Containerwaggons einen wesentlich höheren Radsatzverschleiß haben als Kesselwaggons.

Vorläufige Schätzungen über eine mögliche Verschleißminderung bei den Radsätzen durch Anwendung der AK liegen bei einer Größenordnung von maximal 20 – 30 % jährlich. Damit ergeben sich pro Jahr Einsparungen bei den kalkulatorischen Verschleißkosten von über 40 – 60 EUR je Radsatz, pro Drehgestell-Güterwagen von rund 160 – 240 EUR.²⁾

In Deutschland verkehren z. Z. ca. 180.000 Güterwaggons, davon knapp 130.000 vierachsige Waggons mit Drehgestellen und ca. 50.000 zweiachsige Waggons (z. B. Autotransporter). Geht man von der Annahme aus, dass alle 130.000 Güterwaggons mit Drehgestellen auf die AK umgerüstet werden, so ergeben sich folgende Schätzwerte kalkulatorischer Einsparungen:

- 130.000 Drehgestell-Güterwaggons (520.000 Radsätze) x 40/60 EUR je Radsatz (kalkulatorische Einsparung)
- 50.000 Zweiachser (100.000 Radsätze) x 40/60 EUR je Radsatz (kalkulatorische Einsparung).

Dies ergibt zusammen ca. **25 – 37 Mio EUR** (Mittelwert 31 Mio EUR) Verschleißminderungskosten pro Jahr. In 22,5 Jahren entspricht dies einer Kostenreduzierung von insgesamt **562,5 – 832,5 Mio EUR** (Mittelwert 697,5 Mio EUR).

Dies ist eine vorläufige und vorsichtige Schätzung. Geführte Gespräche mit Experten von Waggonvermietungsunternehmen haben diese Annahme gestützt. In besonderen Teilverkehren – Kohle-, Erz-, Steine und Erden- und Coiltransporte – können jedoch die Verschleiß einsparungen durch die AK an den Radsätzen und Schienen wesentlich höher ausfallen.

Auf die Minderungen des Schienenverschleißes durch die AK kann hier nicht näher eingegangen werden. Ein 2008 in Auftrag gegebenes Forschungsprojekt soll diese Frage klären. [66 – S. 35 ff]

1) Die gesamten Aufwendungen für Radsatzreparaturen einschließlich Ersatz beziffern sich beispielsweise bei einer großen deutschen privaten Waggonvermietgesellschaft im Durchschnitt für alle Waggons auf rund 250 EUR pro Jahr und Waggon.

2) Die geschätzten Verschleißkosten wurden nach dem Vorsichtsprinzip abgerundet.

3.2.4 Längere Lebensdauer der AK

(47) Die Lebensdauer der AK ist etwa doppelt so lang wie die der Schraubenkupplung

Die durchschnittliche Lebensdauer der AK beträgt – wie die der Waggons – ca. 30 Jahre. Die Projektstudie der DB „Weiterentwicklung der C-AKv“ hat bestätigt, dass die Forderungen im Lastenheft „wartungsfreier Zeitraum von mindestens 6 Jahren bei einer Lebensdauer von 24 bis 30 Jahren“ von der C-AKv erfüllt werden. [58 – Anhang S. 11 f] Hier wurde auch bestätigt, dass die AK in „einfacher, kräftiger und billiger Baugestaltung mit geringem Gewicht“ gefertigt werden kann.

Die Lebensdauer der AK ist nahezu doppelt so lang wie die der Schraubenkupplung. Nach Aussagen von Experten der DB ist die Schraubenkupplung durchschnittlich nach ca. 15 Jahren verschlissen. Im Einzelfall hängt der Verschleiß jedoch ab von der Intensität des Einsatzes und der zu transportierenden Güter (z. B. Kohle-, Erztransporte); er kann kürzer oder länger sein.

(48) Während der Lebensdauer der Waggons muss die Schraubenkupplung mindestens einmal durch eine neue ersetzt werden

Für die verschlissenen Teile der Schraubenkupplung und der Puffer muss mindestens einmal innerhalb von 30 Jahren eine Ersatzinvestition getätigt werden. Diese fällt bei der AK grundsätzlich weg, so dass dadurch ein komparativer Nutzensvorteil gegenüber der Schraubenkupplung entsteht.

Der Nutzensvorteil lässt sich wie folgt monetär bewerten: Während die AK im Prinzip innerhalb der Nutzungsdauer der Waggons repariert, jedoch nicht verschlissen wird und nicht durch eine neue ersetzt werden muss, wird bei der Schraubenkupplung jeweils nach 15 Jahren eine vollständige Ersatzinvestition fällig.

Bei einem Waggonbestand von 180.000 ist das Auswechseln von 360.000 Kupplungen erforderlich. Bei einer Preisannahme (heutige Preise) von ca. 1.500 EUR je Kupplung und Puffer errechnen sich im Laufe der Zeit von 30 Jahren Ersatzinvestitionen von insgesamt 540 Mio EUR. Verteilt man diesen Betrag kalkulatorisch auf diesen Zeitraum so liegt bei der Schraubenkupplung der Investitionsaufwand für die Ersatzbeschaffung bei 18 Mio EUR jährlich. Dieser Ersatzinvestitionsaufwand entfällt bei der AK. Daher bildet sich für die AK ein adäquater kalkulatorischer Nutzensvorteil von ca. 18 Mio EUR jährlich.

3.3 Die betriebswirtschaftlichen Nutzen aus einer höheren Transportleistungsfähigkeit

3.3.1 Erhöhung der Transportleistungsfähigkeit durch den Anstieg der Systemgeschwindigkeit und der Umlaufgeschwindigkeit der Waggon

(49) Die Leistungsfähigkeit der Güterbahn wird bisher nur zum geringen Teil produktiv genutzt

Wie in Kap. III. dargelegt, ist die geringe Systemgeschwindigkeit ¹⁾ – Strecke (km) dividiert durch die Zeit zwischen Be- und Entladung – aus der Sicht der verladenden Wirtschaft ein zentraler Wettbewerbsnachteil der Bahn gegenüber dem LKW. Im Einzelwagenverkehr der Bahn beträgt die Systemgeschwindigkeit z. Z. etwa 18 km/h.

Neben der Systemgeschwindigkeit spielt die Umlaufgeschwindigkeit – Zahl der produktiven Einsätze eines Waggons multipliziert mit der durchschnittlichen Transportlänge (km) pro Jahr – für die Ermittlung der durchschnittlichen Auslastung der Kapazität des bestehenden Waggonparks eine weitere wesentliche Rolle.

Während bei einzelwirtschaftlicher Betrachtung die Systemgeschwindigkeit von großer Bedeutung für die verladende Wirtschaft ist (Erhöhung der Attraktivität), ergibt sich aus der Umlaufgeschwindigkeit für den Waggoneigentümer die Produktivität des Waggonparks (Erhöhung der Kapitalrentabilität). Je häufiger ein Waggon im Jahr produktiv eingesetzt wird, umso höher sind seine Kapazitätsauslastung und der Deckungsbeitrag. Aus volkswirtschaftlicher Sicht führt beides zu einer Steigerung der Leistungsfähigkeit des Systems Güterbahn und damit zu einer Erhöhung des potentiellen Anteils der Bahn am Modal-Split.

Nach Abschluss eines produktiven Transportvorgangs (Entladung) wird der Waggon einer nächsten Beladung wieder zugeführt. Die Disposition dieser unproduktiven Leerfahrt bis zur nächsten Beladung kann mit unterschiedlichen Geschwindigkeiten erfolgen. Wenn es gelingt, mit intelligenter Tracking- and-Tracing-Disposition (z. B. durch Ist-Zeit-Information über den aktuellen Standort des Waggons im Bahnnetz) und durch Beschleunigung der Zugbildung und Zugauflösung durch die AK den spezifischen Waggon schnellstmöglich wieder zur Produktion zu bringen, erhöht sich die Umlaufgeschwindigkeit (Zahl der produktiven Einsätze pro Jahr) und damit die gesamte Transportleistungsfähigkeit des eingesetzten Waggonparks.

Die Umlaufgeschwindigkeit und der produktive Einsatz der Waggon sind bisher zu niedrig. DB-Güterwagen sollen im Durchschnitt nach dem Stand vom 1997 nur ca. 27 Einsätze und ca. 6.000 km pro Jahr fahren. Eine Verdopplung der Zahl der Einsätze wird für möglich gehalten. [45 – S. 82]

1) Die mit dem momentanen Entwicklungsstand der Bahntechnik und Bahnorganisation durchschnittlich erreichbare Transportgeschwindigkeit zwischen Be- und Entladung.

Auch wenn sich die Zahl der Einsätze seitdem erhöht hat, wird die Kapazität des bestehenden Waggoparks im Jahresverlauf nur zum geringen Teil produktiv genutzt. Die reine Fahrzeit, in der Waggons in Bewegung sind (Transport- und Leerfahrten), kann – Schätzungen gemäß – im Durchschnitt mit unter 30 Tagen pro Jahr – unterschiedlich nach Waggontypen – angesetzt werden.

Der Rest der Zeit entfällt auf Rangierzeiten, Wartezeiten, Grenzabfertigungen, Be- und Endladezeiten, Zeit für Wartung und Reparatur, Zeiten ungenutzter Leistungsbereitschaft oder auf nicht optimal organisierte Disposition.

(50) Höhere System- und Umlaufgeschwindigkeit erhöhen im gleichen Maße das Potential der Verkehrsleistung

Die Verkehrsleistung (VL) ist der Quotient aus Verkehrsarbeit (VA) und der für die Verrichtung benötigten Zeit (t).

$$VL = \frac{\text{Verkehrsarbeit (VA)}}{\text{Zeit (t)}}$$

Verkehrsarbeit ist das Produkt von Kraft (N) x Weg (km)

$$VL = \frac{VA}{t} = \frac{\text{Kraft (N) x Weg (km)}}{\text{Zeit (t)}}$$

Kraft (N) ist eine Einwirkung auf eine Masse (kg-Transportgut), die eine Bewegungsänderung (Transportvorgang) verursacht.

$$VL = \text{Kraft (N)} \times \frac{\text{Weg (km)}}{\text{Zeit (t)}}$$

Wird bei gegebener Kraft (Energie) eine Masse (kg, t) zu einer Bewegungsänderung (z. B. von Ort A nach Ort B) beeinflusst (Transportvorgang), erhöht sich dann die Verkehrsleistung (VL), wenn die Bewegungsänderung (Transport) – durch die AK – im Jahresdurchschnitt mit einer höheren Geschwindigkeit Weg (km/Zeit (t)) als bisher erfolgt.

Wird beispielsweise die Systemgeschwindigkeit der Güterbahn durch die Anwendung der AK um durchschnittlich 25 % erhöht, steigt – bei Konstanz der sonstigen Produktionsfaktoren – die Verkehrsleistung pro Jahr ebenfalls um 25 % an.

Es besteht somit physikalisch und ökonomisch ein proportionaler, stringenter Zusammenhang zwischen Systemgeschwindigkeit der Güterbahn und ihrer potentiellen Verkehrsleistung in einer Zeitperiode. Voraussetzung ist allerdings, dass die verladende Wirtschaft die zusätzlich möglichen Transportleistungen nachfragt und es zu einer Vollauslastung der erweiterten Kapazität führt.

(51) Die AK erhöht die Systemgeschwindigkeit der Güterbahn und die Umlaufgeschwindigkeit der Waggon

Es stellen sich hinsichtlich der Auswirkungen der Umstellung auf die AK folgende Fragen:

- In welchem Ausmaß erhöht sich durch die AK (nach Ablauf einer Übergangsfrist) die durchschnittliche Systemgeschwindigkeit der Transporte?
- In welcher Höhe wirkt sich die AK auf die Umlaufgeschwindigkeit und damit auf die verfügbare Kapazität des Waggonparks aus?

Wenn es durch die Automatisierung, insbesondere durch die Nutzung der automatischen Kupplungstechnik, gelingt, die Systemgeschwindigkeit im Einzelwagenverkehr um 50 % von 18 auf 27 km/h oder um 100 % auf 36 km/h und die Umlaufgeschwindigkeit (produktiver Einsatz der Waggon) ebenso zu erhöhen, würde die Transportleistungsfähigkeit des bestehenden Waggonparks parallel hierzu ansteigen.

(52) Höhere System- und Umlaufgeschwindigkeiten bewirken eine Steigerung der Transportleistungsfähigkeit der Bahn um mehr als 20 %

Geführte Gespräche mit Bahnexperten haben die hier gesetzten Annahmen über die Auswirkungen der AK auf die System- und Umlaufgeschwindigkeit bestätigt. Die Systemgeschwindigkeit der Transporte und die Umlaufgeschwindigkeit der Waggon (Zahl der Einsätze pro Jahr) würden in erster Linie im Einzelwagenverkehr, z. T. auch bei den Ganzzügen und im Kombinierten Verkehr ansteigen. Die Ergebnisse dieser Gespräche kann man wie folgt zusammenfassen:

Tab. 15: Zusammenfassung der Ergebnisse der Expertenbefragung über die Auswirkung der AK auf die Systemgeschwindigkeit der Transporte und die Umlaufgeschwindigkeit der Waggon

	Voraussichtlicher Anstieg der System- und Umlaufgeschwindigkeit in %					
	0 – 20	20 – 40	40 – 60	60 – 80	80 – 100	über 100
- Einzelwagen			40 % bis 100 %			
- Ganzzüge		20 %				
- Kombiniertes Verkehr	10 %					

Auf der Grundlage der Ergebnisse der Expertenbefragung ergibt sich aus der geschätzten Erhöhung der Systemgeschwindigkeit und Umlaufgeschwindigkeit der Waggon durch die AK folgender Anstieg der Transportleistungsfähigkeit der Güterbahn insgesamt:

Tab. 16: Erhöhung der System- und Umlaufgeschwindigkeit führt zu einer höheren Transportleistungsfähigkeit (tkm) der Güterbahn (2000)

Transportart	Anteil an der Bahnverkehrsleistung in % ¹⁾	Anteil an der Bahnverkehrsleistung in Mrd tkm	Voraussichtlicher Anstieg der System- und Umlaufgeschwindigkeit in %	Anstieg der Transportleistungsfähigkeit der Bahn auf Mrd t/km
(1) Einzelwagen	26,3 %	21,7	+ 40,0 %	30,4
(2) Ganzzüge	53,9 %	44,6	+ 20,0 %	53,5
(3) Kombiniertes Verkehr	19,8 %	16,4	+ 10,0 %	18,0
Insgesamt	100,0 %	82,7	+ 23,2 %	101,9 - 82,7 Diff. 19,2

Eine Erhöhung der Systemgeschwindigkeit im Einzelwagenverkehr um 40 %, bei den Ganzzügen um 20 % und beim Kombinierten Verkehr um 10 % dürfte einen Anstieg der von der Bahn erbringbaren Transportleistung von rund 23,2 % bewirken (Basis: Jahr 2000). Dies wäre bei gleichem Waggonbestand eine Mehrleistungskapazität der Bahn von ca. 19,2 Mrd tkm/Jahr.

(53) Die Kupplungs-, Entkupplungs- und Wartezeiten verkürzen sich erheblich

Ein anderer Ansatz der Quantifizierung führt zu fast gleichen Ergebnissen. Bei einem einfachen Transportvorgang fallen mindestens 14 Kupplungs- und Entkupplungsprozesse (ohne Leerfahrten) an (vgl. Kap. IV. 1). Nach den Berechnungen von Prof. Martin verringert sich der Zeitbedarf für den isoliert betrachteten Kupplungsvorgang (Abkupplung) bei Anwendung der AK gegenüber der manuellen Schraubkupplung um ca. 67 %. [42 – S. 5f]. Es verkürzen sich auch in erheblichem Maße die Rangier- und Wartezeiten in der vor- und nachgelagerten Transportkette. Insgesamt führt dies zu erheblichen Beschleunigungseffekten.

Prof. Martin ermittelt eine Gesamtzeiterparnis von 1,5 Mio Stunden/Jahr durch die Anwendung der AK und ermittelt in einer Modellrechnung eine Erhöhung der Eisenbahn-Güterverkehrsleistung (2003) um 23,9 %. [42 – S. 7] Dies entspricht einer potentiellen Steigerung der absoluten Transportleistungskapazität der Güterbahn bezogen auf das Jahr 2003 um 17,8 Mrd tkm/Jahr.²⁾ [42 – S. 7]

Fazit: Beide Quantifizierungsansätze kommen in etwa zu gleichen Ergebnissen: Mit der Einführung der AK wird durch den Beschleunigungseffekt die Transportleistungskapazität der Güterbahn voraussichtlich insgesamt um mehr als 20 % ansteigen.

1) Basis 2000, vgl. Kap. II

2) Etwa 3,5 % der jährlichen Binnenländischen Verkehrsleistung (tkm) insgesamt.

Verbunden ist dies mit einem Anstieg der Attraktivität (höhere Systemgeschwindigkeit) und der Kapitalrentabilität (höhere Umlaufgeschwindigkeit) der eingesetzten Bahn-Transportmittel.

Nach dem Vorsichtsprinzip wird für die weiteren Berechnungen (Nutzen-Kosten-Analyse) eine Erhöhung der Transportleistungsfähigkeit durch den Beschleunigungseffekt im Durchschnitt jährlich von 20 % angesetzt.

3.3.2 Erhöhung der Transportleistungsfähigkeit durch längere Züge

Der Entwurf des BMVBS „Masterplan Güterverkehr und Logistik“ vom März 2008 fordert unter dem Kapitel B2 verstärkte Investitionen in innovative und kapazitätssteigernde Technologien. Als erstes Themenfeld werden im Masterplan „längere Züge auf ausgewählten Strecken“ gefordert. [41 - S. 34] [40 - S. 29].

(54) Die AK ermöglicht eine Verdopplung der Zuglänge

Die Erhöhung der Transportleistungsfähigkeit durch den Einsatz „längerer Güterzüge“ mit höheren Zuggewichten sind durch die manuelle Schraubenkupplung jedoch enge Grenzen gesetzt.

- Die zulässige, übertragbare Zugkraft am Zughaken ist auf 500 kN (1.500 – 2.000 Bt Zuglast) – je nach Trassensteigung – begrenzt. ¹⁾ Dies wird bestimmt durch das dem Rangierer maximal zumutbare Gewicht des Zughakens und dessen Material (vgl. Kap. IV. 1.).
- Da die Schraubenkupplung keine Druckkräfte aufnimmt, sind Seitenpuffer erforderlich. Diese seitliche Druckkraftweiterleitung führt bei langen Zügen und bei Fahrten durch enge Bögen unter ungünstigen Umständen zur Entgleisung²⁾.

Tab 15. : Zug- und Druckkräfte bei der Schraubenkupplung und der AK (C-AKv)

	Übertragbare Zugkräfte	Druckkräfte	Entgleisungsgrenze nach UIC – zweiachsige Waggons	Bewertung
Schraubenkupplung mit Zughaken und Puffern	500 kN	2.000 kN	ca. 200 kN	Entgleisungs- und Zugtrennungsgefahr
C-AKv mit Seitenpuffer – Übergangsphase	1.000 kN	4.000 kN	ca. 440 kN	Verminderte Entgleisungsgefahr
C-AKv ohne Seitenpuffer	1.000 kN	2.000 kN	ca. 700 kN	Keine Längsdruckkraft, keine Entgleisungsgefahr, größere Zuglängen, höhere Fahrgeschwindigkeit, größere Zugmassen

Quelle: Ulrich Martin [42 - S. 4]

- 1) Inzwischen gibt es vereinzelt materialvergütete Schraubenkupplungen (Zughaken und Zugeinrichtungen) bis zu einer maximal tragbaren Zugkraft von 1.500 kN. Damit hat sich jedoch das Druckproblem der Puffer nicht gelöst, sondern verschärft. Die höhere Druckkraftübertragung über die Puffer führt zu einem relativ höheren Entgleisungsrisiko.
- 2) Bei langen Zügen steigt die Gefahr von hohen Längsdruckkräften beim Bremsen im Geschwindigkeitsbereich von 10 – 30 km/h.

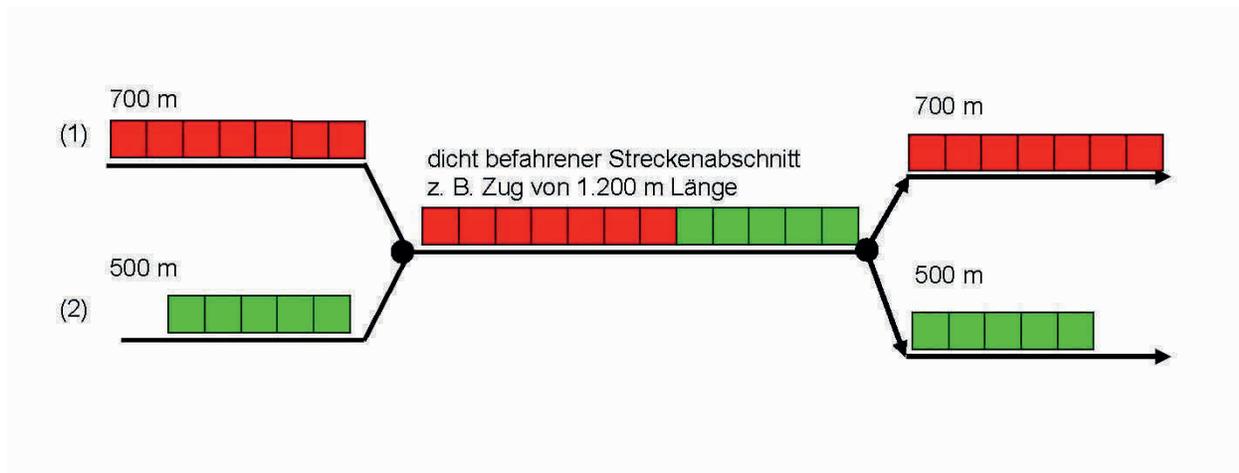
Mittelpuffer-Kupplungen ermöglichen längere Züge und bieten eine höhere Entgleisungssicherheit, sie besitzen Stabilisierungsgelenke und können wesentlich höhere Zugkräfte und Druckkräfte ohne Entgleisungsgefahr aushalten. Die russische SA-3 (SA-4) Kupplung ist für Zug- und Druckkräfte bis 2.500 kN ausgerichtet. Die von SAB-WABCO entwickelte C-AKv erlaubt Zugkräfte bis 1.000 kN und damit Zugmassen bis etwa 2.500 Bt.. [15 – S. 72 f]

Die TRANSPACT-Kupplung in UIC Ausführung liegt mit der Streckgrenzenzugkraft derzeit bei ca. 1.700 kN und ist in der Ausführung auf russische Breitspurbahnen auch auf 2.500 kN Streckgrenzenzuglast ausgelegt. Eine Verdopplung der Zuglänge ist mit der AK technisch machbar.

(55) Kapazitätserweiterung auf dicht befahrenen Magistralabschnitten

Die AK ermöglicht eine Ausweitung der Zug- und Druckdimension und damit eine Kapazitätserweiterung insbesondere auf dicht befahrenen Magistralen. Zusammen mit einer auf die Zuglänge verteilten Bremsansteuerung (abhängig von der Länge des Zuges) sind unter bestimmten Rahmenbedingungen (Anpassung der Leit- und Sicherungstechnik und Länge der Überholgleise) Züge mit über 1.000 m Länge (bei Schraubenkupplungen maximal 700 m) zu fahren oder mehrere Züge zu großen Verbänden auf den hoch belasteten Magistralen zu bündeln. [15 – S. 72 - 76] Dies kann zu erheblichen Kapazitätsausweitungseffekten führen.

Bild 25: Funktionsweise von Train-Coupling and -Sharing



Kapazitätsengpässe auf stark befahrenen Streckenabschnitten können durch vorherige Bildung von längeren Zügen (Train-Coupling and -Sharing (TCS)) beseitigt bzw. abgemildert werden.

(56) Längere Züge führen zu einer Steigerung der Transportleistungsfähigkeit der Güterbahn von mindestens 10%

Die längeren Züge werden nach der Passage der Engpassstrecke wieder aufgelöst. Dies führt zu einer effektiveren Ausnutzung der verfügbaren Streckenkapazitäten.

Durch eine Verdopplung der Zuglänge von 700 m auf 1.400 m oder durch Kopplung zweier Güterzüge, kann die Durchsatzfähigkeit eines dicht befahrenen Streckenabschnittes um ca. 60 % bis 80 % beträchtlich ansteigen. [15 – S. 87, 129] Daneben entstehen Kosteneinsparungen aus geringerem Infrastrukturaufwand. [11 – S. 5] Insgesamt ermöglicht die AK, schwerere und längere Güterzüge zu fahren. In wieweit sich dadurch die Transportleistungsfähigkeit der Güterbahn erhöht, hängt in hohem Maße auch von anderen Faktoren (Leit- und Sicherungstechnik, Länge der Überholgleise etc.) ab. Kapazitätserweiterungseffekte von insgesamt 10 % – je nach betrieblicher Umsetzung bis zu 20 % p. a. – gelten unter Fachleuten als Mindestwert. [68] Vor allem dürfte der Ganzzugverkehr auf wichtigen Transversalen profitieren. Den weiteren Berechnungen wird für das Gesamtnetz ein Mindestwert von 10 % zugrunde gelegt.

Die Grenzkosten des Anhängers eines zusätzlichen Waggons an einen Zug verlaufen degressiv. Dadurch werden bei längeren Zügen auch die Gesamttransportkosten je Ladungseinheit und Entfernung gesenkt.

Fazit: Ein doppelt so langer Zug erhöht die Systemkapazität (Transportleistungsfähigkeit) und senkt die Produktionskosten je Ladungseinheit gegenüber dem Einsatz von zwei Zügen.

3.3.3 Die ökonomischen Auswirkungen des Anstiegs der Transportleistungsfähigkeit der Güterbahn durch höhere System-/ Umlaufgeschwindigkeit und längere und schwerere Züge

3.3.3.1 Die Minimalvariante der Erhöhung der Transportleistungsfähigkeit durch die Beschleunigung der Transportprozesse und durch längere Züge

(57) Die Leistungsfähigkeit der Güterbahn kann insgesamt um mehr als 30 % steigen (Minimalvariante)

Wie vorher dargelegt, führt die Anwendung der AK zu einer erheblichen Erhöhung der Leistungsfähigkeit / Kapazität der Güterbahn:

- durch die Beschleunigung der Transportprozesse aufgrund höherer System- und Umlaufgeschwindigkeit (+ 20 % und mehr) und
- durch die technische Möglichkeit, längere und schwerere Züge zu fahren (+ 10 % und mehr).

Beide Effekte zusammen führen zu einer erheblichen Ausweitung der potentiellen Kapazität und Leistungsfähigkeit des Systems: + 30 % und mehr. Dieser Wert stellt die Minimalvariante dar; er wird den folgenden Berechnungen der Nutzenwerte zu Grunde gelegt. Durch die Ausweitung der Leistungsfähigkeit/Kapazität können – ohne Ausweitung des Trassennetzes – Güterströme, die sonst über die

Straße abgewickelt wurden, dem bestehenden Bahnsystem auf den bestehenden Trassen zugeführt werden.

3.3.3.2 Die betriebswirtschaftlichen Nutzen bei den Bahnakteuren

(58) Die Erhöhung der Transportleistungsfähigkeit/Kapazität der Güterbahn führt zu beachtlichen betriebswirtschaftlichen Nutzen (Erträgen)

Die betriebswirtschaftlichen Nutzen (Erträge) aus der Einführung und Anwendung der AK und der dadurch höheren potentiellen Leistungsfähigkeit (Kapazität) fallen an bei:

- (1) der verladenden Wirtschaft durch den Zeitgewinn aus der Transportbeschleunigung (höhere Systemgeschwindigkeit)
- (2) den Bahnunternehmen (z. B. Railion AG) durch Erhöhung der Transportleistungsfähigkeit und dadurch sinkende Fixkostenanteile an den Stückkosten sowie
- (3) den die Trassen vorhaltenden Unternehmen (z. B. DB-Netz AG) durch sinkende Fixkosten-Zurechnungen pro Waggonlauf bei konstanten Trassenpreisen.

(59) Die Verkürzung der Transportzeit reduziert die Kapitalbindungskosten der Transportgüter

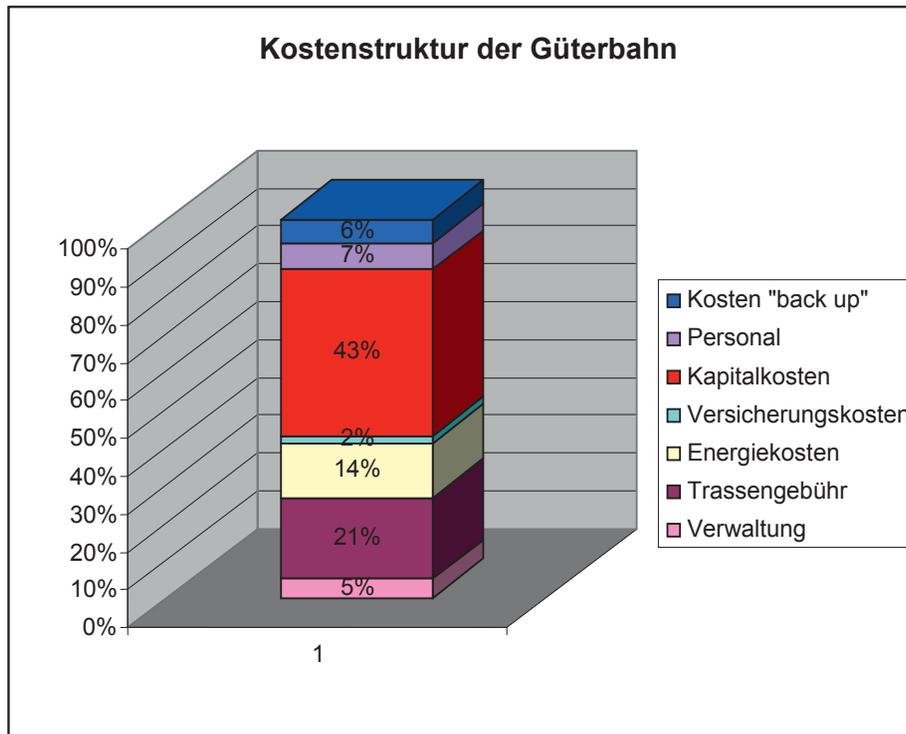
Im Einzelnen ergeben sich folgende betriebswirtschaftliche Nutzen:

- (1) Bei der verladenden Wirtschaft ist der Faktor Zeit durch die Beschleunigungseffekte der AK von wesentlicher Bedeutung. Einmal, um durch mehr Pünktlichkeit Just-in-time-Transporte zu garantieren, zum anderen durch die höhere Systemgeschwindigkeit eine Reduzierung der Kapitalbindung der zu transportierenden Güter zu bewirken. Der Wert der Transportzeit (Kapitalbindungskosten) ist eine wichtige Inputgröße für die Bewertung der gesamten Gütertransportkosten. Die Zeit, die für einen Transportvorgang anfällt, ergibt sich aus den einzelnen Zeitabschnitten für den physischen Transport, den Rangier- und Wartezeiten, den Be- und Entladezeiten, den Verspätungszeiten etc. Je höher der Wert der zu transportierenden Güter ist, umso höher sind die Kosten der Kapitalbindung durch die benötigte Zeit des Transportvorgangs. [58 – S. 77] Bei Erhöhung der Systemgeschwindigkeit reduzieren sich die Kapitalbindungskosten. Auf die betriebswirtschaftliche Bewertung dieser Effekte kann hier nicht näher eingegangen werden.

(60) Der Bahnbetrieb ist sehr kapitalintensiv: hoher Anteil der Fixkosten an den Gesamtkosten

- (2) Durch die höhere Transportleistungsfähigkeit/Kapazitätsauslastung ändert sich auch die Kostenstruktur. Auf schriftliche Anfrage lehnt es die DB (Railion AG) ab, Daten über die Kosten und Kostenstruktur des Güterverkehrs zur Verfügung zu stellen. Sie verweist auf den angestrebten Börsengang. So verbleiben nur grobe Hilfskonstruktionen, um die Auswirkungen der Kapazitätserhöhung durch die AK auf Erträge und Kosten der Bahnunternehmen abzuschätzen.

Bild 25: Kostenstruktur der Güterbahn



Quelle: Sauter-Servaes, T., Kostenstruktur im Schienengüterverkehr [57]

Es soll gezeigt werden, in welcher Größenordnung dadurch betriebswirtschaftliche Erträge entstehen. Aus der Literatur lassen sich Hinweise auf die Kostenstruktur der Güterbahn entnehmen. So bilden die Kapitalkosten mit 43 % an den Gesamtkosten den höchsten Kostenblock der Bahngesellschaften, gefolgt von den Trassengebühren (21 %) und den Energiekosten (14 %). Dies sind jedoch nur Durchschnittswerte. Sie variieren im Einzelnen nach Nutzungs- und Einsatzgebiet, Entfernung und Güterart.

Von allen Kostenarten sind – längerfristig betrachtet – diejenigen Kosten Fixkosten, die produktionsunabhängig sind. Dies sind vor allem die Kapitalkosten für Güterwaggons und Lokomotiven, Gebäude und Anlagen etc.. Als Folge der Einführung der AK und des Anstiegs der Transportleistungsfähigkeit des Bahnsystems reduzieren sich bei konstantem Kapitalstock die zurechenbaren Fixkosten als Teil der Gesamtkosten pro Leistungseinheit. Der auf die Ausbringungsmenge verteilte Fixkostenanteil fällt entsprechend kleiner aus. [8 – S. 67 ff] Die Prämisse ist, dass die angebotene zusätzliche Transportleistung auch von der verladenden Wirtschaft voll nachgefragt wird.

(61) Die Erhöhung der Transportleistungsfähigkeit um 30 % steigert die Umsatzerlöse der Bahnunternehmen bei gleichzeitiger Verringerung der Fixkostenanteile pro Leistungseinheit

Im Jahr 2007 hat die DB (Railion AG) aus dem konventionellen Ladungsverkehr Umsatzerlöse in Höhe von 3,484 Mrd EUR erwirtschaftet.¹⁾ Wenn es der Bahn gelingt, durch längere Züge und Beschleunigung die Kapazität der bestehenden Bahninfrastruktur sowie des Waggonparks durch die AK um 30 % zu erhöhen und auszulasten, dann steigen auch die Umsätze (bei konstanten Preisen) entsprechend. So ergibt sich auf der Erlös- und Kostenseite folgendes kalkulatorisches Konstrukt:

1) Konzernbilanz DB AG 2007.

Durch den Anstieg der Transportleistungsfähigkeit der Güterbahn (+ 30 %) erhöhen sich parallel dazu – an Hand der Zahlen für das Jahr 2007 – die Umsatzerlöse um + 1.045 Mrd EUR, von 3,484 Mrd EUR auf 4.529 Mrd EUR.

Geht man davon aus, dass bei höheren Umsätzen auch zusätzliche variable Kosten anfallen (ca. 57 % = 0,596 Mrd EUR), so verbleiben für die Deckung der Fixkosten zusätzliche Beträge in Höhe von + 0,449 Mrd EUR.

Dieser zusätzliche kalkulatorische Beitrag zur Fixkostendeckung von 0,449 Mrd EUR wird gemindert durch die Kosten der gestiegenen Intensität des Leistungsprozesses und kürzere Abschreibungszeiträume. So sind, grob geschätzt, von den kalkulatorischen Fixkosten (Deckungsbeiträgen) sicherungsweise – vor allem durch höhere, intensitätsbedingte Abschreibungen – ca. 50 % wieder abzuziehen. Insgesamt ergeben sich bei der Railion AG dann noch zusätzliche betriebswirtschaftliche Erträge aus der gestiegenen Kapitalproduktivität (ceteris paribus) von mindestens jährlich **225 Mio EUR**, in 22,5 Jahren¹⁾ (nicht abgezinst) **5,055 Mrd EUR**.

Die gleichen Überlegungen gelten auch für Privatwaggonhalter/-vermieter (Kesselwaggons, Großraumwaggons, Fährschiffwaggons und Spezialwaggons etc.), soweit diese Unternehmen ihre Waggons selbst disponieren, und für andere öffentliche Bahnen. Bei Vermietungen verbleibt der entstehende Vorteil direkt beim Mieter, indirekt beim Vermieter.

Ca. 46 % aller in Deutschland z. Z. verkehrenden Güterwaggons (ca. 83.000 Waggons) sind als Privatwaggons bei der DB oder bei anderen Bahnen registriert oder im Eigentum anderer öffentlicher oder privater Eisenbahnunternehmen. Unterstellt man ähnliche Kostenstrukturen wie bei der Railion AG²⁾, so errechnen sich – auf der Basis von 2007 – für diese Gruppe von Waggoneigentümern weitere Nutzenwerte von jährlich rund **192 Mio EUR**, in 22,5 Jahren mehr als **4,312 Mrd EUR**.

Insgesamt ergeben sich aus der Erhöhung der Transportleistungsfähigkeit (+ 30 %) durch höhere Systemgeschwindigkeit und längere Züge für die Güterbahnen in Deutschland jährliche Nutzenwerte von **417 Mio EUR**.

Bei dieser Berechnung wurde von einer Erhöhung der Systemgeschwindigkeit durch die AK um 20% von 18 auf 21,6 km/h ausgegangen. Gelingt es, die Systemgeschwindigkeit um 100% von 18 auf 36 km/h zu verdoppeln – ein durchaus realistischer Wert – würden sich die betriebswirtschaftlichen Erträge aus der gestiegenen Transportleistungsfähigkeit pro Jahr von 417 Mio EUR auf 1.529 Mio EUR ausweiten.

1) Der kalkulatorische Zeitraum von 22,5 Jahren wurde im Folgenden gewählt, weil dieser der maximalen Grundmietzeit einer Leasingfinanzierung entspricht.

2) Die Railion AG verfügte 2007 über insgesamt ca. 97.000 Güterwaggons (DB Konzernbericht 2007).

(62) Weitere betriebswirtschaftliche Nutzen (Erträge) entstehen bei den die Trassen vorhaltenden Unternehmen, jedoch sind auch Umrüstungsinvestitionen erforderlich

(3) Die fixen Trassenkosten eines Bahnnetzes werden durch die Preise der Trassenvorhalter (z. B. DB-Netz AG) für die waggoneinsetzenden Güterbahngesellschaften zu variablen, produktionsabhängigen Trassengebühren umgewandelt. Hier gilt der o. a. Zusammenhang. So fallen die betriebswirtschaftlichen Erträge aus einer höheren Kapazitätsauslastung der Trasse – bei konstanten Preisen – nicht den Bahngesellschaften, sondern direkt den Trassen vorhaltenden Unternehmen zu. Diesen zusätzlichen Erträgen stehen zusätzliche Aufwendungen für umfangreiche Umbau- und Ausbaumaßnahmen an den bestehenden Trassen im Güterbahnnetz gegenüber. Insbesondere sind durch längere Güterzüge u. a. die Signalabstände zu verlängern, die Ausweichstrecken und die Weichenführung sowie die Leit- und Sicherheitssysteme um- und auszubauen. Auf die Bewertung dieser Erträge und Aufwendungen kann hier nicht weiter eingegangen werden, sie bedarf einer besonderen Untersuchung.

3.4 Die volkswirtschaftlichen Nutzen aus der Transportverlagerung von der Straße auf die Schiene

3.4.1 Die Reduzierung des Energieverbrauchs und der CO₂-Emission

(63) Die volkswirtschaftlichen Nutzen aus der Verlagerung von der Straße auf die Schiene sind nicht nur ökologischer Natur

Volkswirtschaftlich betrachtet bringt die Verlagerung von der Straße auf die Schiene auf Grund der höheren Leistungsfähigkeit des Bahnsystems wirtschaftliche und ökologische Nutzen durch:

- geringeren Energieverbrauch
- geringere Klimagasemission (CO₂)
- geringere Schadstoffemission
- kleineren Flächenverbrauch
- bessere Stadtverträglichkeit
- geringere Boden- und Gewässerbelastung und
- weniger Zerschneidung von Naturräumen.

Die systembedingten wirtschaftlichen und umweltrelevanten Vorteile der Bahn basieren vor allem auf der energie- und schadstoffärmeren Durchführung der Transportleistung, die sich vor allem aus ihrer Spurführung, dem geringeren Rollwiderstand des aus Stahl gefertigten Rad/Schiene-Systems und dem kleineren Luftwiderstand durch Zugbildung herleitet. [53 – S. 4] [65 – S. 5]

Der Energieverbrauch pro t/km ist beim LKW Verkehr 4,6-mal höher als beim Eisenbahn-Güterverkehr. Die Auswirkungen einer Verlagerung auf die Schiene (durch Leistungserhöhung der Güterbahn um + 30 %) auf den Energieverbrauch (Input), auf die CO₂-Emission (Output) und auf die sonstigen externen Kosten sind erheblich.

Sie werden im Folgenden modellmäßig – nur grob bzw. der Größenordnung nach – ermittelt. Als Referenzdaten und -zeitraum werden die Funktionen von 2004 zwischen Verkehrsleistung, Energieverbrauch und CO₂-Emission den Berechnungen für 2007 zugrunde gelegt. [2 – S. 213, 272 ff] Bei der Ermittlung der Verlagerungseffekte für 2007 wird unterstellt, dass die 2007 gegenüber der 2004 gestiegenen Transportleistungen der Güterbahn durch eine quantitativ ansteigende Waggonanzahl erbracht wird. Die Verlagerungseffekte, in absoluten Größen gemessen, werden durch die zukünftig weiter steigenden Güterverkehrsleistungen über den für 2007 ermittelten Wert hinausgehen. Insofern sind die Ergebnisse die Untergrenze des in Zukunft zu erwartenden volkswirtschaftlichen Nutzens.

(64) Beachtliche Einsparungen beim Energieverbrauch durch Verlagerung auf die Schiene

Durch eine Erhöhung der Transportleistungsfähigkeit der Schiene um 30 % und entsprechender Verlagerung von Teilen des Straßenverkehrs auf die Schiene – 2004: 27,5 Mrd tkm, 2007 34,4 Mrd tkm –, verringert sich im Modell beim Straßenverkehr der Energieinput 2004 um – 1,07 Mio t, 2007 um – 1,34 Mio t Dieselkraftstoff. Zugleich erhöht sich im weitaus geringeren Maße der Energieverbrauch der Güterbahn – auf der Basis von Dieselkraftstoffverbrauch – nur um + 0,23 Mio t (2004) und + 0,29 Mio t (2007).

Tab. 17: Energieinput-Reduzierung durch Verlagerungseffekte des Güterverkehrs von Straße auf Schiene – Modellrechnung –

	Verkehrsleistung – Mrd tkm –		Verlagerungseffekt – Mrd tkm –		Energieverbrauch - Mio t Diesel -	
	2004	2007	2004	2007	2004	2007
Straße	392,6	466,5	- 27,5 = 365,1	- 34,4 = 432,1	15,29 – 1,07 = 14,22	18,17 – 1,34 = 16,83
Schiene	91,9	114,6	+ 27,5 = 119,1	+ 34,4 = 149,0	0,78 + 0,23 = 1,01	0,97 + 0,29 = 1,26
Insgesamt	484,5	581,1	± 0,0 = 484,5	± 0,0 = 581,1	16,07 – 0,84 = 15,23	19,14 – 1,05 = 18,09

Vgl. Kap. II. Quelle: [2 – S. 213, 272] Differenzen durch Runden der Zahlen. 2007 berechnet auf der Basis des Energieverbrauchs pro tkm 2004.

In der Gesamtbilanz reduziert sich bei dieser Umschichtung der Energieverbrauch als Differenz um - 0,84 Mio t (2004) bzw. - 1,05 Mio t (2007) Dieselkraftstoff. Dies entspricht volkswirtschaftlich gesehen einem Geldwert für das Jahr 2004 von ca. 840 Mio EUR bzw. 2007 von ca. 1.050 Mio EUR.

0,84 Mio t Dieselkraftstoff x 1.000 EUR/t = **840 Mio EUR** pro Jahr (2004)

1,05 Mio t Dieselkraftstoff x 1.000 EUR/t = **1.050 Mio EUR** pro Jahr (2007)

Für den Kalkulationszeitraum von 22,5 Jahren errechnet sich auf der Basis von 2007 eine volkswirtschaftliche Energieersparnis von insgesamt **23,6 Mrd EUR**.

Der Berechnung ist ein kalkulatorischer Preis von 1.000 EUR/t = 1 EUR/kg Dieselkraftstoff zugrunde gelegt worden.

Die Umrechnung von CO₂ (t) in Dieselkraftstoff (t) und umgekehrt erfolgt mit dem Faktor 3,179 : 1. Die Verwendung von Biokraftstoffen ist bei dieser Modellrechnung außer acht gelassen worden.

(65) Erhebliche Reduzierung der CO₂-Emission durch Verlagerung auf die Schiene

Gemäß der folgenden Modellrechnung, die auf der Energieinputberechnung aufbaut, würde durch Verlagerung auf die Schiene die CO₂-Emission der Straße 2004 um - 3,40 Mio t bzw. 2007 um - 4,26 Mio t abnehmen, die des Schienenverkehrs um + 0,74 Mio t bzw. 2007 um + 0,93 Mio t zunehmen. Die gesamte CO₂-Emission (Straße und Schiene zusammen) würde als Differenz um rund - 2,66 Mio t (2004) und - 3,33 Mio t (2007) absinken.

Tab. 18: CO₂-Emissionsreduzierung durch Verlagerungseffekte des Güterverkehrs von Straße auf Schiene (2004, 2007)

	Verkehrsleistung – Mrd tkm –		Verlagerungseffekt – Mrd tkm –		CO ₂ -Emission – Mio t –	
	2004	2007	2004	2007	2004	2007
Straße	392,6	466,5	- 27,5 = 365,1	- 34,4 = 432,1	48,6 – 3,40 = 45,20	57,75 – 4,26 = 53,49
Schiene	91,6	114,6	+ 27,5 = 119,1	+ 34,4 = 149,0	2,48 + 0,74 = 3,22	3,10 + 0,93 = 4,03
Insgesamt	484,5	581,1	± 0,0 = 484,5	± 0,0 = 581,1	51,08 – 2,66 = 48,42	60,85 – 3,33 = 57,52

Vgl. Kap. II. Quelle: [2 – S. 213, 272] 2007 berechnet auf der Basis des CO₂-Emission pro tkm von 2004.

Welchen Wert in Geldeinheiten messen wir diesen Emissionsreduzierungen bei?

Die jährliche Reduzierung der CO₂-Emission - 2,66 Mio t (2004) bzw. - 3,33 Mio t (2007) entspricht in etwa dem Wegfall externer Kosten aus der CO₂-Emission eines mittleren Kohlekraftwerks (z.B. Bexbach mit 2,9 Mio t CO₂-Ausstoß).

Ein anderer Bewertungsansatz ist der Preis von CO₂-Emissionsrechten. Das Emissionshandelssystem der EU geht für das Jahr 2030 von einem Zertifikatspreis für CO₂-Emissionen von etwa 20 - 100 EUR/ t und Jahr aus. [52 – S. 32] Die EU-Richtlinie sieht eine Pönale von 100 EUR/ t CO₂ vor, wenn in der Umsetzungsphase Emissionsminderungsvorgaben nicht eingehalten oder durch Zertifikatszukäufe nicht ausgeglichen werden.

Im Zertifikatshandelszeitraum von 2030 kann man demnach für Zertifikatspreise einen Durchschnittswert von 100 EUR/ t CO₂ p. a. ansetzen. Das Fraunhofer Institut für System- und Innovationsforschung verwendet für die Bewertung von Klimaschutzprogrammen ebenfalls einen Geldwert von 100 EUR je t CO₂. [55 – S. 30].

Legt man diesen CO₂-Preis auf der Grundlage moderater Klimaschutzpolitik der Bewertung zugrunde, so errechnen sich für Deutschland folgende volkswirtschaftliche Einsparungen – Vermeidung emissionsbedingter externer Kosten der Produktion – aus der Verlagerung von der Straße auf die Schiene:

2,66 Mio t CO₂ x 100 EUR/t = **266,0 Mio EUR** pro Jahr (2004)

3,33 Mio t CO₂ x 100 EUR/t = **333,0 Mio EUR** pro Jahr (2007)

Dies ergibt für den Kalkulationszeitraum von 22,5 Jahren (nicht abgezinst) volkswirtschaftliche Nutzen (Vermeidung externer CO₂-Effekte) auf der Basis von 2004 insgesamt **5,955 Mrd EUR** und für 2007 insgesamt **7,493 Mrd EUR**. Die Berechnungsansätze basieren auf den jeweils niedrigsten Inputdaten; die Ergebnisse könnten demnach noch größer ausfallen.

3.4.2 Die volkswirtschaftlichen Nutzen durch die Reduzierung sonstiger externer Kosten als Folge der Transportverlagerung auf die Schiene

(66) Extrem hohe Einsparungen bei den sonstigen externen Kosten

Zusätzlich zu den Klimakosten (CO₂) des Güterverkehrs entstehen weitere externe Kosten durch Unfälle, Lärm, Luftverschmutzung, Natur- und Landschaftszerschneidung, vor- und nachgelagerte Prozesse und Zusatzkosten in städtischen Räumen.

INFRAS hat für das Jahr 2005 hierfür folgende externe Durchschnittskosten (€ / 1.000 tkm) ermittelt:

Tab. 19: Sonstige externe Kosten (Durchschnittskosten) des Güterverkehrs nach Kostenarten für Straße und Schiene (2005)

	Straßengüterverkehr - € / 1.000 tkm -	Schienengüterverkehr - € / 1.000 tkm -	Kostenverhältnis Straße : Schiene
- Lärm	9,9	3,3	3,0 : 1
- Luftverschmutzung	8,2	1,9	4,3 : 1
- Unfälle	7,2	1,1	72,0 : 1
- vor- und nachgelagerte Prozesse	3,3	3,0	1,1 : 1
- Natur- und Landschaft	2,1	0,1	21,0 : 1
- Zusatzkosten in städtischen Räumen	0,6	0,7	0,9 : 1
Insgesamt	31,4	9,1	3,4 : 1

Quelle: [54 – S. 19]

Nimmt man die in dieser Studie angesetzten geringfügig höheren aber umstrittenen Zusatzkosten der Bahn für städtische Räume aus dem Vergleich heraus, sind die sonstigen externen Kosten beim Straßen-Güterverkehr durchschnittlich rund 3,7 mal höher als beim Schienenverkehr¹⁾.

Der Verlagerungseffekt des Güterverkehrs von der Straße auf die Schiene würde – auf der Basis der Kostendaten und –struktur von 2005 ohne Klimakosten (CO₂) – folgende Vermeidungseffekte von weiteren externen Kosten entstehen lassen:

Tab. 20: Sonstige externe Kosten des Güterverkehrs (Durchschnittskosten)
- Verlagerungseffekt und Vermeidung externer Kosten -

	Verkehrsleistung – Mrd tkm –		Verlagerungseffekt – Mrd tkm –		ext. Kosten € / 1.000 tkm	Veränderung externer Kosten Mrd €	
	2004	2007	2004	2007		2004	2007
Straße	392,6	466,5	- 27,5 = 365,1	- 34,4 = 432,1	31,4	- 0,864	- 1,080
Schiene	91,9	114,6	+ 27,5 = 119,1	+ 34,4 = 149,0	9,1	+0,205	+ 0,313
Insgesamt	484,5	581,1	± 0,0 = 484,5	± 0,0 = 581,1		- 0,614	- 0,767

Basisdaten: Tab: 12 und Tab: 13. Quelle: [54 – S. 7, 19].

Die Differenzbeträge von **- 0,614 Mrd EUR** (2004) bzw. **- 0,767 Mrd EUR** (2007) sind die jährlichen Nutzengrößen als Vermeidung externer Kosten (ohne Klimakosten (CO₂)), die ein Verlagerungseffekt von der Straße auf die Schiene durch die Erhöhung der Leistungsfähigkeit der Bahn um 30 % bewirken würde.

1) Die Lärmbelastung durch Güterzüge soll für die Anwohner durch das neu entwickelte LEILA-Drehgestell wesentlich herabgesenkt werden können.

Für den Zeitraum von 22,5 Jahren ergäbe dies auf der Basis der Preise von 2005 Einsparungen von rund + 13,82 Mrd EUR (2004) bzw. + 17,26 Mrd EUR (2007), unglaublich hohe Beträge.

3.5 Die AK ist die Innovationsbasis für weitere Nutzenketten

Die AK ist die Innovationsbasis für eine Reihe von weiteren Nutzenketten: „Innovations must support multiple benefits“. Insofern ist die AK eine Schlüsseltechnologie, ein technologischer Quantensprung mit vielfachem Nutzen. [60 – S. 16] Auf der „Technologie-Roadmap 2015 +“ für den Schienen-Güterverkehr steht – aus der Sicht der Nutzer – neben der AK die Telematik an vorderster Stelle der Dringlichkeit. [23 – S. 39 ff] [71 – S. 24 ff]

(67) Elektrokupplung und Datenbus schaffen die Voraussetzung für die Telematik

Die AK garantiert mit der automatischen Elektrokupplung und dem durchgehenden Elektrokabel

- die dauerhafte Stromversorgung der Waggons durch die Antriebsmaschine (einschließlich der Wiederaufladung von Akkumulatoren) und
- einen Informationsfluss (Datenbus) zwischen Waggons, Zugführung und externen Stellen (z.B. Leitstellen der Bahn und andere Akteure).

Das Konzept des weitgehend „autarken und intelligenten Güterwaggons“ basiert auf einer dauerhaften Energieversorgung über die Elektrokupplung zur Antriebsmaschine, unterstützt durch Nachladung von Akkumulatoren für den Fall der Energiezufuhrunterbrechung (z. B. Abstellen der Waggons). Dadurch kann auf der Grundlage des durchgehenden Elektrokabels und des Datenbusses die Telematik eine Reihe von eigenständigen Funktionen übernehmen:

- 1. Funktionsbereich: Ist-Zeit-Informationen über den Standort der Waggons
- 2. Funktionsbereich: Technische Zustandsüberwachung von Waggons
- 3. Funktionsbereich: Überwachung des Ladegutes.

(68) 1. Funktionsbereich: Ist-Zeit-Informationen über den Standort der Waggons durch GPS

Mit Hilfe von GPS und der Datenübermittlung per Funk direkt oder über die Lok an eine Leitzentrale werden kontinuierlich Standortdaten der Waggons an die Bahnakteure weitergeleitet.

Dies gewährleistet

- die Bestimmung der Waggonposition im Raum – im innerdeutschen und europäischen Bahnnetz –,

- die Steuerung von Just-in-time-Transporten durch Sendungsverfolgungssysteme (Trecking and Trading)¹⁾ und
- eine effizientere Disposition der Waggons. [60 – S. 11 f]

Daraus resultieren erhebliche wirtschaftliche Vorteile. Für die verladende Wirtschaft ist es von größter Bedeutung, möglichst kontinuierliche und präzise Informationen über den zeitlichen und räumlichen Ablauf der Transportvorgänge zu erhalten.

Eine Positionserfassung und -meldung entlang des Transportweges findet heute im Prinzip nicht statt; hingegen ist dies im LKW-Verkehr bestehender Standard.

Empfänger und Versender können auf zeitliche Verzögerungen nicht reagieren. Der genaue Ankunftszeitpunkt der Sendung ist nicht bekannt. Eine optimale Entladungsorganisation lässt sich nicht termingerecht bereitstellen. Dies führt zu ineffizienten Transportstrukturen. [63 – S. 40 f] Besonders problematisch ist die mangelhafte Sendungsverfolgung bei grenzüberschreitenden Verkehren. [16 – S. 29]

Auch ist das Informationsbedürfnis beim Kombinierten Verkehr dann von besonderer Bedeutung, wenn eine große Anzahl von Akteuren und Schnittstellen in die Transportkette einbezogen werden. [16 –S. 28]

Allein durch die mit der Telematik verbesserte Verknüpfung zwischen Straßen- und Schienengüterverkehr wird von der Prognos AG in einem Szenario eine Erhöhung der Verkehrsleistung der Bahn von 2000 bis 2010 von bis zu 18 % prognostiziert. [73 – S. 114]

(69) 2. Funktionsbereich: Technische Zustandsüberwachung von Waggons (Diagnostik)

Der über die Elektroleitung geführte Informationskanal (Datenbus) zwischen Waggons und Lok ermöglicht der Zugführung, Informationen über den Zustand von einzelnen Güterwagen und des gesamten Güterzuges zu erhalten (Diagnostik). Diagnostische Informationen werden benötigt in den Bereichen: Fahrdynamik und Fahrsicherheit des Zuges sowie Bremstechnik und Bremskontrolle.

(1) Fahrdynamik und Fahrsicherheit

Am Waggon eingebaute Sensoren liefern über die Datenleitung zwischen Waggon und Zugführung Diagnosewerte für

- die Laufwerküberwachung (z. B. Radlager, Flachstellen, Bremsbeläge)
- die vorbeugende Erkennung von Federbrüchen und Entgleisungsgefahren
- die Beachtung besonderer Anforderungen bei Spezialwaggons (z. B. Kesselwaggons, Kühlwaggons etc.)

1) „Trecking and Tracing“ bezeichnet die Verfolgung von Waggonladungen in der Transportkette mit Hilfe der Informations- und Kommunikationstechnologie.

- die Kontrolle des Zugendes - Zugschlussüberwachung (ZVS) – etc. sowie
- Wartungsinformationen.

Die Zugführung verfügt somit über eigenständige Eingriffsmöglichkeiten. Auf der Grundlage der übermittelten Diagnosedaten kann bei Abweichungen die Zugführung kurzfristig manuell oder automatisch über die Datenleitung der AK reagieren.

(2) Bremstechnik und Bremskontrolle

Je länger und schwerer die Güterzüge werden, umso wichtiger ist die Steuerung und die diagnostische Überwachung der Bremssysteme:

- elektropneumatische Bremse betätigen
- automatische Bremssteuerung ein- und ausschalten
- elektronische Bremssteuerung überwachen
- automatische Bremsprüfung veranlassen (auch über Handy im Rangierbahnhof).

(70) 3. Funktionsbereich: Überwachung des Ladegutes

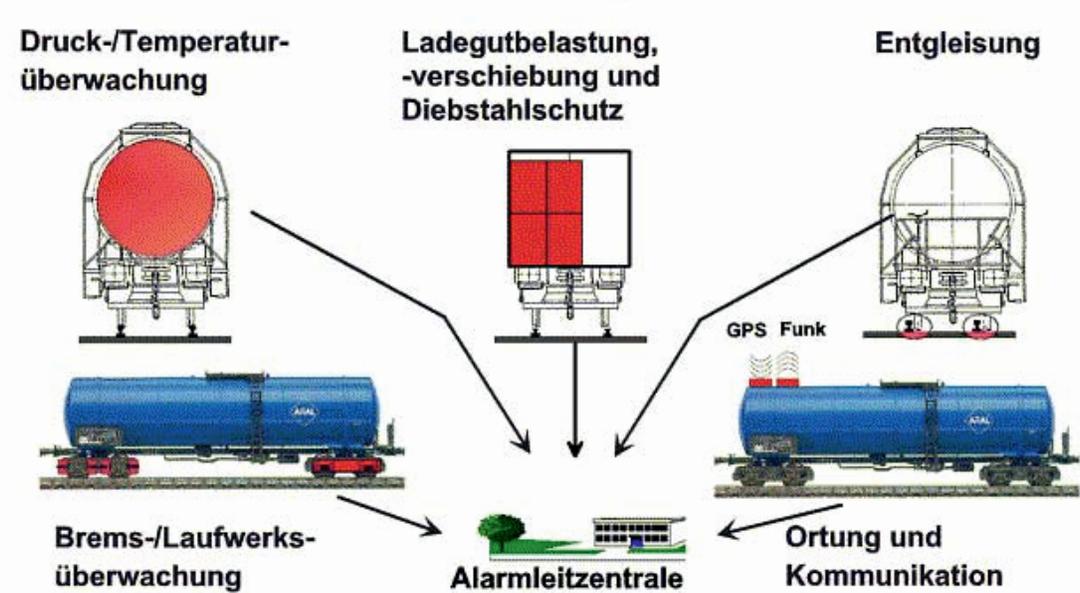
Weitere Daten können unter dem Aspekt der Transportsicherheit für die Ladung an die Bahnakteure übermittelt werden. Die Waggonaufbauten und die Ladungen lassen sich mit speziellen Sensoren ausstatten, die im Stillstand und während der Fahrt Daten von folgenden Vorgängen über eine Leitzentrale liefern:

- Druck- und Temperaturänderungen bei gasförmiger und flüssiger Ladung,
- Füllhöhe, Längsstoß, Gewichtsverlust,
- Ladegutverschiebungen, Diebstahlschutz,
- Sicherung und Überwachung sonstiger gefährlicher Ladungen (z. B. radioaktives Material) [69 – S. 57]

Der nahezu „autarke Waggon“ liefert seine Informationen unmittelbar an die Zugführung und von dort an eine Informationszentrale (Leitzentrale der Bahn). Positions- und Fehlermeldungen gelangen in Echtzeit zu den beteiligten Bahnakteuren, die anhand von vorgegebenen Freiheitsgraden in den Transportvorgang eingreifen können.

Bild 26: Zustandsüberwachung der Waggons durch Sensoren

Zustandsüberwachung Ladung und Fahrzeug



Quelle: Rieckenberg, Th., TU Berlin [61 – S. 2]

(71) Die Telematik bringt insgesamt hohe Nutzenwerte für die Güterbahn

Im Einzelnen ergäben sich aus der Anwendung aller Funktionsbereiche der Telematik eine Reihe von Nutzenkomponenten für die Bahnakteure:

- Ortungs- und Dispositionsinformationen (GPS–Telematik) erlauben eine effektivere Auslastung des Waggonsparks und erweitern die Transportleistungsfähigkeit des Güterbahnsystems insgesamt. Sie ist die Voraussetzung für den Einsatz der Bahn in einem logistisch just-in-time orientierten Gütermarkt.
- Die elektronische Bremssteuerung löst das Problem der zeitverzögerten Abbremsung längerer Züge. Durch die automatische Bremsprüfung entfällt die aufwendige und zeitraubende manuelle Überprüfung. Die Prüfzeiten verkürzen sich von Stunden auf Minuten.
- Gefahrenprävention und Gefahrenbeherrschung werden durch die Real-time-Informationsgewinne z. T. automatisiert und wesentlich verbessert. (Störfälle vorbeifahrender Güterzüge werden heute nur durch ein menschliches Überwachungssystem außenstehender Mitarbeiter wie z. B. Lokführer, Fahrdienstleiter, Steuerungspersonal Weiche, andere Zugführer etc. gemeldet, durch Zufall entdeckt und mit Glück beherrscht.)
- Durch frühzeitige Fehlermeldungen über Waggon und Ladung können schwerwiegende Transportausfälle verringert, bei Kesselwagen, wie an Prototypen empirisch belegt, fast halbiert werden.

[61 – S. 2 ff]

- Mit zunehmendem Anteil an höherwertigen und transportempfindlichen Gütern nehmen auch die Transportrisiken und die Transportschäden zu, so dass Ladungskontrolle und Gefahrprävention eine steigende Bedeutung erfahren.

Die Aufzählung der Nutzenkomponenten ließe sich erweitern. Auf die monetäre Bewertung der Kosten und Nutzen der Telematik wird hier nicht weiter eingegangen.

3.6 Die Zusammenfassung der betriebswirtschaftlichen- und volkswirtschaftlichen Nutzen

(72) Nicht alle Nutzenkomponenten sind erfasst worden

In die Analyse und monetäre Bewertung der Nutzen sind die wichtigsten, jedoch nicht alle Nutzenkomponenten der AK einbezogen worden. Es fehlen die Bewertungen der Nutzen durch die Reduzierung der Unfallzahlen beim Rangierpersonal, die Nutzensvorteile bei den die Trassen vorhaltenden Unternehmen, bei sonstigen Verkehrsunternehmen (Spediteure, Umschlagsunternehmen etc.), bei der verladenden Wirtschaft sowie die vergleichsweise hoch zu taxierenden Nutzenwerte aus den Folgeinnovationen (Telematik). Insofern liefert die Zusammenfassung eine Minimalvariante der Nutzeneffekte, in der zukünftigen Gesamtheit wird der Nutzen der AK wesentlich darüber liegen.

Da die monetären Nutzenwerte überwiegend mit Hilfe von auf Plausibilität geprüften Konstrukten berechnet und geschätzt wurden, geben die zusammengefassten Werte nur Größenordnungen wider, in denen sich die realen Werte bewegen könnten. Die Alternativposition der Nutzenbewertung ist der Istzustand: die manuelle Schraubenkupplung. Weitere komparative Alternativen sind nicht herangezogen worden.

Die zusammengefassten Nutzenwerte, die sich aus der Anwendung der AK ergeben, setzen sich aus betriebswirtschaftlichen und volkswirtschaftlichen Nutzenkomponenten zusammen.

(73) Hohe betriebswirtschaftliche Nutzen

Nach Abschluss der Installationsphase (5 Jahre) errechnen sich auf der Datenbasis des Jahres 2007 für die Folgezeit im Durchschnitt betriebswirtschaftliche Nutzenwerte von mindestens 586 Mio EUR pro Jahr. Aber auch während der Installationsphase fallen bereits Nutzen an, auf deren Berechnung hier verzichtet wird.

An erster Stelle der betriebswirtschaftlichen Nutzenkomponenten stehen die jährlichen Nutzensvorteile/Erträge aus der Erhöhung der Transportleistungsfähigkeit der Güterbahn (417 Mio EUR p. a.), gefolgt von den Personalkosteneinsparungen (120 Mio EUR p. a.), den Einsparungen bei den Radsätzen (25-37 Mio EUR p. a.) und aus der längeren Lebensdauer der AK (18 Mio EUR p. a.).

Die hohen Nutzensvorteile aus der Erhöhung der Transportleistungsfähigkeit der Güterbahn errechnen sich u. a. dadurch, dass durch die AK vor allem die Systemgeschwindigkeit im Berechnungsmodell ansteigt. In der Systemgeschwindigkeit befindet sich ein noch nicht ausgeschöpftes, enormes Nutzenpotential bzw. Kostensenkungspotential für die Güterbahn. Weitere Erhöhungen würden auch weitere Steigerungen der Transportleistungsfähigkeit und damit des Nutzenwertes hervorbringen. Es ist leicht einzusehen, dass die der Bewertung zugrunde gelegten Annahmen, eine absolute Untergrenze für die Bewertung der Nutzen der AK darstellen.

Tab. 21: Zusammenfassung der monetären Nutzenwerte aus der Einführung der AK

		Monetäre Nutzenwerte pro Jahr - Mio EUR -			Gewichtung betriebswirtschaftl.- und volkswirtschaftl. Nutzen 2007
		Betriebswirtschaftliche Nutzen 2005 / 2007	Volkswirtschaftliche Nutzen 2004 2007		
1	Reduzierung der Unfallzahlen des Rangierpersonals	n. e.	n. e.	n. e.	100 %
2	Personalkosteneinsparungen	120 (2005)	--	--	11,43 %
3	Geringerer Verschleiß Rad/Schiene	(25 – 37)* (2007)	--	--	2,38 – 3,52 %
4	Betriebswirtschaftliche Nutzen aus der Steigerung der Transportleistungsfähigkeit - Railion - private Bahnunternehmen - Trassenvorhalter aus längerer Lebensdauer	225 (2007)	--	--	21,43 %
		192 (2007)	--	--	18,29 %
		n. e.	n. e.	n. e.	
		18 **	--	--	1,71 %
5	Volkswirtschaftliche Nutzen aus der Transportverlagerung auf die Schiene - Energieverbrauch - CO ₂ -Emission - Senkung sonst. externer Kosten	--	840	1.050	100 %
		--	266	333	31,71 %
		--	614	767	73,05 %
6	Nutzenwerte der AK insgesamt	580 – 592	1.720	2.150	

n. e. = nicht ermittelt;

* = geschätzt, (nur Verschleiß einsparung bei Radsätzen)

** = geschätzt

(74) 4-mal höhere volkswirtschaftliche als betriebswirtschaftliche Nutzen

Die berechneten volkswirtschaftlichen Nutzen sind mit jährlich 2.150 Mio EUR gegenüber den betriebswirtschaftlichen Nutzen (586 Mio EUR) mehr als dreimal so hoch. Größter volkswirtschaftlicher Nutzenwert sind die um 1.050 Mio EUR geringer anfallenden Energiekosten als Folge der Verlagerung von Transportleistungen von der Straße auf die Schiene.

Betriebswirtschaftliche und volkswirtschaftliche Nutzen zusammengefasst ergeben pro Jahr eine Größenordnung von etwa 2,7 Mrd EUR. Im Kalkulationszeitraum von 22,5 Jahren entspricht dies einem Nutzenwert von rund 61,6 Mrd EUR.

4. Die Bilanzierung von Kosten und Nutzen

4.1 Investitionsrechnung (Return on Investment)

(75) Nach gut zwei Jahren sind die Investitionskosten betriebswirtschaftlich amortisiert

Die Investition in die AK bringt der Güterbahn einen extrem hohen Return on Investment (roi). Den einmalig anfallenden Gesamtinvestitionen der Umrüstung in Höhe von 1.350 Mio EUR stehen ab dem ersten Jahr nach deren Abschluss für die Dauer von 30 Jahren betriebswirtschaftliche Erträge (nicht abgezinst) von jährlich mindestens 586 Mio EUR gegenüber.

Bereits am Anfang des dritten Jahres der Nutzung sind die Investitionen betriebswirtschaftlich amortisiert.¹⁾ Im fünften Jahr der Nutzung (Deckungsbeitrag I) übersteigen die aufgelaufenen betriebswirtschaftlichen Erträge von 2.930 Mio EUR die Investitionskosten um + 1.580 Mio EUR.

Tab. 22.: Gegenüberstellung der Investitionskosten zu den betriebswirtschaftlichen und volkswirtschaftlichen Erträgen (kumuliert) – Mio EUR –

	Nutzungsdauer der AK					
	1 Jahr	2 Jahre	3 Jahre	4 Jahre	5 Jahre	30 Jahre
Investitionskosten	- 1.350	- 1.350	- 1.350	- 1.350	- 1.350	- 1.350
Betriebswirtschaftl. Erträge	+ 586	+ 1.172	+ 1.758	+ 2.344	+ 2.930	+ 17.580
Deckungsbeitrag I	- 764	- 178	+ 408	+ 994	+ 1.580	+ 16.230
Volkswirtschaftl. Erträge	+ 2.150	+ 4.300	+ 6.450	+ 8.600	+ 10.750	+ 64.500
Deckungsbeitrag II	+ 1.386	+ 4.122	+ 6.858	+ 9.594	+ 12.330	+ 80.730

(76) Einschließlich der volkswirtschaftlichen Erträge amortisiert sich die AK bereits im ersten Jahr der Installation

Schließt man die volkswirtschaftlichen Erträge (2.150 Mio EUR p. a.) in den Kosten–Nutzenvergleich mit ein (Deckungsbeitrag II), so sind nicht nur die Gesamtinvestitionen im ersten Jahr der Nutzung der AK vollständig amortisiert; es verbleibt sogar noch ein Überschuß von + 1.386 Mio EUR, kumuliert verbleiben in fünf Jahren mehr als 12,3 Mrd EUR, in 30 Jahren rund 80,7 Mrd EUR.

1) Wenn man die Erträge in der Umrüstzeit hinzurechnet, dann in weniger als 3 Jahren.

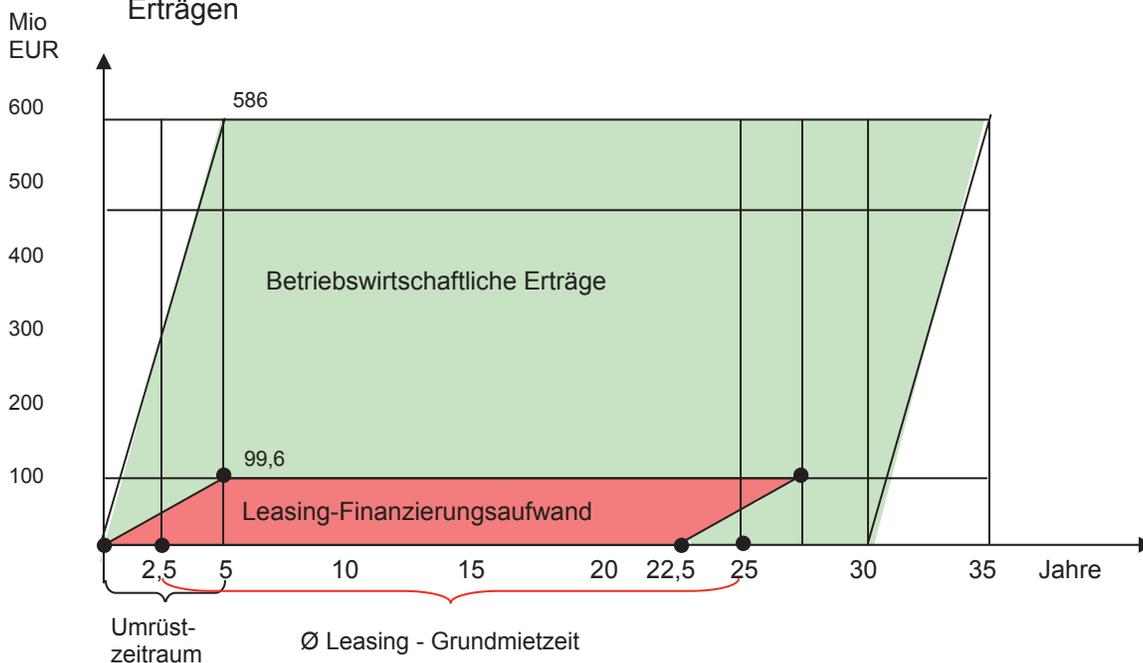
4.2 Leasing - Finanzierungsrechnung

(77) Bereits im ersten Jahr sind die betriebswirtschaftlichen Erträge im Verhältnis zum Leasing - Finanzierungsaufwand = 5 : 1

Betrachtet man von der gesamten wirtschaftlichen Nutzungsdauer der AK von 30 Jahren nur die Grundmietzeit des Leasingvertrages von 22,5 Jahren und vergleicht die jährlich anfallenden betriebswirtschaftlichen Erträge (586 Mio EUR) mit dem jährlich anfallenden Leasing – Finanzierungsaufwand (99,6 Mio EUR), so ergibt sich bereits im ersten Jahr der Nutzung ein betriebswirtschaftlicher Ertragsüberschuß von 486,4 Mio EUR, ein Verhältnis Ertrag zu Leasingaufwand von rund 5 : 1.

Am Ende der Grundmietzeit von 22,5 Jahren beziffert sich der kumulierte betriebswirtschaftliche Ertragsüberschuß auf etwa 10,9 Mrd EUR.¹⁾

Tab. 23: Gegenüberstellung der jährlichen Leasingraten zu den jährlichen betriebswirtschaftlichen Erträgen



Mit Einbeziehung der volkswirtschaftlichen Erträge ergibt sich im ersten Jahr der Nutzung ein Ertragsüberschuß von 2.636,4 Mio EUR, in der Grundmietzeit (22,5 Jahre) ein gesamter Ertragsüberschuß von gut 59 Mrd EUR, ein Verhältnis von Gesamtertrag zu Leasingaufwand von 27,5 : 1.

Die vorstehenden Berechnungen basieren auf vorsichtigen und zurückhaltenden Annahmen (Minimalvariante).

1) Während der Umrüstphase von 5 Jahren werden durch die sektionsweise umgerüsteten Waggons bereits betriebswirtschaftliche und volkswirtschaftliche Erträge erwirtschaftet, die die Anschubfinanzierung von 298,5 Mio EUR möglicherweise decken. Zusätzlich fallen weitere Erträge aus der Nutzung der AK über die Grundmietzeit von 22,5 Jahren hinaus bis zum Ende der wirtschaftlichen Lebensdauer der AK von 30 Jahren an.

4.3 Fazit

Die betriebswirtschaftlichen und volkswirtschaftlichen Erträge übertreffen um ein Vielfaches die Investitionskosten für die Automatisierung der Güterbahn durch Umrüstung auf die AK. Die Güterbahn wird durch die Automation der Zugbildung und Zugauflösung einen gewaltigen Rationalisierungsschub erhalten, der zu großen Umwälzungen im europäischen Schienen-Güterverkehr führen wird. Weitere Innovationen mit vielfachem Nutzen, beispielsweise in der Telematik, werden dadurch angestoßen.

Den Berechnungen lag jeweils eine konservative Betrachtungsweise zugrunde, sehr wahrscheinlich werden die zukünftig zu erwartenden Erträge/Nutzen weit darüber liegen.

Die Implementierung der AK ist eine europäische Aufgabe.

Aufgerufen sind die nationalen Verkehrsminister der europäischen Staaten, die nationalen Bahngesellschaften, die Europäische Union sowie die UIC, das für die Bahn existenzielle Thema der Automatisierung der Güterbahn durch die AK erneut aufzugreifen, um den europäischen Eisenbahn-Güterverkehr wieder zu einer Renaissance zu führen. Der erste Schritt wäre die Erarbeitung einer umfassenden Kosten-Nutzen-Analyse für die europäischen Bahnen insgesamt. Auftraggeber könnte die EU sein.

Literaturverzeichnis

1. Prognose der deutschlandweiten Verkehrsverflechtungen 2025, ITB, BVU, München/Freiburg 2007.
2. Abschätzung der langfristigen Entwicklung des Güterverkehrs bis 2050, Schlußbericht, Prograns AG, Basel 2007.
3. Erarbeitung von Entwürfen alternativer verkehrspolitischer Szenarien zur Verkehrsprognose 2015, Prognos AG, Basel 2001.
4. Mobilität 2020, acatech, Stuttgart 2006.
5. FGVM, Ergebnisse des Forschungsprojektes „Informationsdienstleistungen im Güterverkehr“, Münster 2003.
6. Stabenau, Hoffmann, BVL Bundesvereinigung Logistik, Arbeitskreis Kooperative Schienengüterverkehrskonzepte, Bremen 2003.
7. Prognose der deutschlandweiten Verkehrsverflechtung, Seeverkehrsprognose (Los 3), Endbericht, Planco, Essen 2007.
8. Marktstudie Schienengüterverkehr, Landesinitiative Bahntechnik NRW, SCI Verkehr GmbH, Köln 2001.
9. BG Bahnen, Sonderdruck Warnkreuz, Kuppeln von Eisenbahnfahrzeugen, März 2000.
10. Zukunftsgüterbahn, NFP41, Infrac, Synthesebericht, Zürich 2007.
11. Siegmann, J., Wege zu einer anforderungsgerechten und wirtschaftlichen Güterbahn, Hannover 1997.
12. Strategien zur Erschließung der Marktpotentiale der Eisenbahn, 3. Round Tables, im Auftrag des BVBW, 2005.
13. Integrierte Gesamtverkehrsplanung NRW, Szenarienbewertung, Ministerium für Bauen und Verkehr des Landes Nordrhein-Westfalen, Projektgruppe IGVP NRW, Freiburg 2005.
14. Diagnose- und Telematikkonzepte für den Schienengüterverkehr, Bericht Nr. 7/99, Technische Universität Berlin, Berlin 1999.
15. Verbundvorhaben „Die moderne europäische Güterbahn der Zukunft“, Studie zur Leitvision „Europäischer Schienengüterverkehr 2010“, Vorhaben 19G2028B des Bundesministeriums für Forschung und Bildung, 2003.
16. Hardenacke, J., Werthschulte, H., Forschungsprojekt „Portal C“ im Rahmen der Forschungsinitiative Schiene, AP12: Tracking and Tracing, Abschlußbericht.
17. Verkehrspolitische Orientierung für einen Masterplan Güterverkehr und Logistik, BVBW, 5. Sept. 2007.
18. Delvendahl, H., Die automatische Kupplung als Teil der Automatisierung des Rangierbetriebes, in: Schriftenreihe für Verkehr und Technik, Heft 39, Bielefeld 1969.
19. Schelle, A., Konstruktive Entwicklung einer einheitlichen europäischen automatischen Eisenbahnkupplung in: Schriftenreihe für Verkehr und Technik, Heft 39, Bielefeld 1969.
20. Friedrichs, J., Vorschläge und Hinweise zur Vorbereitung von Fahrzeugen für die automatische Mittelpuffer-Kupplung, in: Schriftenreihe für Verkehr und Technik, Heft 39, Bielefeld 1969.
21. Schmidt, E., Die europäische automatische Kupplung, in: Schriftenreihe für Verkehr und Technik, Heft 39, Bielefeld 1969.

22. PricewaterhouseCoopers, Lebensnerv Verkehr, Bern 2005.
23. Behrendt, S., Integrierte Technologie-Roadmap Automation, 2015, Institut für Zukunftsstudien und Technologiebewertung, Berlin 2006.
24. Diagnose- und Telematikkonzepte für den Schienengüterverkehr, Bericht Nr. 7/99, Technische Universität Berlin, Berlin 1999.
25. Heidnisch, R., Die innovative Güterbahn, in: Zeitschrift für Eisenbahnwesen und Verkehrstechnik, Glasers Annalen, 1996.
26. Becker, H., Ist die Eisenbahn im Güterverkehr noch konkurrenzfähig? Dokument Verkehr, Berlin 2002.
27. Dornier, H., u.a., Die automatische Mittelpuffer-Kupplung – ein wesentlicher Beitrag zur Rationalisierung des Eisenbahnbetriebes, in: Schriftenreihe für Verkehr und Technik, Heft 39, Bielefeld 1969.
28. Bartning, F.P., Bensch, J., Driesels, M., Gasanov, I., Den Einsatz der TRANSPAKT - Mittelpuffer-Kupplung (C-AKv) im Kohleverkehr, in: ETR, 9/2006.
29. Siegmann, J., Wege zu einer anforderungsgerechten und wirtschaftlichen Güterbahn mit Ganzzügen und Einzelwagen, in: ETR, 6/1998.
30. Heinisch, R., Die innovative Güterbahn, ZEV + DET, Glasers Annalen, 121, 1997, Nr. 1.
31. Stier, G., Vorbereitung und besondere Bedingungen der Umstellung auf die automatische Mittelpuffer-Kupplung bei den nichtbundeseigenen Eisenbahnen, in: Schriftenreihe für Verkehr und Technik, Heft 39, Bielefeld 1969.
32. Klimaagenda 2020: Der Umbau der Industriegesellschaft, Bundesumweltministerium, Berlin 2007.
33. VDV-Handbuch Schienengüterverkehr 2008 Eurailpress / DVV, Media Group.
34. BVBW, Richtlinie (Verwaltungsvorschrift zur Förderung des Neu- und Ausbaus sowie der Reaktivierung von privaten Gleisanschlüssen), Berlin 3. August 2004.
35. Bericht über Vorschläge zur Verbesserung von Güterverkehr und Logistik in Deutschland aus den bisher durchgeführten Workshops und Erarbeitung eines Masterplans Güterverkehr und Logistik, BMVBS, 2007.
36. Becker, H., Ist die Eisenbahn im Güterverkehr noch konkurrenzfähig? Technische Universität München 2002.
37. Seibt, R., Die automatische Mittelpuffer-Kupplung, www.ba-bautzen.de/wirtschaftssenoren/amk/, Zugriffsdatum Dezember 2008.
38. <http://de.wikipedia.org/wiki/Schraubenkupplung>, Zugriffsdatum Dezember 2008.
39. Homeyer, D., Wie wird eine Rangierfahrt vorbereitet? BahnPraxis spezial 9/2004.
40. Entwurf: Masterplan Güterverkehr und Logistik, BMVBS, März 2008.
41. Bericht über Vorschläge zur Verbesserung von Güterverkehr und Logistik in Deutschland aus den bisher durchgeführten Workshops zur Erarbeitung eines Masterplans Güterverkehr und Logistik, BMVBS, 2007.
42. Martin, U., „Strategien zur Erschließung der Marktpotentiale der Eisenbahn“, Technische und wirtschaftliche Potentiale sowie Risiken neuer Technologien im Eisenbahngüterverkehr, Vortrag, Berlin 2005.
43. Salin, E., Die Automatische Mittelpuffer-Kupplung, technischer Fortschritt als finanz- und wirtschaftspolitisches Problem mit Kostenschätzungen für 8 europäische Länder, Basel-Tübingen 1966.

44. ICEMUS, VWT, IWT, Strategien zur Erschließung der Marktpotentiale der Eisenbahn, BVBW, Berlin 2004.
45. Hoffmann, E., Die automatische Zugkupplung für den Güterverkehr, ZEV + DET, Glasers Annalen, 121, 1997, Nr. 2 / 3.
46. Europäisches Institut für Eisenbahnforschung (ERRi), Bericht Nr. 26, Untersuchung zur Machbarkeit einer automatischen Zugkupplung, Utrecht 1988.
47. Jahnke, B., Automatisierung im Schienengüterverkehr, rail international, Schienen der Welt, Feb. / März 1996.
48. Chatterjee, B.; Hetterscheidt, B.; Bensch, J., Die SAB WABCO C-AKv- Güterwagenkupplung bei der SNCF, in ETR51 (2002), Heft 4.
49. Felsing, A., Hoffmann, E., Die automatische Zugkupplung, ETR, 44 (1995), Heft 4.
50. Hoffmann, E., Zulassungsversuche mit der automatischen Zugkupplung (Z-AK), ETR, 49 (2000), Heft 4.
51. Schelle, A., Stand der Entwicklung der automatischen Zugkupplung (Z-AK) für die europäischen Güterwagen, ZEV + DET, Glasers Annalen, 121 (1997), Nr. 2/3.
52. VGB PowerTech, Konzeptstudie Referenzkraftwerk Nordrhein-Westfalen (RWK NRW), Essen 2004.
53. Friedrich Ebert Stiftung, Möglichkeiten und Grenzen der Verkehrsverlagerung, 2002.
54. INFRAS, Externe Kosten des Verkehrs in Deutschland, Zürich 2007.
55. Wirtschaftliche Bewertung von Maßnahmen des Integrierten Energie- und Klimaprogramms (IEKP), Fraunhofer Institut für System- und Innovationsforschung (ISI), Karlsruhe 2007.
56. US-Supreme Court, Norfolk & Western R. Co. v. Hiles, 1996.
57. BMVBS, (FIS) Forschungsinformationssystem.de
58. Deutsche Bahn AG, Forschungs- und Technologie-Zentrum, Abschlussbericht: Projekt „Weiterentwicklung C-AKv“, Minden/Delitzsch 1999.
59. <http://de.wikipedia.org/wiki/C-AKv-Kupplung>, Zugriffsdatum Dezember 2008.
60. Siegmann, J., Innovations in Rail Freight Transport, Berlin 2005.
61. Rieckenberg, Th., Entwicklung eines Telematiksystems für den Schienengüterverkehr, TU Berlin, Machbarkeitsstudie, BVBW 1999.
62. Der deutsche Bahnmarkt – Marktanalyse 2006 bis 2011, Akteure, Volumina und Prognosen, SCI Verkehr GmbH, Report Nr. 9, 2006.
63. Baranek, M., Käse, G., Online Management und Disposition von Bahnwagen und Ladeeinheiten, EI-Eisenbahningenieur, (51) 3/2000.
64. Hecht, M., Produktiver Schienengüterverkehr durch innovative Güterwagen, Jahrbuch Logistik, 2008.
65. Hecht, M., Anstehende Innovationen in der Bahntechnik am Beispiel Gütertransport, TU Berlin 2008.
66. Reinhold, S., InnoCoupler–Rationelle Produktionsverfahren im Schienengüterverkehr durch innovative Kupplungstechnologien, in: Schienenverkehr sicher, leise, effizient, InnoTrans (BMW), Berlin 2008.
67. Gaik, K., Untersuchung der Ursachen von Arbeitsunfällen beim Rangieren von Schienenfahrzeugen bei Eisenbahnen im Güterverkehr, BG Bahnen 1998.

68. BMWI, Transportlogistik, Projekt GZ 1000, Betrieb mit längeren Güterzügen, Berlin 2007.
69. Hecht, M., Diagnose- und Telematikkonzepte für den Schienengüterverkehr, Bericht 7/99, TU Berlin 1999.
70. BMVBS, Standpunkte zur Verkehrstelematik, Berlin 2008.
71. Rieckenberg, Th., Telematik in Schienengüterverkehr, Diss., Berlin 2004.
72. Rieckenberg, Th., Telematik im Schienenverkehr – Möglichkeiten, Perspektiven und Hemmnisse, ETR, 10/2007.
73. Prograns AG, Wirkungspotentiale der Verkehrstelematik zur Verbesserung der Verkehrsinfrastruktur und Verkehrsmittelnutzung, BVBW, Basel 2001.
74. Siegmann, J., Schienengüterverkehr – Aktuelle Tendenzen und technische Entwicklungen, TU Berlin 2008.