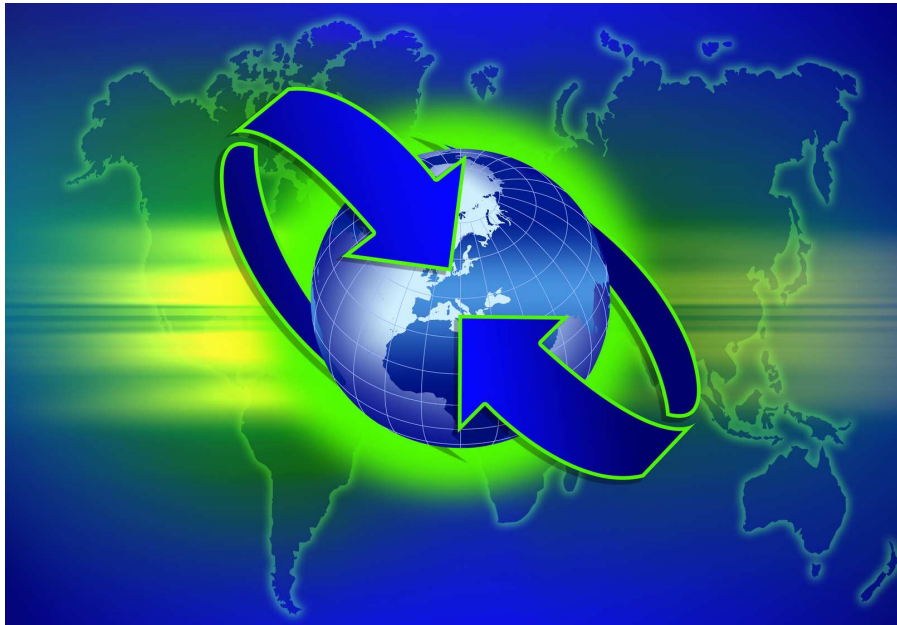


Praxisleitfaden „Grüne Logistik“

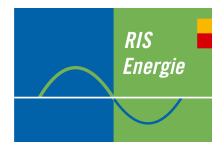


Projektstand Februar 2010

RIS-Kompetenzzentrum für Verkehr und Logistik
der Weser-Ems-Region (LOGIS.NET); www.RIS-LOGIS.NET
Ansprechpartner: Prof. Dipl.-Ing. Wolfgang Bode, Alissa Ziegler
Caprivistraße 30a, 49076 Osnabrück



RIS-Kompetenzzentrum für Zukünftige Energieversorgung e.V.
Ansprechpartner: Dr. Jörg Hermsmeier, Angelika Hocke-Anbeh
Marie-Curie-Straße 1, 26129 Oldenburg; [/www.ris-energie.de/ris-energie/](http://www.ris-energie.de/ris-energie/)



Inhaltsverzeichnis

1.	Einleitung.....	3
2.	Bestandsaufnahme und Energiemanagement.....	3
3.	Betriebsgelände und Gebäude	3
4.	Fuhrpark	4
4.1	Kraftstoffeinsparung durch energieeffiziente Fahrzeugtechnik.....	4
4.2	Kraftstoffeinsparung durch Fahrertraining	9
5.	Materialfluss- und Lagersysteme	10
5.1	Maßnahmen zur Erhöhung der Energieeffizienz im Bereich Fördertechnik	10
5.2	Optimierung im Bereich Lagersysteme	17
5.3	Einsparung von Verpackungsmaterial.....	17
5.4	Gebäudebezogene Maßnahmen im Lager.....	18
6.	Transportorganisation	19
6.1	Transportverlagerung, -bündelung und -vermeidung	19
6.2	Einsatz von Tourenplanungs- und Routenoptimierungsprogrammen.....	26
6.3	Laderaumoptimierung	27
7.	Neue Fern-Verkehrstechniken für die Zukunft	27
7.1	A) CargoRAPID für Güter.....	27
7.2	B) Personentransport per Bahn (PerBaMo)	30

1. Einleitung

Die seit den 1990er Jahren zunehmende internationale Arbeitsteilung - als wirtschaftliche Globalisierung bezeichnet - hat zu einem starken Anstieg des Güterverkehrsaufkommens und steigenden Transportentfernungen geführt. Insbesondere der Straßengüterverkehr hat enorme Zuwachsraten zu verzeichnen. Während andere Sektoren in den letzten Jahren ihre Treibhausgasemissionen reduzieren konnten, hat der Verkehrsbereich steigende Emissionen zu verzeichnen.

Die durch die Logistikbranche verursachten Verkehrsmengen und die damit verbundenen negativen Auswirkungen wie Luftverschmutzung, Lärmbelästigung und Verursachung von Staus tragen zum schlechten ökologischen Image der Branche bei. Dies gerät besonders durch die Diskussion um den Klimawandel und die erforderliche Reduzierung von CO₂-Emissionen stärker ins Blickfeld. Im Hinblick auf die Klimaziele der Bundesregierung steht die Logistikbranche deshalb von Seiten der Politik unter Druck die Treibhausgasemissionen deutlich zu senken.

Hinzu kommen wirtschaftliche Aspekte: Der Anstieg der Dieselmotorkraftstoffpreise, macht Maßnahmen zur Energieeinsparung und Verbesserung der Energieeffizienz zunehmend auch aus ökonomischer Sicht notwendig. Gleichzeitig spielt die Reduzierung von CO₂-Emissionen eine immer größere Rolle für den Wettbewerb und das Firmenimage. Auftraggeber fordern von ihren Dienstleistern zunehmend Nachweise über den CO₂-Fußabdruck und infolge des gestiegenen Umweltbewusstseins beeinflusst dieser Aspekt auch die Kaufentscheidung von Konsumenten. „Grüne Logistik“ wird somit zu einem wichtigen Wettbewerbsfaktor und einem der wichtigsten Zukunftsthemen in der Logistik, mit dem sich besonders kleine Unternehmen zur Zeit noch schwertun.

Maßnahmen zur CO₂-Reduzierung sind in der Logistik einerseits im Transportbereich, z.B. durch die Verlagerung auf umweltfreundliche Verkehrsträger wie Schiene und Wasserstraße, Touren- und Laderaumoptimierung, Transportkooperationen und durch innovative Fahrzeugtechnik möglich. Es bieten sich für Logistikunternehmen aber auch vielfältige Potentiale in den Bereichen Lager, Materialfluss und Organisation.

Ziel des Praxisleitfadens „Grüne Logistik“ ist es in einer Übersicht alle speziell für die Logistik relevanten Themenbereiche darzustellen, um Logistikunternehmen geeignete Informationen und Anhaltspunkte für die Umsetzung an die Hand zu geben. Er soll dazu beitragen die regionalen Unternehmen in Bezug auf die durch den Klimawandel ausgelösten zukünftigen politischen und wirtschaftlichen Entwicklungen im Bereich der Logistik vorzubereiten und dadurch ihre Wettbewerbsfähigkeit nachhaltig zu stärken und auf diesem Wege einen Beitrag für eine klimafreundliche Region Weser-Ems zu leisten.

2. Bestandsaufnahme und Energiemanagement

Wird nachgeliefert

3. Betriebsgelände und Gebäude

Wird nachgeliefert

4. Fuhrpark

Im Fuhrpark gibt es eine ganze Reihe verschiedener Maßnahmen, die in der Summe zu sehr deutlichen CO₂-Reduzierungen und Energie-Einsparungen können. Die wichtigsten und effizientesten Maßnahmen werden daher in den nachfolgenden Abschnitten einzeln dargestellt.

4.1 Kraftstoffeinsparung durch energieeffiziente Fahrzeugtechnik

Maßnahmen zur Kraftstoffeinsparung schonen die Umwelt und sind wirtschaftlich rentabel. Mit jedem Liter eingespartem Dieselmotorkraftstoff werden 2,64 kg weniger CO₂ emittiert und lassen sich in Zeiten steigender Kraftstoffpreise deutliche Einsparungen realisieren.

An technischen Maßnahmen zur Kraftstoffeinsparung sind Maßnahmen in den Bereichen Aerodynamik, Reifen, Motorenoptimierung, Antriebs- und Kühltechnik, Reduzierung des Leergewichts sowie die Umsetzung innovativer Fahrzeugkonzepte zu nennen.



Abbildung 1: Eco Liner,
Quelle: Krone Gruppe



Abbildung 2: Teardrop-Auflieger,
Quelle: DHL

Aerodynamik

Etwa ein Drittel des Kraftstoffverbrauchs eines LKW hängen mit dem Luftwiderstand zusammen. Durch einen aerodynamischen Aufbau, spezielle Verkleidungen an den Seiten des Fahrzeuges, stabile Seitenplanen oder feste Seitenwänden lässt sich durch die verbesserte Windschnittigkeit deutlich Kraftstoff einsparen. Beispiele für aerodynamische LKW sind der Ecoliner¹ von Krone, der eine Ersparnis von 3-7% erreicht und der Teardrop-Auflieger, von DHL und dem britischen Unternehmen für Fahrzeugdesign Don-Bur entwickelt, mit einer Kraftstoffeinsparung von 9-12%.

Reifen

Der Rollwiderstand der Reifen macht ein weiteres Drittel des Kraftstoffverbrauchs aus. Der Rollwiderstand entsteht durch Verformungen am Reifen und an der Fahrbahn. Bei dieser Verformung erwärmen sich die Reifen und geben einen Teil der vom Motor erzeugten Energie ab. Der Rollwiderstand steigt mit abnehmendem Reifenradius und Reifendruck, bei zunehmender Belastung und Verformung sowie bei steigender Geschwindigkeit. Je größer der Rollwiderstand ist, desto mehr Energie muss aufgebracht werden um das Fahrzeug zu bewegen.

Leichtlaufreifen mit optimiertem Rollwiderstand erhöhen die jährlichen Reifenkosten pro LKW zwar um ca. 500 €, reduzieren den Kraftstoffverbrauch jedoch um rund 3 -6%. Auch durch den Einsatz von Super-Breitreifen auf der Antriebsachse lässt sich eine solche Einsparung erzielen, allerdings betragen die Mehrkosten hierfür 1300 € pro LKW im Jahr, die Laufleistung ist geringer und es sind spezielle Felgen und Sicherheitsmaßnahmen notwendig.

Ein weiterer wichtiger Aspekt ist der Reifendruck. Ein erhöhter Reifendruck kann eine Kraftstoffeinsparung von ca. 3% bewirken. Unterstützung bieten hierbei automatische

¹ <http://www.nutzfahrzeuge.krone.de/de/index/ecoliner.html>

Überwachungssysteme, die den Fahrer auf zu niedrigen Reifendruck hinweisen. Diese Systeme sind für ca. 900 € je LKW erhältlich.

Motorenoptimierung

Zur Motorenoptimierung zählen Verbesserungen an allen Komponenten des Motors, die nicht mit neuen Fahrzeugtechnologien verbunden sind, wie zum Beispiel geringere bewegte Massen im Motor, Reibungsreduzierung, optimierte Einspritzpumpen, variable Ventilsteuerung, effizientere Verbrennung durch zweistufige Motorenaufladung bei Dieselmotoren und die Optimierung der Nebenaggregate. Zu nennen ist außerdem die SCR-Technologie (Selective Catalytic Reduction), eine Abgasnachbehandlungstechnologie bei der eine Harnstofflösung (Handelsbezeichnung AdBlue) dem Abgasstrom zugefügt wird und eine Reduzierung der Stickoxid-Emissionen bewirkt, die zusätzlich die innermotorische Verbrauchsoptimierung beeinflusst.

Leichtlauföle

Leichtlauföle verbessern die Leistungsfähigkeit, erhöhen die Lebensdauer eines Motors und senken den Spritverbrauch. Durch ihre niedrigere Viskosität bewirken sie einen geringeren Reibungswiderstand im Motor und verteilen sich besonders beim Kaltstart besser und schneller. Sie kosten zwar zwei- bis dreimal so viel wie normale Motoröle, aber durch die Spriteinsparung von 2,5-5% lohnen sich die Mehrausgaben schnell. Leichtlauföle lassen sich sowohl bei neuen als auch bei älteren Fahrzeugen einsetzen und sind überall erhältlich wo es Motoröle zu kaufen gibt.

Rußpartikelfilter

Der Einsatz von Rußpartikelfiltern bewirkt zwar keine Reduzierung der CO₂-Emissionen, leistet aber einen wichtigen Beitrag zur Luftreinhaltung. Für den Einbau von Rußpartikelfiltern in LKW ab 12t gibt es staatliche Zuschüsse über die De-minimis-Förderung.

Alternative Antriebstechnik

Elektro- und Hybridantriebe sowie Brennstoffzellen sind alternative Antriebstechniken, die einen energieeffizienteren Antrieb von Fahrzeugen ermöglichen sollen.

Allen elektrisch betriebenen Fahrzeugen, ob Wasserstoff-, Elektro- oder Plug-In-Fahrzeugen, ist gemein, dass die erreichbare CO₂-Reduzierung nicht nur von der Energieeffizienz der eingesetzten Technik, sondern vor allem von der Art des verwendeten Stroms abhängt. Dies kann nur durch den Einsatz von regenerativ erzeugtem Strom erreicht werden. Hierbei ist jedoch weiterhin die Konkurrenz um regenerative Energiequellen für verschiedene Nutzungen wie z. B. für Gebäude und elektrische Geräte zu beachten. Der Einsatz von Biodiesel bringt zwar gegenüber konventionellem Dieselmotorkraftstoff eine Reduzierung der CO₂-Emissionen um 20%, aufgrund der hohen Kosten für die Umrüstung der Fahrzeuge, des höheren Verbrauchs und der derzeitigen Kosten für Biodiesel ist dieser jedoch zur Zeit nicht wirtschaftlich. Problematisch ist die Verwendung von Biodiesel auch unter dem Gesichtspunkt der Konkurrenz zur Nahrungsmittelproduktion.

Elektrofahrzeuge

Bei reinen Elektrofahrzeugen wird gänzlich auf den Einsatz eines Verbrennungsmotors verzichtet. Sie zeichnen sich aufgrund des hohen Wirkungsgrads des Elektrobetriebs durch niedrige Energieverbräuche aus.



Abbildung 3: E-Karre, Quelle: DHL



Abbildung 4: E-Transporter, Quelle: Karmann

Brennstoffzelle

Brennstoffzellen wandeln Wasserstoff chemisch in Wasser um. Dabei wird elektrische Energie freigesetzt, die einen Elektromotor antreibt. Die Energieeinsparung gegenüber Fahrzeugen mit Otto-Motor betragen je nachdem ob diese mit einer Batterie und Bremsenergieerückgewinnung konzipiert sind, zwischen 58-68 %. Ein weiterer Vorteil ist, dass außer Wasser keine weiteren direkten Emissionen entstehen.

Brennstoffzellenfahrzeuge befinden sich derzeit in der Entwicklung und können noch nicht serienmäßig hergestellt werden, weil sie aufgrund der hohen Kosten unrentabel sind und die Tanksysteme für die Speicherung des Wasserstoffs optimiert werden müssen um die angestrebte Reichweite von 500 km zu erreichen. Weiterhin ist der Aufbau einer kostenintensiven Wasserstoffinfrastruktur notwendig, denn die Fahrzeuge können nur dann konkurrenzfähig sein, wenn keine Nutzungseinschränkungen bestehen.

Hybridantrieb

Unter Hybridantrieb ist die Kombination verschiedener Antriebstechniken zu verstehen, bei Kraftfahrzeugen wird hier meist die Kombination zwischen Elektro- und Verbrennungsmotor gemeint. Man unterscheidet milde Hybride, bei denen ein Antrieb nur einen Hauptantrieb unterstützt und Vollhybride, bei denen jeder vorhandene Antrieb autonom arbeitet. Bei seriellen Hybriden wird durch den konventionellen Motor ein Generator angetrieben, der dann den Elektroantrieb speist. Die Bremsenergie wird hier effizient in Antriebsenergie umgewandelt.

Fahrzeuge mit Hybridantrieben erfordern hohe Investitionskosten, sind aber im Vergleich zu Fahrzeugen mit reinen Verbrennungsmotoren deutlich emissionsparender. Hybridantriebe werden mittlerweile von mehreren Herstellern in leichten bis mittelschweren Nutzfahrzeugen eingesetzt. Sie sind darüber hinaus auch für den effizienteren Betrieb von Nebenantrieben und Verbrauchern, wie beispielsweise Standklimaanlage und Kühlaggregate, nutzbar.

Fahrzeuge mit Hybridantrieb verfügen häufig auch über eine Start-Stopp-Automatik, das heißt bei Stillstand des Fahrzeuges wird der Motor ausgeschaltet und durch Betätigen des Gaspedals wieder eingeschaltet. Dies kann im Stadtverkehr zu einer Einsparung von 5% führen. Die Investitionskosten für eine Start-Stopp-Automatik betragen ca. 200 €.

Plug-In-Hybrid-Fahrzeuge

Plug-In-Hybrid-Fahrzeuge stellen eine Weiterentwicklung des Hybridkonzepts dar, in dem die Ladung der Batterie nicht nur durch die Bremsenergieerückgewinnung und den Verbrennungsmotor, sondern auch stationär über das Stromnetz erfolgt. Elektromotor und Antriebssystem sind mittlerweile mit konventionellen Systemen konkurrenzfähig.

Wie bei allen elektrischen Antriebssystemen reicht jedoch die vorhandene Batteriekapazität noch nicht für die erforderliche Reichweite aus und es besteht noch Entwicklungsbedarf um Größe und Gewicht der Batterien zu reduzieren. Mit einer Massenproduktion von Plug-In-

Pkws mit jährlichen Stückzahlen von über 10.000 wird deshalb erst im Jahr 2030 gerechnet. Ein weiteres Problem ist es, ein entsprechend dichtes Netz an Ladestationen aufzubauen und die Ladedauer von derzeit mehreren Stunden auf wenige Minuten zu reduzieren, um eine konkurrenzfähige Alternative zu konventionellen Fahrzeugen darzustellen.

Hybrid- und Elektrofahrzeuge eignen sich im Güterverkehr derzeit nur für den Verteiler- nicht aber für den Fernverkehr, weil die Einsparungen in der Stadt bei Stop-and-Go-Betrieb erzielt werden können und die Batterien nicht genügend Kapazität haben, um schwere Transporter oder LKWs über weite Strecken anzutreiben. Auf langen Strecken verursachen Hybrid- und Elektroantriebe höhere Betriebskosten, weil die schwere Batterie die Nutzlast senkt. Hinzu kommt das Problem, dass der Leistungsbedarf für die zusätzlichen Funktionen von Fahrzeugen an Bord wie Beleuchtung, Klimatisierung, Telematik, usw. immer weiter zunimmt. Die Bereitstellung solcher elektrischer Leistungen ist durch Batterien und Lichtmaschinenteknik kaum noch lösbar.

Die Investitionskosten für diese Technologien sind heutzutage im Bereich der Nutzfahrzeuge noch zu hoch um die Kraftstoffeinsparung auszugleichen: 15% Kraftstoffeinsparung stehen 30% Investitionsmehrkosten gegenüber. Ein wirtschaftlicher Einsatz von Hybridfahrzeugen ist jedoch beispielsweise bei Stadtbussen und im Müllsammelverkehr gegeben.

Tabelle 1: CO₂-Minderungspotentiale ausgewählter Maßnahmen für schwere Nutzfahrzeuge, in %

Motorenoptimierung	4-8 %
SCR-Technologie	4-7 %
Start-Stopp-Automatik	5-8 %
Vollhybrid	8-30 %
Getriebeoptimierung	2-8 %
Gewichtsreduktion	3-5 %
Rollwiderstand	3-7 %
Aerodynamik	3-7 %

Quelle: Wiso Diskurs Mai 2008, „Klimaschutz und Straßenverkehr“

Die Euro-Abgasnorm

Die europäischen Richtlinien zur Festlegung der Abgasgrenzwerte, häufig als Euro-Norm bezeichnet, schreibt für neue Kraftfahrzeuge die Einhaltung bestimmter Grenzwerte für Luftschadstoffe vor und unterteilt die Fahrzeuge somit in Schadstoffklassen (Euro 1, Euro 2, usw.). Die Norm legt Grenzwerte für Kohlenmonoxid (CO), Stickstoffoxide (NO_x), Kohlenwasserstoffe (HC) und Partikel (PM) fest. Folgende Tabelle gibt Auskunft über die Schadstoffklassen Euro 1 – Euro 6):

Tabelle 2: Schadstoffklassen nach Euro-Abgasnorm

Schadstoffklasse	Gültig ab	Schadstoffe in g/kWh			
		CO	NO _x	HC	Partikel
Euro 0	1988/90	12,3	15,8	2,6	-
Euro 1	1992/93	4,9	9	1,23	0,4
Euro 2	1995/96	4	7	1,1	0,15
Euro 3	2000/2001	2,1	5	0,66	0,1
Euro 4	2005/06	1,5	3,5	0,46	0,02
Euro 5	2008/09	1,5	2	0,46	0,02
Euro 6	2012/13	1,5	0,4	0,13	0,01

Quelle: www.lubw.baden-wuerttemberg.de

Kühltechnik

Die Vermeidung von Kälteverlusten beim Be- und Entladen ist nicht nur hinsichtlich des Energieverbrauchs von Bedeutung, sondern auch für die Einhaltung der Kühlkette. In den Kühlfahrzeugen gibt es deshalb verschiedene mehrere Kälterückhaltesysteme wie zum Beispiel Trennwände, die unterschiedliche Temperaturzonen innerhalb des Laderaums voneinander trennen und Vorrichtungen an den Türen, die einen Kälteverlust reduzieren wie Streifenvorhänge, Luftstrom-Kältevorhänge, Pendeltüren und seitlich verschiebbare Vorhänge.

Der Fahrzeughersteller Krone bietet als innovatives Produkt in diesem Bereich Kühlfahrzeuge mit Stickstoffkühlung an, den Cool Liner². Diese verursacht keine CO₂-Emissionen und ist zudem fast geräuschlos. Durch seine durchgehenden Stahldeckschichten und die verstärkte, geschäumte Bodegruppe verfügt er über eine optimale Isolierung. Für die Stickstoffkühlung ist das Fahrzeug mit einem doppelwandigen Stickstofftank ausgerüstet, aus dem der Stickstoff bei Bedarf ins Innere des Fahrzeugs strömt.

Transporteffizienz durch neue Fahrzeugkonzepte: der EuroCombi

Ein EuroCombi bezeichnet einen überlangen LKW, der aus sich aus mehreren Aufliegern bzw. Anhängern zusammensetzt und eine maximale Länge von 25,25 m im Vergleich zu der heute in Deutschland üblichen Längenbegrenzung von 18,75 m hat und ein zulässiges Gesamtgewicht von 60 t statt bisher 40 t. Diese LKW-Kombination ermöglicht eine Steigerung des Ladevolumens von 100 m³ auf 150 m³ bzw. von 34 auf 53 Palettenstellplätze. Der EuroCombi ist zurzeit in einigen skandinavischen Ländern zugelassen und wurde in Deutschland auf verschiedenen Teststrecken eingesetzt. Die Testfahrten ergaben, dass ein Euro-Combi im Durchschnitt nur ca. 1,4 Liter mehr Kraftstoff verbraucht als ein herkömmlicher LKW. Bezogen auf das größere Volumen ergibt sich also ein deutlich geringer Verbrauch pro Tonnenkilometer.

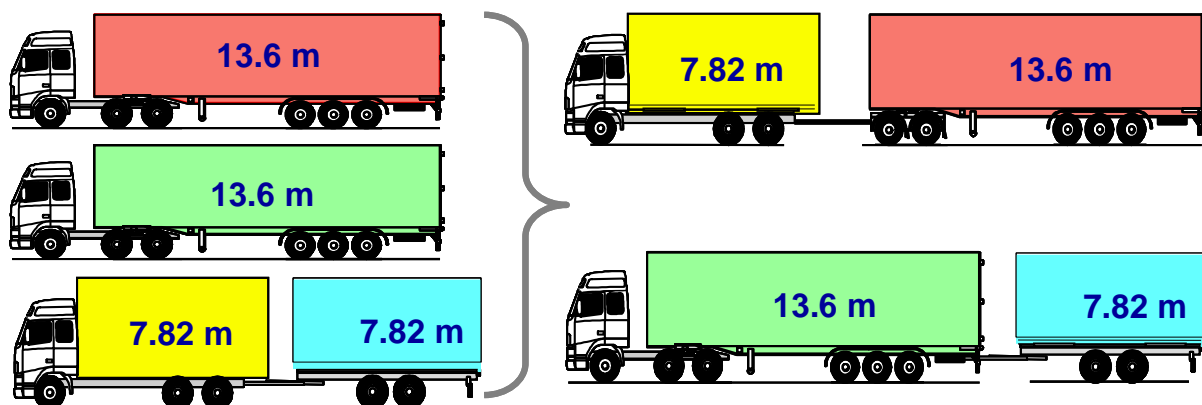


Abbildung 5: Euro-Combi, Quelle: Fahrzeugwerk Bernard KRONE GmbH

Aufgrund einiger Unsicherheiten und Bedenken bezüglich Fahrzeugsicherheit und Belastung der Infrastruktur durch den EuroCombi hat sich das Konzept bisher noch nicht durchsetzen können.

Ein wichtiger Aspekt sind die Auswirkungen durch die erhöhte Gesamtlast. Während sich die Achslast durch die Verteilung des Gesamtgewichts auf mehr Achsen als bei herkömmlichen LKWs von 9 -10 t auf 7,5 - 8,5 t reduziert, steigt die Meterlast an, was sich vor allem auf die Belastung von Brücken auswirkt.

Kritiker sehen in der höheren Gesamtlast eine Gefährdung der Verkehrssicherheit durch einen längeren Bremsweg. Tatsächlich verfügt der EuroCombi über eine bessere

² http://nutzfahrzeuge.krone.de/de/index/coolliner_steel.html

Gesamtbremskraft, die durch eine größere Achs- und Radanzahl erheblich über der von herkömmlichen 40-Tonnern mit lediglich fünf Achsen liegt. Während bei einem 40-Tonner 8 Tonnen pro Achse gebremst werden müssen, sind es bei 60-Tonner mit neun Achsen lediglich 6,67 Tonnen.

Durch das höhere Gesamtgewicht wird sich jedoch der Aufprall auf einen PKW stärker auswirken als bei einem 40-Tonner und man vermutet, dass eine normale PKW-Karosserie dieser Kraft bei einem ungebremsten Auffahrunfall nicht mehr Stand halten könnte. Diese Gefahr kann aber durch die Abstandselektronik und zusätzliche automatische Bremssysteme deutlich verringert werden.

Das Kurvenverhalten des EuroCombi ist im Wesentlichen nicht problematisch, weil er für den Fern- und nicht für den Stadtverkehr konzipiert ist. Auch für überlange Gelenkbusse, die im Stadtverkehr für den Personentransport eingesetzt werden, stellen engere Kurven keine großen Probleme dar.

Problematisch ist allerdings, dass die LKW-Parkplätze auf Autobahnraststätten nicht für die Überlänge ausgerichtet sind und hier eine Anpassung notwendig wäre.

Weitere Informationen hierzu finden sich in der EU-Richtlinie 96/53/EG und unter www.eurocombi.de

4.2 Kraftstoffeinsparung durch Fahrertraining

Eine kraftstoffsparende Fahrweise nützt nicht nur dem Klima und der Umwelt, sondern schont auch das Fahrzeug, erhöht die Sicherheit, entlastet den Fahrer und spart natürlich Geld. 10 bis 12% Kraftstoff lassen sich durch eine wirtschaftliche und vorausschauende Fahrweise einsparen. Mit einer ökonomischen Fahrweise lassen sich bei einem 40-t-Sattelzug die jährlichen Kraftstoffkosten um 2.000 – 6.000 € und die CO₂-Emissionen um 3.800 – 12.600 Kg reduzieren.³

Tipps für energiesparende Fahrweise⁴:

- vorausschauend fahren, frühzeitig die Geschwindigkeit bei Bahnübergängen, Ampeln, Ortsanfängen usw. reduzieren und „rollen lassen“.
 - Nur bis zur Zielgeschwindigkeit beschleunigen
 - Konstante Geschwindigkeit fahren
 - Ausreichend Abstand zum vorausfahrenden Fahrzeug halten
 - Weniger schalten, beim Anfahren und Beschleunigen Gänge überspringen -> Split-Schaltungen reduzieren durch Zugkraftunterbrechung die Geschwindigkeit und verursachen einen stärkeren Verschleiß
 - Vor Bergfahrten früh herunterschalten, weil eine zu geringe Drehzahl nicht energiesparend ist
 - In geringem Drehzahlbereich (800-1000 Umdrehungen) fahren, wenn nur wenig Leistung benötigt wird, z. B. auf ebener Strecke. Das spart Kraftstoff und ist nicht schädlich für den Motor.
 - Motor nicht unnötig im Stand laufen lassen
- ⇒ eine regelmäßige Weiterbildung im Abstand von fünf Jahren über die Dauer von 35 Pflichtstunden, welche neben Ladungssicherung, Fahrsicherheit und Sozial- und Gesundheits- und Arbeitsschutzthemen ein „Eco-Training“ beinhaltet, ist seit dem 10.9.2009 für alle Berufskraftfahrer Pflicht.
- ⇒ Einfache Fahrerschulungen kosten ca. 500 €
- ⇒ Fahrerschulungen sollten einmal pro Jahr wiederholt werden

Schulungen werden z. B. von der TÜV Akademie, dem ADAC, der Dekra-Akademie und einigen Fahrzeugherstellern (z.B. Mercedes-Benz, Renault, Scania) angeboten.

³ Trans aktuell Sonderausgabe 2008

⁴

Eine Überprüfung des Fahrstils ist mit Hilfe von Telematik⁵ möglich. Die Software bietet Tools, um die Ursachen für Verbrauch und Verschleiß zu analysieren. Diese Ergebnisse lassen sich als Basis für ein Prämiensystem für besonders spritsparende Fahrer nutzen und dadurch stärkere Anreize schaffen, den eigenen Fahrstil zu verbessern.

Berechnet man andere Bereiche, die durch Telematiksysteme optimiert werden können, wie Leerfahrtenreduzierung und Auslastungserhöhung mit ein, ergibt sich eine Ersparnis von 5%. Die Kosten für den Einsatz von Telematik betragen ca. 2000 € pro Fahrzeug plus 50 € monatlich für Serviceleistungen.

5. Materialfluss- und Lagersysteme

5.1 Maßnahmen zur Erhöhung der Energieeffizienz im Bereich Fördertechnik

Fördertechnische Anlagen

Fördertechnische Anlagen finden in industriellen Produktionsabläufen, Lager-, Kommissionier- und Materialflusssystemen, Sortier- und Verteilsystemen, der Verpackungstechnik und Umschlagprozessen vielfältige Anwendung.

Ca. 65% des Stromverbrauchs in der Industrie werden von elektrischen Antrieben verursacht. Bei der Auswahl des Förderantriebs ist darauf zu achten, welcher Motor hinsichtlich der Lebenszykluskosten am wirtschaftlichsten ist. Bei der Lebenszyklusbetrachtung müssen folgende Kostenblöcke berücksichtigt werden:

Investitions-, Installations-, Energie-, Bedienungs-, Instandhaltungs-, Produktionsausfall-, Umweltschutz- und Außerbetriebnahmekosten. Die Anschaffungskosten haben einen eher geringen Einfluss auf die Lebenszykluskosten und auch die Installationskosten unterscheiden sich bei Normmotoren kaum. Entscheidend sind dafür die Wartungs- und je nach jährlicher Betriebsstundenzahl die Energiekosten.

Abbildung 6: Energieverluste von Motoren:



Quelle: Günther Volz, Deutsche Energie-Agentur GmbH, Energieeffizienz im Elektrizitätsbereich

⁵ Telematik ist ein zusammengesetzter Begriff aus Telekommunikation und Informatik

Durch Energieverluste an verschiedenen Stellen wird der elektrische Wirkungsgrad eines Förderantriebs reduziert. Energieverluste entstehen z. B. durch den Widerstand in den Kupferdrähten, der zu einer Erwärmung der Motorwicklung führt. Der Verlust ist umso höher, wenn bei der Kupferwicklung an Material gespart wurde. Eisenverluste kommen durch die periodische Ummagnetisierung des Stators⁶ zustande. Weitere Verluste entstehen durch die Rotorwicklung und die Lagerreibung.

Optimierungsmöglichkeiten im Bereich Fördertechnik⁷:

- Einsatz von **hocheffizienten Motoren**
- Reduzierung der **inneren Reibkräfte** des Förderers
- Einsatz von **Synchronantrieben**
- Einsatz von **Stirnkegelradgetrieben**
- Einsatz von **Frequenzumrichtern**
- Optimierung der **Geschwindigkeit** und der **maximalen Bedarfsleistung** der Anlage
- Energieeffizienz in der **Herstellung**

=> Die Summe aller Maßnahmen kann zu 50% weniger Energieverbrauch führen!

1. Einsatz von hocheffizienten Motoren

Nach der freiwilligen Vereinbarung zwischen der Europäischen Kommission und dem Komitee der Hersteller von elektrischen Maschinen und Leistungselektronik (CEMEP) werden Motoren im Leistungsbereich zwischen 1,1 kW und 90 kW in Effizienzklassen eingeteilt:

- Klasse „eff 1“: Hocheffizienzmotoren, hoher Wirkungsgrad für Motoren mit hoher Auslastung empfohlen
- Klasse „eff 2“: im Wirkungsgrad verbesserte Motoren, für Anwendungen mit geringerer Betriebsstundenzahl ausreichend
- Klasse „eff 3“: Motoren entsprechen nicht mehr dem aktuellen Stand der Technik und sollten nicht mehr eingesetzt werden.

Die Effizienzkategorie ist auf dem Typenschild ausgewiesen. Fehlt diese Angabe kann dies ein Hinweis darauf sein, dass der Motor der Klasse „eff 3“ entspricht. Weitere Angaben zum Wirkungsgrad müssen in der Produktdokumentation aufgeführt werden.

Große Motoren mit hoher Nennleistung haben generell wesentlich bessere Wirkungsgrade als kleinere Motoren. Die Energiekosten können durch hocheffiziente Motoren gesenkt werden. Schon bei einer Mehrinvestition von ca. 50 € kann eine Ersparnis von ca. 3% erzielt werden.

2. Reduzierung der inneren Reibkräfte des Förderers

Durch die Reduzierung der inneren Reibkräfte des Förderers (Umlenkungen, Reibwerte, Gurtabtragung usw.) wird die Energieeffizienz erhöht. Je geringer die Reibwiderstände des Förderbandes, desto weniger Strom wird für die Bewegung benötigt.

Das Unternehmen Forbo Siegling GmbH hat beispielsweise ein biegefreundliches Transportband („Amp Miser“) aus Laufseitengewebe mit innovativer Gleitschicht aus Wachs entwickelt, welches durch Reduzierung der Reibwiderstände bis zu 37% Energieeinsparung mit Last und zwischen 10 - 20% ohne Last erzielt. Das Förderband erlaubt längere Förderstrecken mit nur einem Antrieb und hat eine geringere Geräuschentwicklung als herkömmliche Bänder. Es ist besonders für Anwendungen geeignet, bei denen viele Transportbänder eingesetzt werden wie in Logistik- und Verteilzentren und wird in den USA bereits in Flughäfen eingesetzt. In Europa ist es derzeit jedoch wegen strengerer Feuerschutzvorschriften noch nicht einsatzfähig.

⁶ feststehender, unbeweglicher Teil einer elektrischen Maschine

⁷ Deutsche Energie-Agentur GmbH

3. Einsatz von Synchronantrieben

Synchronmotoren haben im Gegensatz zu Asynchronmotoren einen sehr hohen elektrischen Wirkungsgrad und sind deshalb sehr energieeffizient. Allerdings sind die Anschaffungskosten auch vergleichsweise höher, die sich jedoch durch die Energieeinsparung und die geringen Instandhaltungskosten schnell ausgleichen. Synchronmotoren sind in der Fördertechnik zurzeit noch wenig verbreitet, werden aber bei steigenden Energiepreisen an Bedeutung gewinnen. Hersteller stellen eine Energieeinsparung von ca. 20 % in Aussicht.

4. Einsatz von Stirnkegelradgetrieben

Bei Anwendungen mit niedrigen Drehzahlen sind den Elektromotoren Getriebe nachgeschaltet, die als Verstärker wirken und ein größeres Drehmoment liefern. Im Getriebe entstehen durch Reibung, Verzahnung und Abdichtung zwischen Motor und Getriebe Verluste, die den Wirkungsgrad reduzieren. Es werden Stirnrad-, Kegelrad-, Stirnkegelrad- und Schneckengetriebe verwendet. Stirnkegelradgetriebe haben den höchsten Wirkungsgrad von ca. 95 %. Auch Stirnrad- und Kegelradantriebe haben einen guten Wirkungsgrad, während Schneckengetriebe einen deutlich schlechteren Wirkungsgrad im Bereich zwischen ca. 50-90 % aufweisen.

5. Einsatz von Frequenzumrichtern bzw. -umformern

Bei dynamischen Anwendungen mit periodischer Beschleunigung und Bremsung lassen sich durch den Einsatz von Frequenzumformern in erheblichem Maße Energieverluste in fördertechnischen Anlagen vermeiden. Mithilfe der Frequenzumformer wird den Motoren nur so viel Energie zugeführt wie sie gerade tatsächlich für ihre Funktion benötigen und sie ermöglichen eine fast verlustfreie Drehzahl- und Drehmomentenregelung. Ohne Frequenzumformer ist der Einsatz eines Motors mit höherer Nennleistung⁸ notwendig, als dies für den stationären Betrieb erforderlich wäre, damit die Leistung bei einem hohen Anfahrmoment gewährleistet ist. Umrichter steigern somit die Leistungsausbeute des Motors. Mit besonderen Umrichtern kann außerdem die Bremsenergie wieder ins Netz zurückgespeist werden. Durch die Drehzahlsteuerung wird nicht nur Energie gespart, sondern auch der Verschleiß mechanischer Bauteile und damit die Instandhaltungskosten reduziert und der Geräuschpegel verringert.

Der Einsatz ist dort sinnvoll wo die Last von der Drehzahl⁹ abhängt und eine bestimmte Mindest-Jahresbetriebsdauer erreicht wird. Drehzahlveränderliche Antriebe sollten nicht in Anlagen zur Anwendung kommen, die größtenteils bei voller Last laufen. „Der Einsatz von wirkungsgradverbesserten und hocheffizienten Elektromotoren sowie die Verwendung von Frequenzumrichtern zur elektronischen Drehzahlregelung kann den Stromverbrauch in der deutschen Industrie um ca. 8 Prozent reduzieren.“ (Deutsch Energie Agentur – Dena: Infoblätter Fördertechnik: Elektrische Motoren und Antriebssysteme, S. 6)

Die Kosten für einen Umrichter sind dabei wesentlich höher wie die Mehrkosten für einen hocheffizienten Motor. Bei hoher Auslastung der Anlagen sind die Amortisationszeiträume für beide Maßnahmen jedoch sehr kurz, im Extremfall unter einem Jahr.

6. Optimierung der Geschwindigkeit und der maximalen Bedarfsleistung der Anlage

Soweit die Anwendung es erlaubt, sollten Motoren nur bei Bedarf betrieben werden und die Motorleistung sollte an die benötigten Leistungsanforderungen angepasst werden. Häufig wird bei der Leistungsbetrachtung der Spitzentag im Jahr herangezogen und auf die angenommene Steigerung der nächsten 5 Jahre prognostiziert. Es ist jedoch ratsam zu prüfen, ob es möglich ist den Spitzentag beispielsweise durch manuelles Handling oder Überstundenmodelle abzufangen und sich dann für eine Anlage mit geringerer Leistung zu entscheiden. Besonders bei geringem oder stark schwankendem Leistungsbedarf sollten die Anlagen mit reduzierter Geschwindigkeit fahren und die maximale Bedarfsleistung reduziert

⁸ Die vom Hersteller angegebene Leistung eines Gerätes, die dieses aufnehmen oder abgeben kann. Sie wird meist als die maximal im Dauerbetrieb erreichbare Leistung angegeben.

⁹ Umdrehungen pro Zeiteinheit

werden. Dieses Vorgehen ist zwar mit höheren Investitionen und einem Mehraufwand in der Steuerung verbunden, ermöglicht neben der Energieeinsparung auch eine höhere Lebensdauer der Anlage.

7. Energieeffizienz in der Herstellung

Auch bei der Herstellung von Förderanlagen lässt sich der Energiebedarf reduzieren, indem die Produktion in hochmodernen Fertigungsanlagen erfolgt. Die Verwendung von Stahlblech statt Aluminium als Grundmaterial ist vorzuziehen, weil für die Aluminiumproduktion große Energiemengen benötigt werden.

Weitere Informationen zu energieeffizienten Förderanlagen sind z.B. bei dem Unternehmen vanderlande¹⁰, Hersteller für automatische Materialflusssysteme, erhältlich. Detaillierte Informationen zu Antrieben finden sich bei der Deutschen Energie Agentur www.dena.de

Druckluft / Pneumatik

Druckluft oder Pneumatik wird in der Produktion, der Steuerungs- und Automatisierungstechnik sowie für den Transport, z.B. beim Umlenken von Objekten auf Transportbändern, eingesetzt.

Druckluft ist eine teure Energie: die Stromkosten für Anlagen mit wenigen Betriebsstunden betragen ca. 20% der Betriebskosten, bei permanent betriebenen Anlagen sind es bis zu 80%.

Tabelle 2: Kostenfaktoren nach Betriebsstunden

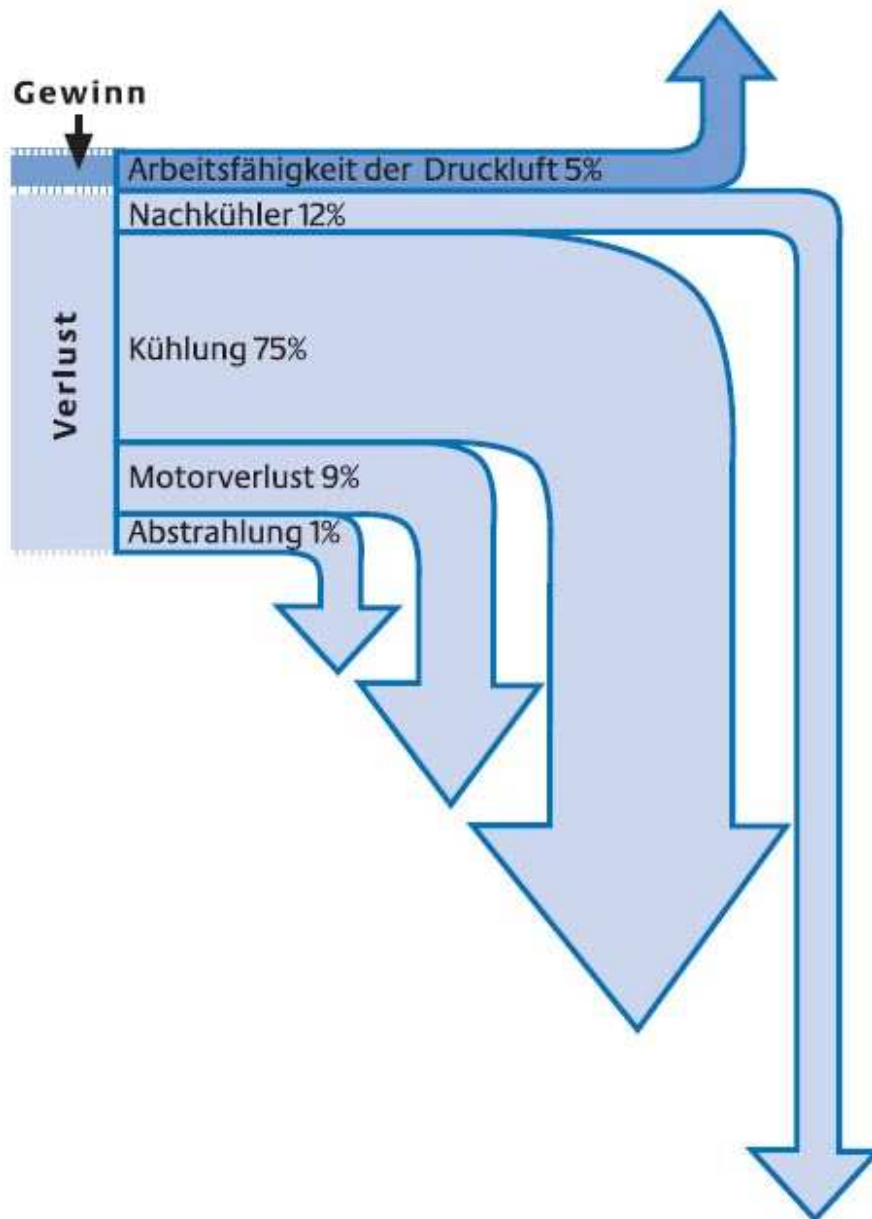
Kostenfaktoren	Betriebsstunden pro Jahr, Kosten in %		
	2000	4000	7500
Wartung und Instandhaltung	2	2,5	2,7
Energiekosten	73	84	87
Kapitaldienst	25	13,5	10,3

Quelle: www.druckluft.de

Dabei ist der Einsatz von Druckluft nicht energieeffizient und es wird meist nur ein Wirkungsgrad von ca. 5 % erreicht.

¹⁰ www.vanderlande.de

Abbildung 7: Energieverluste bei Druckluft



Quelle: www.druckluft.de

Trotz der geringen Energieeffizienz ist der Einsatz von Druckluftanwendungen wirtschaftlich, weil die Anschaffungskosten geringer sind als bei elektrischen Antrieben und eine sehr hohe Produktivität erreicht wird. Die Kompressoren, die für die Erzeugung von Druckluft eingesetzt werden, erzeugen sehr viel Wärme. „Allein ein 18,5 kW-Kompressor erzeugt so viel Wärme, dass man damit mühelos ein Einfamilienhaus beheizen könnte.“¹¹

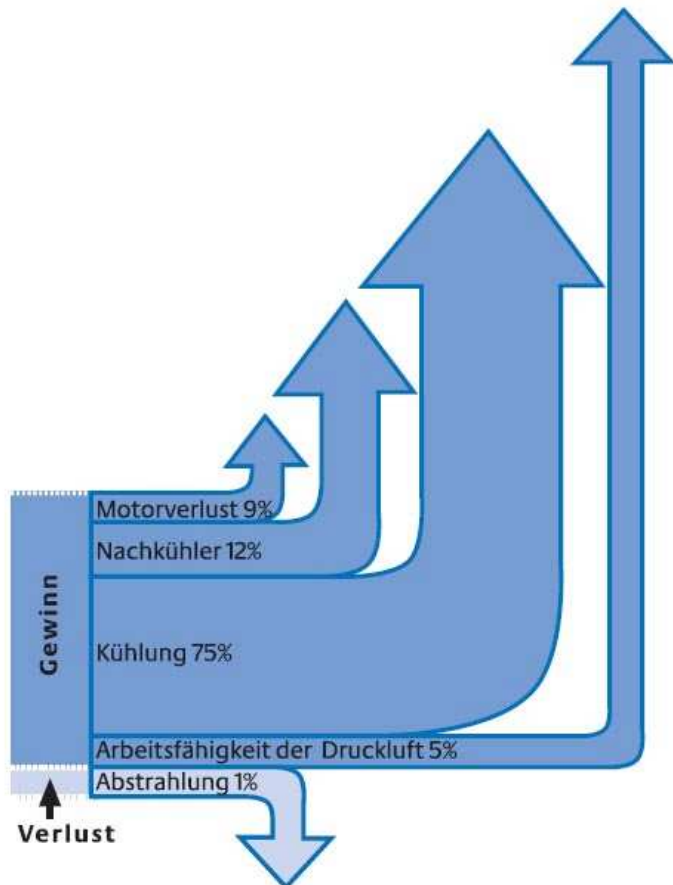
Wärmerückgewinnungsanlagen

Mit Hilfe von Wärmerückgewinnungsanlagen kann diese Wärme wirtschaftlich genutzt werden und die Investitionskosten für solche Anlagen amortisieren sich bereits nach ca. 2 Jahren. Voraussetzung ist, dass diese korrekt geplant und ausgeführt wird und die Wärme an Ort und Stelle verwendet werden kann.

¹¹ www.druckluft.de

Die vom Kompressor erzeugte Wärmemenge ist so groß, dass sie die Umgebungsluft zu stark erhitzt und abgeführt werden muss, um die Betriebfähigkeit der Anlage nicht zu gefährden. Die zulässigen Temperaturen im Kompressorraum liegen zwischen +5 °C und +40 °C. Die Abwärme des Kompressors entspricht fast der gesamten elektrischen Energie, die diesem zugeführt wird. Bis zu 90% der dem Kompressor zugeführten Energie kann als nutzbare Wärme zurückgewonnen und für die Beheizung und weitere Prozesszwecke genutzt werden.

Abbildung 8: Energienutzen bei maximaler Wärmerückgewinnung



Quelle: www.druckluft.de

Nutzungsmöglichkeiten bei der Wärmerückgewinnung:

1. Luftheizung:

Die direkte Nutzung der Wärme als Luftheizung ist am wirtschaftlichsten, weil die gesamte Wärme, auch die vom Kompressor abgestrahlte Wärme, genutzt werden kann und nur geringe Investitionen für die Rückgewinnung benötigt werden. Voraussetzung hierfür ist ein luftgekühlter Kompressor. Die über den Kompressor geführte Kühlluft wird durch Kanäle abgeführt. Idealerweise sind die Wege kurz und es werden isolierte Kanäle verwendet, um Druck- und Wärmeverluste zu vermeiden.

2. Heizwassererwärmung:

Bei Kompressoren mit Öleinspritzung kann ca. 72% der zugeführten elektrischen Energie in Form von Wärme durch das Öl abgeführt werden. Durch einen Wärmeumtauscher (meist Plattenwärmeumtauscher) wird das Heizungswasser um 50 K^{12} bis zu 70 °C erwärmt.

3. Brauchwassererwärmung:

Das heiße Kompressoröl kann auch zur Brauchwassererwärmung eingesetzt werden, wobei ein deutlich höherer Rückgewinnungsgrad als bei der Heizwassererwärmung erzielt werden kann, weil der Bedarf an Brauchwasserwärme über das Jahr in etwa konstant ist. Das Brauchwasser kann um ca. 35 K auf ca. 55 °C erwärmt werden.

Neben der Wärmerückgewinnung sind für die Energieeffizienz einer Druckluftanlage natürlich auch die Reduzierung des Druckluftverbrauchs und die Erhöhung des Wirkungsgrades von besonderer Bedeutung. Zwar reduziert sich dadurch auch die nutzbare Wärme, aber diese lässt sich wirtschaftlicher durch eine Gebäudeheizung ersetzen. Für die Erzeugung einer Kilowattstunde Strom wird in einem Kraftwerk fast dreimal soviel Primärenergie benötigt wie für eine Kilowattstunde Heizwärme.

Bei der Reduzierung des Druckluftverbrauchs ist auf Druckverluste durch Strömungswiderstände, Leckagen und Qualitätsminderung durch Rost, Schweißzunder, usw. zu achten. Druckverluste lassen sich durch die Wahl des optimalen Leitungsdurchmessers und der optimalen Auslegung des Druckluftsystems verhindern. Hierbei müssen die Hauptleitung, die Verteilerleitungen, die Anschlussleitungen und das Anschlusszubehör berücksichtigt werden.

Bei optimal ausgelegten Druckluftnetzen betragen die Verluste für jeden Fließweg

≤ 0,03 bar in der Hauptleitung

≤ 0,03 bar in den Verteilerleitungen

≤ 0,04 bar in den Anschlussleitungen

≤ 0,3 bar beim Anschlusszubehör.

Bei zu geringen Leitungsdurchmessern entstehen Druckverluste und dadurch höhere Energie- und Wartungskosten und eine geringere Lebenserwartung der Anlagen. Bei einer Druckunterversorgung sinkt die Produktivität, ein zu hoher Druck führt zu Verschleiß und Leckage. Bei veralteten Druckluftnetzen mit nicht optimalen Leitungsdurchmessern, nicht korrosionsbeständigen Materialien und unterschiedlichen Verbindungsarten kann die Leckagerate zwischen 25 und 35 % betragen.

Tabelle 3: Jährliche Energiekosten durch Leckage

Lochdurchmesser mm	Luftverlust bei		Energieverlust bei		Kosten bei	
	6 bar [l/s]	12 bar [l/s]	6 bar [l/s]	12 bar [l/s]	6 bar [EUR]	12 bar [EUR]
1	1,2	1,8	0,3	1,0	144	480
3	11,1	20,8	3,1	12,7	1.488	6.096
5	30,9	58,5	8,3	33,7	3.984	16.176
10	123,8	235,2	33,0	132,0	15.840	63.360

Quelle: www.druckluft.de

¹² Kelvin: Einheit zur Messung der Temperaturdifferenz

Große Einsparpotenziale in der Druckluftverteilung können auf Basis einer schnellen Grobdiagnose wie folgt ermittelt werden:

- ⇒ Messung der Luftqualität
- ⇒ Messung von Leckageraten
- ⇒ Messung von Druckabfällen

5.2 Optimierung im Bereich Lagersysteme

Flurförderzeuge

Entwicklungen zur Steigerung der Energieeffizienz bei Motoren, alternative Antriebstechniken wie Hybride und Bremsenergieerückgewinnung lassen sich selbstverständlich auch im Bereich der Flurförderzeuge anwenden.

Ein Beispiel ist der Gabelstapler Blue-Q der Firma Still, ein dieselelektrischer Hybridantrieb bestehend aus einem Verbrennungsmotor, der den Generator antreibt, einer Steuereinheit und einem Elektromotor. Sein Kraftstoffverbrauch beträgt 2,0 Liter pro Stunde.

Auch die Firma Jungheinrich hat einen Niederhubwagen mit neuem Energiespeicher- und Antriebskonzept aus Lithium-Ionen-Akku plus Direktantrieb entwickelt. Der Direktantrieb, eine Weiterentwicklung der Drehstromtechnologie, ermöglicht in Verbindung mit den LI-Batterien deutlich größere Fahrzeug-Reichweiten und kürzere Ladezeiten als zuvor. Durch Direktantrieb ist der Einsatz eines Getriebes nicht mehr notwendig, wodurch eine Geräuschreduzierung und ein höherer Wirkungsgrad erreicht werden. LI-Batterien weisen im Vergleich zu Bleibatterien viele Vorteile auf wie die deutlich höhere Effizienz im Lade- und Entladeverhalten, einen Wirkungsgrad von fast 100% (im Gegensatz zu 85% bei Bleibatterien), eine doppelt so lange Lebensdauer und Wartungsfreiheit. Außerdem brauchen sie verglichen mit Bleibatterien lediglich ein Drittel des Bauraums und wiegen nur ein Viertel. Der Nachteil liegt aber in den schlechteren Recyclingmöglichkeiten.

Das Modell bietet eine Alternative zu den noch in der Forschung befindlichen Wasserstoff-Brennzellen¹³, die und erzielt verglichen mit einem konventionellen Gerät bei gleicher Leistung mindestens 15% Energiekosteneinsparung.

Energierückgewinnung bei Staplern lässt sich beim Bremsen und Absenken der Last realisieren.

Lifte

Der „Lean-Lift“ der Firma Hänel kann mit Hilfe eines Frequenzumformers die Energie des herabfahrenden Extraktors in elektrische Energie umwandeln, die dann wieder zurück ins Netz gespeist und an anderer Stelle genutzt werden kann. Hierdurch können bis zu 40% der für die Aufwärtsbewegung im Vertikallift benötigten Energie wieder zurückgewonnen werden.

5.3 Einsparung von Verpackungsmaterial

Durch die Einsparung von Verpackungsmaterial werden Ressourcen geschont und Transportvorgänge für die Entsorgung von Abfällen reduziert.

Möglichkeiten ergeben sich durch:

- die Wiederverwendung von Verpackungsmaterial, z. B. Kartons
- Einsatz von Mehrfachbehältern, z. B. Pfandkisten

¹³ Ein großer Nachteil von Wasserstoff-Brennstoffzellen ist, dass bei Erzeugung, Transport und Lagerung von Wasserstoff sehr viel Energie aufgewendet werden muss.

- Einsatz von wieder verwendbaren Verpackungshilfsmitteln, z. B. Spanngummies statt Strechfolie
- Einsatz von Software zur Berechnung der optimalen Verpackung (siehe Unterpunkt Laderaumoptimierung)

5.4 Gebäudebezogene Maßnahmen im Lager

Kühltechnik

Beim Lagern von Lebensmitteln in Kühllagern ist zunächst eine optimale Isolierung der Wände und Tore durch hochwertiges Dämmmaterial und eine entsprechende Wandstärke entscheidend. Sind unterschiedliche Temperaturbereiche im Lager vorhanden, sollte sich das kälteste Lager im Inneren des Gebäudes befinden. An den Laderampen lassen sich Kälteverluste durch vollgekapselte oder isolierte Laderampen vermeiden. Für die Beleuchtung sollte möglichst Tageslicht genutzt werden, weil die von den Lampen abgestrahlte Wärme zusätzlich heruntergekühlt werden muss.

Tabelle 4: Einsparpotentiale in der Kältetechnik

Maßnahme	Einsparpotenzial
Verminderung des Kältebedarfs	
Systemoptimierung	8 - 10%
Betriebs- und Wartungsmaßnahmen	4 - 8%
stärkere Wärmedämmung	5 - 10%
Wärmerückgewinnung	80% (der Wärme)
effiziente Geräte/Beleuchtung in Kühlräumen	2%
Benutzung von effizienten Geräten und Anlagen	
Antriebe mit Drehzahlregelung für Verdichter, Ventilatoren und Pumpen	4 - 6%
Hocheffizienzmotoren für den Ventilator am Verdampfer	2 - 5%
Hocheffizienter Kältekompressor	2 - 5%
Hocheffizienzmotoren für den Ventilator am Kondensator	2 - 5%
Richtige Bedienung und Vermeidung unnötiger Temperaturen	
Reinigung der Wärmeübertragerflächen	3%
Steuerung des Verdichtungsdruckes am Kältekompressor	10 - 15%
Abtasteuerung	5%

Quelle: Österreichische Energieagentur; dena

Heiztechnik im Lager

Wird nachgeliefert

Beleuchtung im Lager

6. Transportorganisation

6.1 Transportverlagerung, -bündelung und -vermeidung

Kombinierter Verkehr (KV)

Kombinierter Verkehr bezeichnet den Transport von Gütern in Ladeeinheiten (Wechselbehälter, Container oder Sattelanhänger), bei dem auf der Gesamtstrecke mindestens zwei Verkehrsträger genutzt werden. Der größte Teil der Gesamtstrecke (der Hauptlauf zwischen den KV-Terminals) wird mit der Eisenbahn oder dem Schiff und der anderen, möglichst kurze Teil (der Nachlauf von und zu den Terminals) mit dem LKW durchgeführt. Wesentliches Merkmal des KV ist, dass beim Wechsel der Verkehrsträger nicht die Güter selbst, sondern die beladenen Ladeeinheiten umgeschlagen werden. Es besteht auch die Möglichkeit die beladenen Lastkraftwagen direkt auf die Schiene, als Rollende Landstraße bezeichnet, oder das Schiff zu verladen. Durch den Kombinierten Verkehr werden die Vorteile aller Verkehrsträger optimal genutzt: die örtliche und zeitliche Flexibilität des LKWs bei der Bedienung der Fläche und der kostengünstige, effektive und umweltfreundliche Transport großer Gütermengen über längere Strecken mit Bahn und Schiff.



Abbildung 9: KV-Umschlaganlage, Quelle: www.qvz-emsland.de



Abbildung 10: Rollende Landstraße, Quelle: www.kombiverkehr.de

Der KV bietet neben dem ökologischen Aspekt und der Entlastung der Straßen auch eine Reihe wirtschaftlicher Vorteile. Dazu zählen:

- Fahrzeuge, die im Vor- und Nachlauf des KV eingesetzt werden, dürfen ein Gesamtgewicht von 44 t statt 40 t haben, dadurch lassen sich Fahrten reduzieren
- Befreiung von der Kfz-Steuer bei Fahrzeugen, die ausschließlich im Vor- und Nachlauf des KV eingesetzt werden
- z.T. Ausnahmeregelungen bei Fahrverboten
- Reduzierung der Fahrzeugkosten durch Abnutzung, Treibstoff, Reparaturen
- freie Fahrzeug- und Personalkapazitäten
- Mautgebühr für den Hauptlauf entfällt
- vereinfachte Einhaltung der Arbeitszeitverordnung für Fahrpersonal

Der wirtschaftliche Vorteil des Kombinierten Verkehrs kommt ungefähr ab einer Entfernung von 500 km zum Tragen. Er spielt deshalb besonders bei Transporten von den Nordsee-Häfen zu den Mittelmeerhäfen und im Ost-West-Verkehr eine starke Rolle. Der größte Teil des KV besteht aus der Kombination Straße/Schiene. Im Seehafenhinterlandverkehr ist aber auch das Binnenschiff von Bedeutung, das sich besonders für zeitunkritische Güter auf Distanzen zwischen 50 und 200 Kilometern eignet. Der KV Straße/Schiene hat im Seehafenhinterlandverkehr bei Entfernungen über 300 km einen Marktanteil von ca. 80%.

Auf dem deutschen Schienennetz werden jährlich etwa 30 Mio. Tonnen Güter mit Zügen des kombinierten Verkehrs befördert – das entspricht dem Transportvolumen von mehr als 7.000 Lkw-Fahrten täglich im deutschen Fernstraßennetz. Auf dem Rhein werden jährlich fast 1 Mio. Containereinheiten per Binnenschiff abgefahren, was etwa 2.000 Lkw-Fahrten täglich im Fernstraßennetz entspricht. Der Anteil des Kombinierten Verkehrs an der Transportleistung im Straßengüterfernverkehr über mehr als 300 km liegt bei ca. 20 %.

Weitere Informationen unter www.kombiverkehr.de

⇒ Wichtige Institutionen:

Deutsche Umschlaggesellschaft Schiene-Straße (DUSS) GmbH

Kombiverkehr – Deutsche Gesellschaft für kombinierten Güterverkehr mbH & Co. KG

Transfracht – Internationale Gesellschaft für kombinierten Güterverkehr mbH

Güterverkehrszentrum

Unter Güterverkehrszentren (GVZ) versteht man Logistikzentren, in denen Güter zwischen unterschiedlichen Verkehrsträgern umgeladen, für Ladungen zusammengestellt und für Transportfahrten vorbereitet werden. Es sind Gewerbegebiete mit verkehrswirtschaftlichen Betrieben, Logistikdienstleistern und logistik-intensiven Industrie- und Handelsunternehmen. Eine wichtige Funktion von GVZs ist die Verknüpfung von Nah- und Fernverkehr und von mindestens zwei Verkehrsträgern (meist Straße und Schiene -> bimodales GVZ) oder idealerweise drei Verkehrsträgern (Straße, Schiene, Wasserstraße -> trimodales GVZ).

GVZs befinden sich in verkehrsgünstiger Lage in der Nähe von Ballungsgebieten und verfügen über ein vielfältiges Angebot an logistischen Dienstleistungen.

Die Bündelung und verbesserte Organisation der Güterströme trägt zur Verkehrsvermeidung und -beruhigung, der Entlastung der Innenstädte vom Schwerverkehr und einer Entlastung und optimalen Nutzung der Verkehrsträger bei. Ansässige Unternehmen profitieren von den Standortvorteilen und den Synergieeffekten durch Kooperationen.



Abbildung 11: GVZ Bremen, Quelle: www.wfb-bremen.de

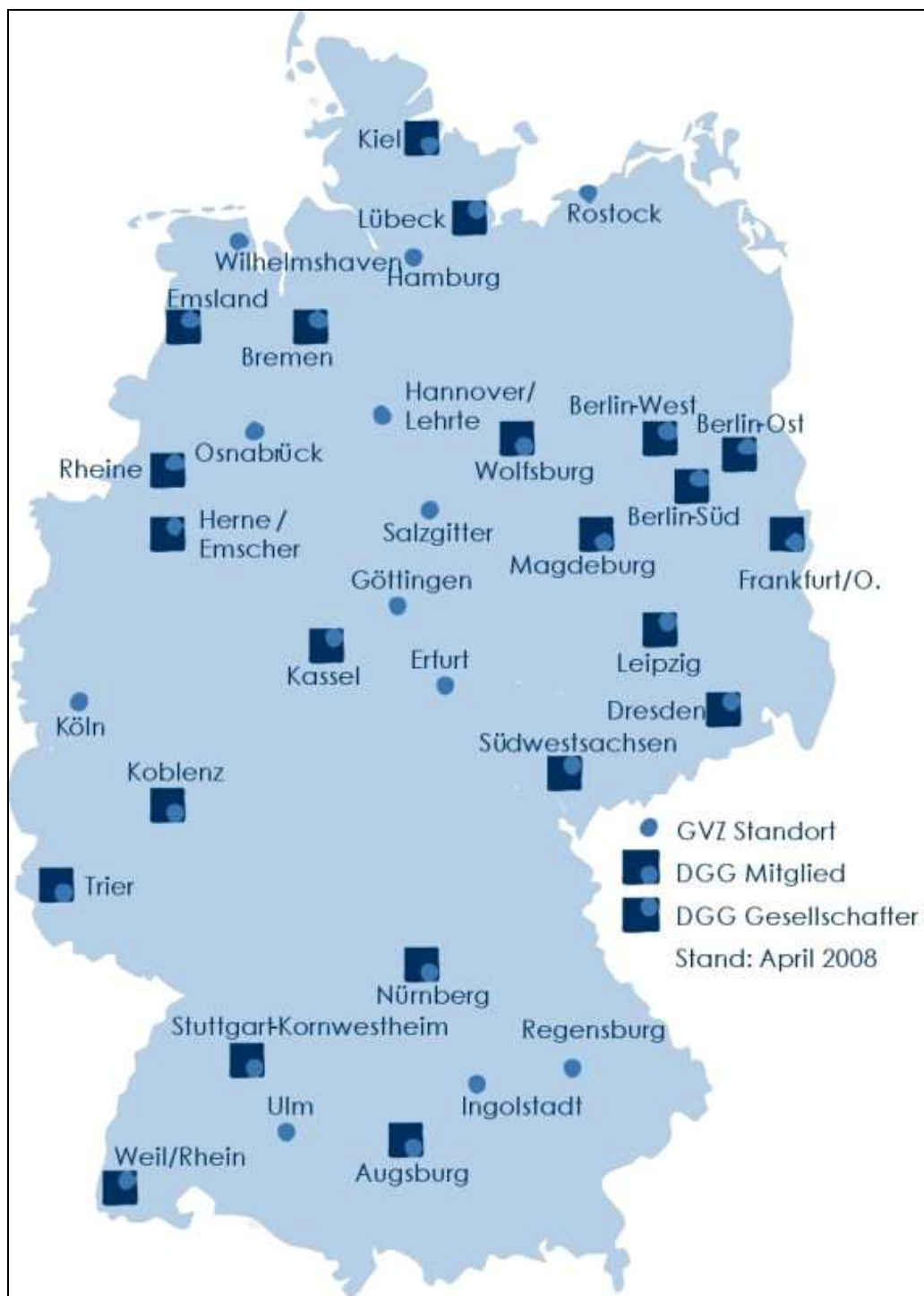


Abbildung 12: GVZ Standorte in Deutschland (Quelle: www.gvz.org.de)
 Weitere Informationen: www.gvz-org.de

Sonderfall: Die Güterstraßenbahn in Dresden

In Dresden existiert seit 2001 eine Güterstraßenbahn, CarGoTram, die das Volkswagenwerk mit dem Güterverkehrszentrum Dresden verbindet. Das Volkswagenwerk in Dresden ist eine „Gläserne Manufaktur“, in dem die Automobilproduktion von außen sichtbar ist. Das Werk befindet sich deshalb in der Nähe des Stadtzentrums und der Altstadt. Um die Innenstadt

nicht durch den zusätzlichen Güterverkehr zu belasten, wurde das stadt- und umweltfreundliche Konzept der Güterstraßenbahn umgesetzt. Die CarGoTram liefert außer der Karosserie alle Automobilkomponenten vom GVZ durch das Stadtzentrum zur Manufaktur und nutzt dabei das normale Straßenbahn-Gleisnetz. Die Züge haben eine Länge von 60m, können 60 Tonnen Güter transportieren und entlasten das Stadtzentrum dadurch pro Fahrt um drei LKW-Fahrten. Weitere Informationen sind bei den Dresdner Verkehrsbetrieben unter www.dvb.de abrufbar.

City-Logistik

Der Anstieg des Güterverkehrs wirkt sich nicht nur auf den Fernverkehr aus: ca. ein Drittel des städtischen Wirtschaftsverkehrs wird heute vom Güterverkehr verursacht. Die Forderungen der Industrie nach Just-in-Time Belieferung, denen des Handels nach einer Belieferung innerhalb von 24 h und wachsende Anforderungen der Kunden an Qualität, Produktvielfalt und Lieferzeiten bewirken eine häufige Anlieferung in kleinen Mengen. Bedingt durch die hohen Ladenmieten im Innenstadtbereich wandelt der Handel seine Lagerflächen häufig in Verkaufsflächen um und verstärkt damit die Notwendigkeit für kleinere und häufigere Bestellungen. Diese Entwicklungen sind mit negativen Auswirkungen wie Luftverschmutzung, Lärmbelästigung und Verursachung von Staus verbunden und führen zu einer geringen, ineffizienten Fahrzeugauslastung und einem hohen Anteil an Leerfahrten. Hinzu kommt, dass die Transportunternehmen durch die bestehenden Lieferzeitrestriktionen häufig mit halbvollen Fahrzeugen in die Innenstadt fahren müssen, weil sie sonst die Termine nicht einhalten können.

In City-Logistik-Terminals werden Sendungen mehrerer Lieferanten gebündelt und von einem Zusteller an die Empfänger verteilt. Hierdurch werden Transporte vermieden, Touren optimiert und die Auslastung der Fahrzeuge verbessert, womit ein wichtiger Beitrag zu Reduzierung der verkehrsbedingten CO₂-Emissionen geleistet wird.

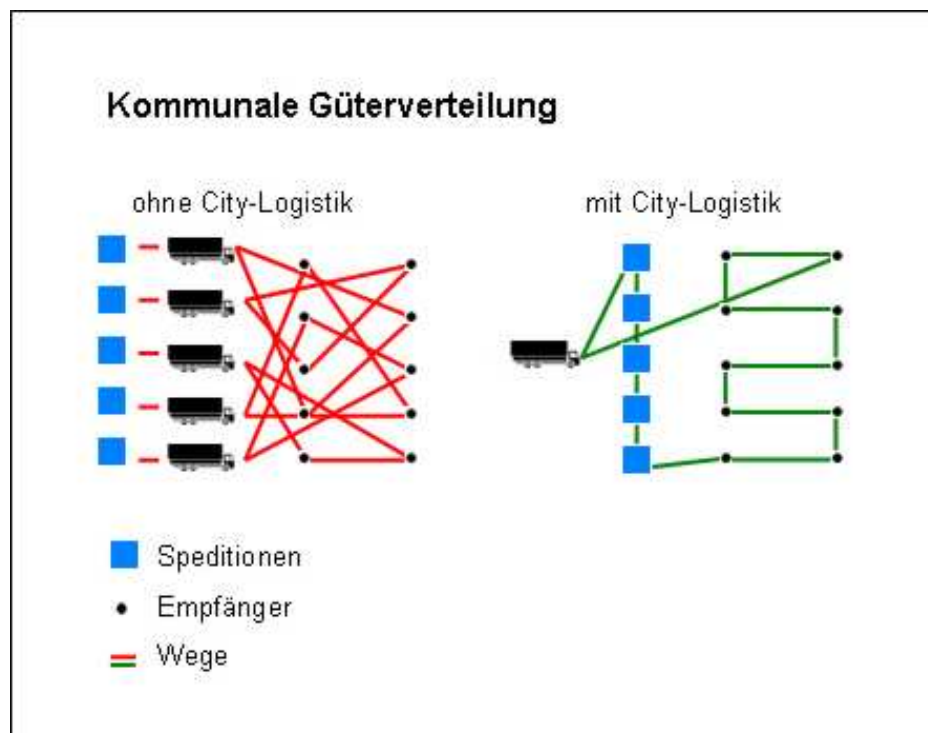


Abbildung 13: Das Konzept der City-Logistik (Quelle: www.dena.de)

In einigen deutschen Städten wie Berlin, Bremen, Frankfurt, Freiburg, München und weiteren wurden deshalb bereits Ende der 80er / Anfang der 90er Jahre City-Logistik-Konzepte entwickelt und umgesetzt. Aufgrund vielfältiger Schwierigkeiten wie zusätzlichen Kosten durch Umschlag und Bündelung, organisatorischem Mehraufwand, zu geringem Aufkommen

und mangelnder Bereitschaft zur Kooperation wurden die Projekte in vielen Städten jedoch wieder eingestellt. Ein bis heute erfolgreiches Beispiel ist die Regensburger City-Logistik, in der fünf Speditionen beteiligt sind. Durch die gemeinsame Belieferung der Altstadt werden statt fünf nur noch ein LKW eingesetzt und es wurden innerhalb von 10 Jahren nach Gründung der Initiative im Jahr 1998 43.000 LKW-Kilometer, 6.500 Liter Diesel und dadurch 10 Tonnen CO₂ eingespart.¹⁴

Neues Konzept für eine grüne City-Logistik:

EEELZ - Energiesparendes Erlebnis-Einkaufs- und Logistikzentrum

Durch die Kombination eines Einkaufszentrums mit einem Logistikzentrum lässt sich der Nutzen der City-Logistik verstärken, indem die Transportwege minimiert werden. Das Zentrum dient der Belieferung der Unternehmen und Geschäfte im Innenstadtbereich mit Einsatz von energieeffizienten Transportmitteln wie Elektro- und Hybridfahrzeugen. Das EEELZ-Konzept trägt darüber hinaus zur Attraktivitätssteigerung und Belebung der Innenstadt bei, lockt Kaufkraft an und wirkt Ansiedlungen „auf der grünen Wiese“ entgegen. Dies wiederum reduziert den städtischen motorisierten Individualverkehr durch kürzere Anfahrtswege und die bessere ÖPNV-Anbindung zum Stadtzentrum.



Abbildung 14: perspektivische Ansicht für den Gebäudekomplex des EEELZ, Quelle: Logis.Net

Das Lager-Logistikzentrum ist geplant als automatisches Hochregallager, an welches sich das Einkaufszentrum mit verschiedenen Ebenen anschließt, in dessen Inneren eine spiralförmige Rampe von unten bis in das oberste Stockwerk führt. Über die Rampe können nicht nur Kunden die Geschäfte erreichen, sondern auch Elektrofahrzeuge, welche die Läden direkt vom integrierten Lager aus bedienen. Beim Herunterfahren kann durch das Bremsen der Fahrzeuge Energie wieder zurück gewonnen werden. Die Trennwand zwischen

¹⁴ www.reglog.de/

Lager und Einkaufszentrum wird aus einer Glasfront gebildet, durch die der Lagerbetrieb betrachtet werden kann.

Transportkooperationen

Transportkooperationen lassen sich nicht nur mithilfe von City-Logistik- oder Güterverkehrszentren organisieren, sondern es sind auch davon unabhängig Kooperationen zwischen einzelnen Unternehmen möglich. Die Unternehmen können somit durch Leerfahrtenreduzierung, optimierten Einsatz der Fahrzeuge und optimierte Ausnutzung des Laderaums nicht nur die Umwelt schonen, sondern gleichzeitig die Kosten für Fahrzeuge und Fahrpersonal reduzieren.

Die folgenden Beispiele verdeutlichen die verschiedenen Möglichkeiten von Transportkooperationen:

Beispiel 1: Kooperation zwischen Anbietern von Tiefkühlwaren in der Overnight Tiefkühl-Service GmbH in Osnabrück

Hersteller wie Coppenrath & Wiese, apetito, Dr. Oetker, Schöller, Wiesenhof und andere Unternehmen nutzen ein gemeinsames Handelszentrallager, die Overnight Tiefkühl-Service GmbH in Osnabrück, das den Warenumsatz zum Handel organisiert und den Herstellern wesentliche Arbeitsschritte abnimmt. Die Transportkooperation zwischen den beteiligten Unternehmen ermöglicht die Lieferung von möglichst großen Mengen pro Anlieferung. Hierdurch können die Unternehmen die Anlieferungsfrequenz senken und gleichzeitig geringe Bestände in den Lagern der Händler garantieren. Durch die Kooperation können sie auch ihre saisonalen Nachfrageschwankungen ausgleichen: die Kuchen und Torten von Coppenrath & Wiese werden besonders um Ostern und Weihnachten, das Eis von Schöller hauptsächlich im Sommer nachgefragt. Die gemeinsame Distribution spart Fahrten ein und stärkt außerdem die Position der Hersteller gegenüber dem Handel.¹⁵

Beispiel 2: Frachtpartnerschaft zwischen Berentzen und Melitta

Die unterschiedlichen Produkte der Firmen Berentzen und Melitta eignen sich ideal für eine Transportkooperation: schwere Spirituosenflaschen und leichte Filtertüten ergeben ein optimales Verhältnis zwischen Gewicht und Volumen. Die LKW können dadurch besser ausgelastet werden und die Anzahl der Transporte hat sich um 10-15 % reduziert.

Beispiel 3: Distributionskooperation in der Konsumgüterbranche

Die Unternehmen Beiersdorf, Colgate Palmolive, Schwarzkopf Henkel, Wella, GlaxoSmith-Kline und Johnson Wax haben sich zusammengeschlossen um Stückgut gemeinsam an die Handelspartner auszuliefern und erreichen dadurch Einsparungen von 7-30%. Die Einsparung ist abhängig vom Volumen der gemeinsam zugestellten Sendungen. Jede Bündelung wird dokumentiert und unter den Mitgliedsunternehmen verrechnet. Die Ware wird von den Zentrallagern der Hersteller abgeholt und an einen der 14 Umschlagsniederlassungen des Logistikdienstleister tts Global Logistics gebracht, dort neu zusammengestellt und zu einem zweiten Umschlagpunkt transportiert, von dem aus die Feinverteilung durchgeführt wird.

Elektronische Frachtenbörsen

Im Internet findet sich eine Vielzahl an Frachtenbörsen, in denen Transportangebote und – gesuche gegen ein entsprechendes Nutzungsentgelt aufgegeben werden. Frachtenbörsen werden einerseits von Speditionen und Transportunternehmen in Anspruch genommen, die Transportgüter für bestimmte Touren suchen und andererseits von Herstellern bzw. Verladern, die Transportmöglichkeiten für ihre Waren benötigen. Das Ziel ist es, die

¹⁵ www.spedition-overnight.de

Auslastung der Fahrzeuge zu erhöhen und dadurch die Transportkosten zu minimieren. Das führt außerdem zu einer Fahrtenreduzierung und Vermeidung von Leerfahrten, weil die Transportunternehmen mit Hilfe der Frachtenbörsen leichter Rückladungen finden können.

Siehe z.B. Frachtenvermittlung der SVG Bundes-Zentralgenossenschaft Straßenverkehr eG www.svg-frachten.de

6.2 Einsatz von Tourenplanungs- und Routenoptimierungsprogrammen

Tourenplanungsprogramme unterstützen bei Optimierung der Transporte und der Fahrzeugauslastung und tragen dadurch zur Kraftstoffeinsparung bei.

Unter Tourenplanung versteht man die Planung einer Reihenfolge für die Anfahrt von Zielpunkten unter Berücksichtigung der zur Verfügung stehenden Ressourcen (z. B. freier Laderaum) mit dem Ziel die Anzahl und die Einsatzzeit von Transportmitteln zu reduzieren.

Hierbei müssen zwei Aspekte berücksichtigt werden: zum einen die bestmögliche Gruppierung (Clusterung) der Aufträge, die zu einer Tour zusammengefasst werden können und zum anderen die optimale Reihenfolge (Routing) in der jedes Fahrzeug die zu bedienenden Auftragsstandorte anfahren soll. Bei Ganzladungstransporten beschränkt sich die Tourenplanung auf die Erzeugung kombinierter Hin- und Rückfahrten mit kürzesten Wegen und geringsten Leerfahrten. Schwieriger ist dagegen die Tourenplanung bei Teilladungstransporten.

Für diese Aufgabe steht eine Vielzahl von Tourenplanungssoftwareprogrammen zur Verfügung, die Unternehmen bei der Planung und Optimierung von Touren unterstützt. Die Programme können verschiedenen Restriktionen und Probleme innerhalb der Tourenplanung berücksichtigen.

Hierzu zählen beispielsweise:

- begrenzte Ladekapazität
- Art der Aufträge: Einsammeln und/oder Ausliefern
- Zeitliche Einschränkung bezüglich der Belieferungszeit (Kundenzeitschranken, Depotöffnungszeiten)
- Komplett- oder Teilladung
- Reihenfolge der Aufträge (beliebig oder festgelegt)
- Ein oder mehrere Depots
- Min./Max. Tourdauer, Tourlänge, Auftragszahl je Tour
- Restriktionen bezgl. des Fahrpersonals
- Verschiedene Zielsetzungen: Minimierung der gesamten Tourlänge, der gesamten Tourdauer, der Anzahl der benötigten Fahrzeuge, der gesamten Tourkosten

Als Datenbasis für die Software werden u. a. ein digitales Straßennetz, eine Kundenstammdatei, eine Fahrzeug- und Fahrerliste sowie eine aktuelle Auftragsliste benötigt. Von einer dynamischen Tourenplanung spricht man, wenn nicht alle Informationen vor dem Planungsprozess bekannt sind und nach Beginn der Tour Veränderungen am Tourenplan durchgeführt werden. Dies ist erforderlich, wenn z.B. zum Startzeitpunkt des Fahrzeugs am Depot noch nicht alle Informationen vorlagen.

Eine Neuheit ist der Routenplaner Map&guide professional mit integrierter Emissionskalkulation des Softwareherstellers PTV. Dieser Routenplaner bietet die Möglichkeit, detailliert, fahrzeugabhängig und für jede Route CO₂ und weitere Schadstoffemissionen (wie Kohlenmonoxid, Kohlenwasserstoffe, Stickoxide, Partikel, Schwefeldioxid, u.a.) zu berechnen. Für die Berechnung der CO₂-Emissionen werden unter anderem die Transportklasse, das Gewicht, die Emissionsklasse, die Kraftstoffart und den LKW-Typ berücksichtigt. Darüber hinaus ist es möglich, direkt über PTV das vom Routenplaner ermittelte, emittierte CO₂ zu kompensieren, in dem der Verursacher finanzielle

Unterstützung für Klimaprojekte leistet. Diese werden über den PTV-Partner Tricorona Deutschland GmbH und die Non-Profit-Stiftung myclimate vermittelt.¹⁶

6.3 Laderaumoptimierung

Auch im Hinblick auf die Laderaumoptimierung decken sich ökonomische mit ökologischen Zielen. Softwareprogramme unterstützen die Optimierung der Transportverpackung (Reduzierung von Verpackungsmaterial), der Beladung von Kommissionierpaletten sowie von Transportbehältern wie LKWs, Bahnwaggons, Containern, usw. Eine optimale Auslastung des Laderaumes bedeutet Einsparung von Fahrten und Kosten und damit auch von CO₂-Emissionen.¹⁷

Je nach Art der Güter eignen sich auch sogenannte Doppelstock-LKWs bzw. -anhänger, das heißt LKWs mit doppeltem Ladeboden, um den verfügbaren Laderaum optimal auszunutzen. Doppeldeckanhänger bieten bis zu 60% mehr Volumen, 23 Tonnen Nutzlast und verbrauchen kaum mehr Kraftstoff als ein Sattelzug. Zu berücksichtigen ist jedoch der technische Aufwand für Lifte oder hydraulische Zwischenböden, der zwischen 100.000 – 150.000 € zusätzliche Kosten verursacht. Voraussetzungen für eine wirtschaftliche Nutzung sind deshalb Vollauslastung, Distanzen ab 250 oder besser 400 km und eine lange Lebensdauer der Spezialanhänger.¹⁸

7. Neue Fern-Verkehrstechniken für die Zukunft

„CO₂-freier Güter-Transport mit der neuen Technik des CargoRAPID“ sowie „Personenfernverkehr per Bahn mit individueller Nahverkehrs-Mobilität

7.1 A) CargoRAPID für Güter

Verschiedene aktuelle Studien (z. B. BMVBS, Prograns) stellen für die Zukunft ein weiteres und erhebliches Anwachsen des Gütertransports für die nächsten 15 Jahre in den Industrieländern dar. Dies gilt insbesondere für den Straßengüterverkehr, wo mit einem Wachstum um ca. 40% in dieser Zeit gerechnet werden muss.

Bekanntlich realisiert der Straßengüterverkehr den deutlich überwiegenden Anteil des gesamten Gütertransportaufkommens und sein Anteil kann aus verschiedenen Gründen auch bei bestem Willen aller Beteiligten in einem nur sehr geringem Umfang auf alternativen Verkehrsträger verlagert werden.

Das Bahnsystem kann z. B. aus technischen Gründen (Autobahn) je Zeiteinheit und Strecke weniger als 10% der Gütermenge im Vergleich zur Straße transportieren, bietet nicht genügend Umschlaganlagen an und die Hauptverkehrsstrecken haben nur noch sehr geringe Kapazitätsreserven zur Verfügung. Zudem steht der Gütertransport per Bahn hinsichtlich der Transportstrecken-Kapazität im permanenten Wettbewerb mit dem Personentransport, mit dem vergleichsweise höhere Einnahmen erwirtschaftet werden können, zu bedarfsgerechten Zeiten mit kundengerechten Kapazitäten gefahren werden muss und daher die eindeutig höhere Priorität in der Nutzung des Schienennetzes hat.

Die Binnen- und Küstenschifffahrt hat zwar keine Kapazitätsprobleme, kann aber kein flächendeckendes und bedarfsgerechtes dichtes Transport-Netz mit nahe gelegenen Umschlaganlagen anbieten. Auch die relativ lange Transportdauer sowie immer mehr Unsicherheiten in der Verfügbarkeit der Wasserstraßen (starke Frostperioden, zu niedrige Wasserstände, etc.) verhindern, dass erhebliche Gütertransportmengen auf die Binnenschifffahrt verlagert werden können.

¹⁶ www.mapandguide.de

¹⁷ www.lis.eu, www.erpa.de, <http://de.ortec.com/>

¹⁸ Trans aktuell, Sonderausgabe 2008

Wenn der Straßengüterverkehr tatsächlich in Zukunft so stark zunehmen wird wie prognostiziert, so bekommen wir in den nächsten Jahren auf vielen Autobahn-Abschnitten neben der bereits vorhandenen LKW-Parkplatz-Not auch noch erhebliche Kapazitätsprobleme zu spüren, die zu noch mehr Staus und entsprechendem volkswirtschaftlichen Schaden führen (zur Zeit liegt der Schaden pro Jahr schon in einer Höhe von 5% des Bruttosozialproduktes in Europa).

Mit dem stark anwachsenden Straßengüter-Transportaufkommen würde entsprechend auch der durch die LKW-Motoren hervorgerufene Ausstoß von klimaschädlichen Treibhausgasen zunehmen.

Dies kann nur verhindert werden, wenn in Zukunft der Straßengüter-Transport in einem starken Umfang auf ein neues und umweltfreundliches Transport-System verlagert wird und auch einigermaßen zeitnah realisiert werden kann.

Grundsätzlich stellt die Schiene eine sehr gute und umweltfreundliche Alternative zum Straßengüter-Transport dar, kann jedoch aus bereits dargestellten Gründen unter den aktuellen Randbedingungen nicht die notwendigen Mengen aufnehmen.

Daher muss ein kompatibles und modifiziertes System (siehe auch Abbildungen 1 und 2) zum Einsatz kommen, mit dem neue und ergänzende Weitverkehrs-Strecken in Europa parallel zu den vorhandenen Engpass-Strecken aufgebaut werden. Die Strecken könnten dann von vorherein mit einer einheitlichen Bahntechnik in ganz Europa oder auch weltweit arbeiten, würden umweltfreundlich mit elektrischer Energie betrieben werden und könnten wesentlich größere Gütermengen pro Zeit- und Streckeneinheit zu deutlich günstigeren Konditionen transportieren.



Abbildung 15: Der neue „CargoRAPID“

Das System vollautomatisch und führerlos betrieben werden und ein Personentransport wird auf den neuen Strecken ausgeschlossen, so dass sich deutlich günstigere betriebstechnische Randbedingungen ergeben als im klassischen Bahnsystem. Als Antrieb kommt ein stationärer Linearmotor zum Einsatz, der im Wesentlichen von der **Transrapid-Technologie** übernommen werden kann.

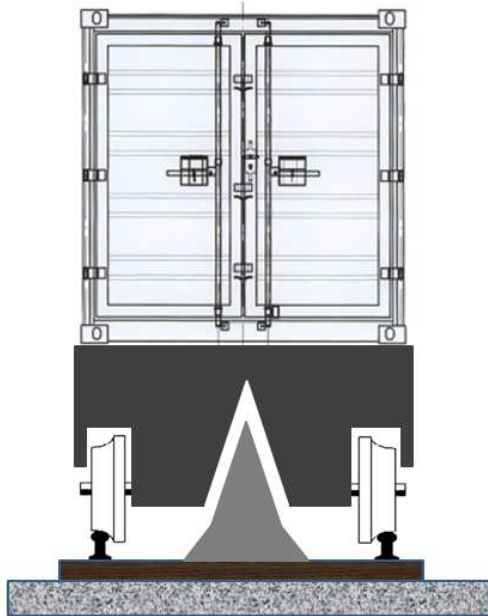


Abbildung 16: Trassen-Querschnitt des „CargoRAPID“

Die besonderen Merkmale des neuen Schienen-Transportsystems sind:

- Die speziellen Waggons ohne eigenen Motor werden durch einen stationären Linear-Antrieb mit Geschwindigkeiten von bis zu 200 km/h bewegt
- Durch die Einzelsteuerung und der Antriebsmöglichkeit für jeden einzelnen Waggon können pro Streckenabschnitt ca. 10mal mehr Güter bewegt werden, als mit der konventionellen Eisenbahn
- Der Rangieraufwand wird erheblich reduziert, da über Weichen die Waggons einzeln gesteuert ein- oder ausgeschleust werden können. In dem betreffenden Weichenabschnitt wird der stationäre Linearmotor weggelassen und die Waggons fahren einige wenige Sekunden mit Hilfe der Eigendynamik
- Die Spezial-Waggons können verschiedenste Transportbehälter aufnehmen, wie beispielsweise Container, Flüssigkeitsbehälter, chemische Behälter, etc.
- In konventionellen Schienen-Systemen können die Waggons auch mit konventionellen Lokomotiven bewegt werden
- In beiden Systemen können die Spezial-Waggons auch mechanisch gekoppelt werden
- Es kann eine weltweit einheitliche Antriebs- und Sicherheitstechnik definiert werden
- Der Strom für den elektrischen Antrieb (stationärer Linearmotor) kann dezentral vor Ort und umweltfreundlich aus verschiedensten Energiequellen gewonnen werden (Wind, Wasser, Sonne, Bio-Masse, etc.)

Wenn die wirtschaftliche Entwicklung in den europäischen Industrieländern nicht durch zukünftige Transport-Engpässe ausgebremst werden soll, ist die Entwicklung und der Einsatz eines neuen Güter-Transportsystem (z. B. wie vorangehend beschrieben) mit wesentlich höheren Transportleistungen und deutlich besseren Umwelteigenschaften unumgänglich.

Deutschland könnte mit der Entwicklung und Realisierung eines derartigen Systems auf bereits bestehendes Know-How aus der Transrapid-Technologie aufsetzen und relativ schnell ein in der Praxis einsetzbares System verfügbar haben, das auch weltweit hervorragend vermarktet werden könnte, um so den Technologie- und Export-Standort Deutschland auch längerfristig wirtschaftlich und arbeitsplatzmäßig zu sichern.

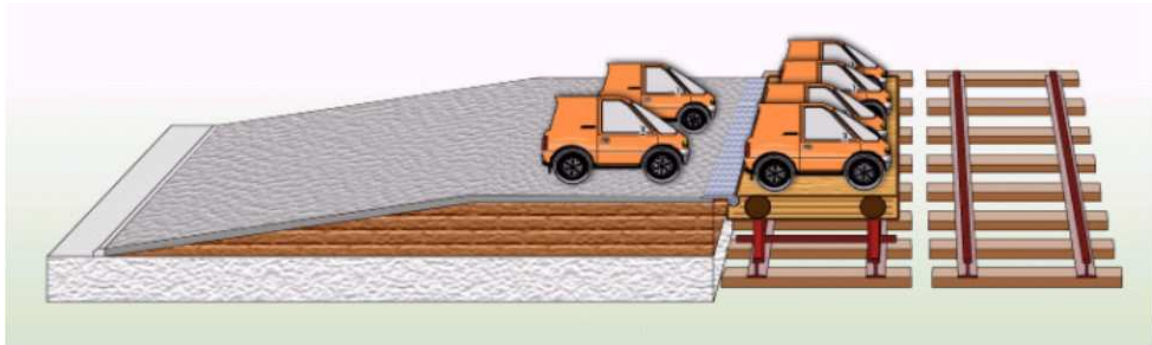
7.2 B) Personentransport per Bahn (PerBaMo)

Elektrisch betriebene Fahrzeuge sind im Zeitalter eines negativen Klimawandels aus ökologischen Gründen sicherlich eine vorteilhafte Alternative zu den konventionellen Straßenfahrzeugen, deren Motoren mit aus fossilen Stoffen gewonnenen Kraftstoffen betrieben werden. Es gibt bekanntlich auch andere Alternativen, wie z. B. Wasserstoff-Motoren oder Motoren, die mit regenerativ gewonnenen Kraftstoffen (vorwiegend aus Biomasse) arbeiten, aber derzeit aus verschiedenen Gründen (Unwirtschaftlichkeit, andere Umweltbelastungen, etc.) als flächendeckende Lösung ausscheiden.

Grundsätzlich sind alle Antriebskonzepte zu bevorzugen, die mit elektrischer Energie arbeiten, da diese sowohl ökologisch (Wind, Wasser, Sonne) als auch dezentral gewonnen werden kann. Da aber die Speicherung von großen Mengen elektrischer Energie, wie sie für längere Fahrten (Distanzen von 100 – 1.000km) benötigt werden, wird diese Alternative in Verbindung mit einem eigenem Motor und eigener Speichereinheit im Fahrzeug für größere Distanzen auch längerfristig sowohl aus wirtschaftlichen, technologischen und ökologischen Gründen nicht die sinnvollste Lösung sein.

Stattdessen werden in Zukunft Antriebslösungen benötigt, wo der individuelle Motor im benutzten Fahrzeug zumindest während der Langstreckenfahrt nicht benötigt wird und die Fahrt trotzdem mit einem elektrischen oder wasserstoffbasierenden Antrieb bewerkstelligt wird.

Dafür sind sicherlich verschiedene technische denkbar, aber die am einfachsten und am schnellsten zu realisierende Lösung wäre der „Huckepack-Verkehr“ von kleinen Elektro-Stadtautos (City-Car) per Bahn (Elektro- oder Wasserstoff-Antrieb) für Fahrten zwischen Städten und Metropolen (siehe auch nachfolgend Abbildungen 17 + 18).



Der Fahrer fährt das Spezialfahrzeug (auch mobiler Arbeitsplatz) am Bahnhof per Rampe auf einen Spezial-Waggon eines Personenzuges. Dort wird das Fahrzeug automatisch befestigt, an eine Stromversorgung angeschlossen sowie mit dem Internet verbunden.

Der Fahrer dreht sich mit dem Fahrersitz um 90° nach rechts und kann sofort seine Arbeit mit dem PC/Notebook aufnehmen. Er verbleibt während der Fahrt im Fahrzeug, hat dort permanent einen Internetanschluss und zwischenzeitlich kann die Batterie des Fahrzeugs noch nachgeladen werden.

Abbildung 17: „City-Car“ mit Bahntransport

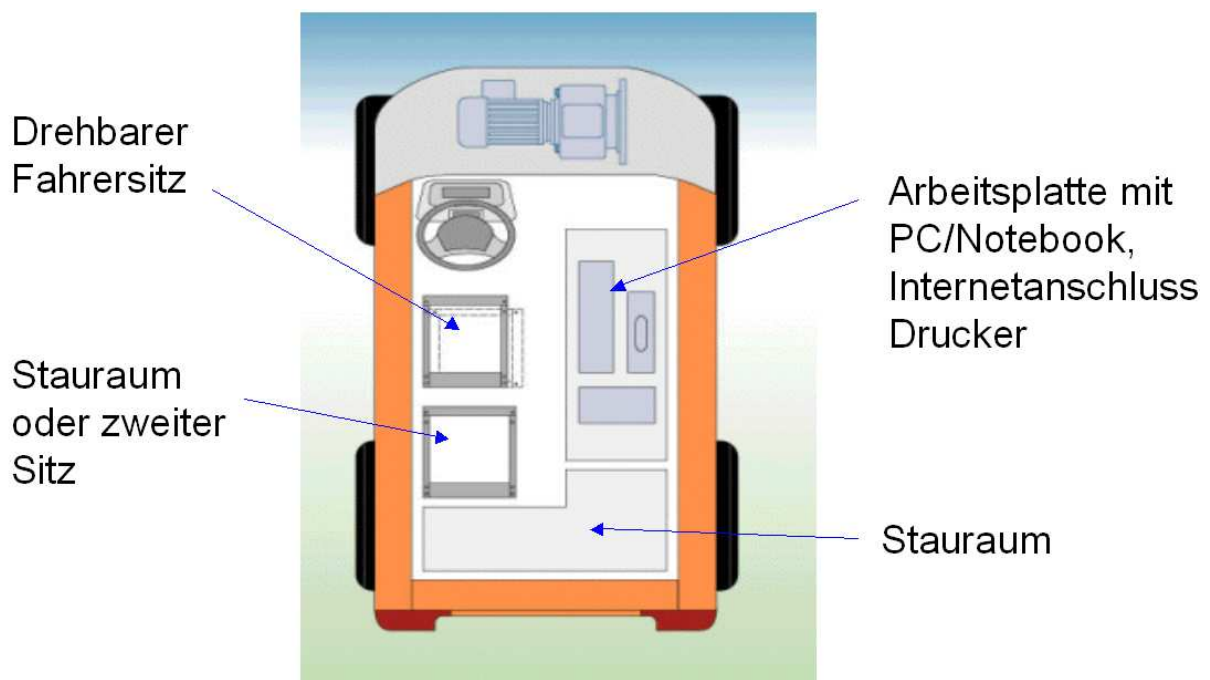


Abbildung 18: „City-Car“ als mobiler Arbeitsplatz

In der nachfolgenden Abbildung 19 wird das informationstechnische Gesamtkonzept dargestellt.

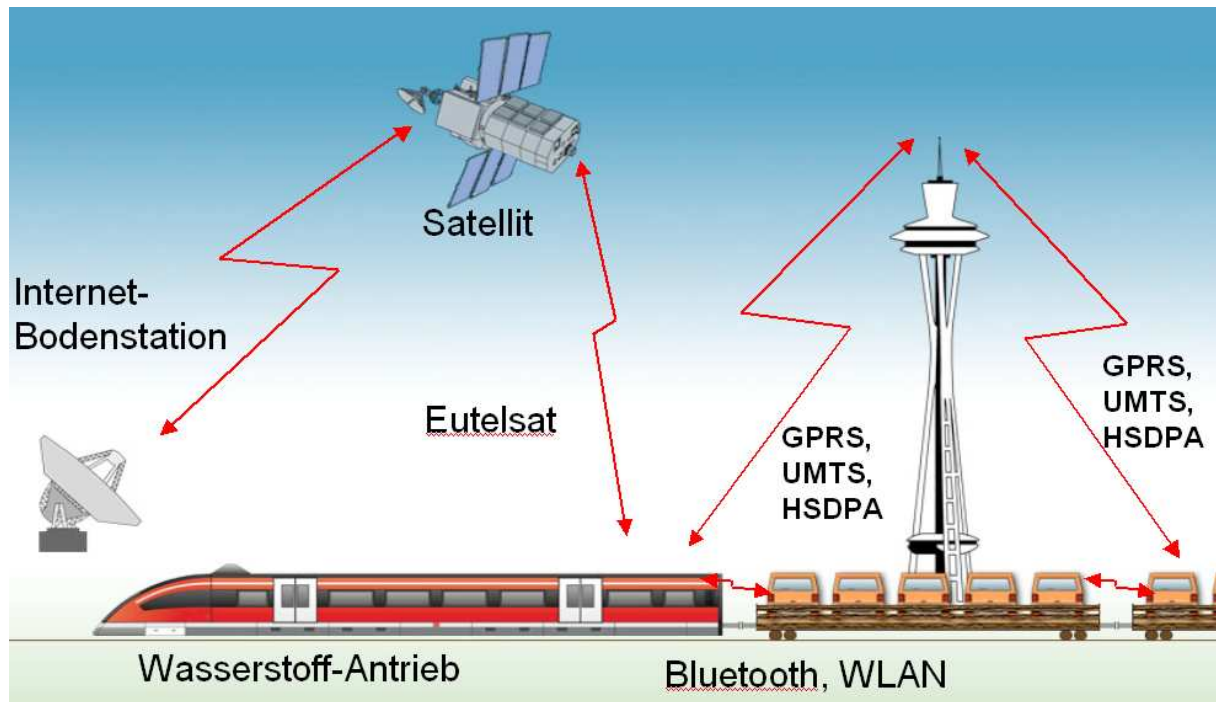


Abbildung 5: Informationstechnisches Gesamt-Konzept für „PerBaMo“

Das „PerBaMo“-Konzept ist damit durch folgende Hauptaspekte gekennzeichnet:

- Die relativ kleine Reichweite des elektrisch betriebenen Individual-Fahrzeugs „City-Car“ kann durch das Huckepack-Verfahren auf sehr große Reichweiten prolongiert werden.
- Damit Fahrzeiten besser als Arbeitszeiten genutzt werden können, sollte das verwendete Personentransportfahrzeug gleichzeitig als Büroarbeitsplatz mit PC/Notebook und Internet-Anschluss ausgestattet sein.
- Damit sind auch größere Entfernungen zwischen Wohnort und Arbeitsplatz erträglich gestaltbar.
- Zum Arbeiten kann dann die Zeit genutzt werden, wo das spezielle Fahrzeug per Zug/Schiene transportiert wird und der Fahrer keine Fahrzeugführungsfunktionen übernehmen muss.
- Während der „transportierten Fahrt“ per Schiene kann die Batterie des speziellen Elektrofahrzeugs (City-Car) z. B. mit Strom nachgeladen werden

Kontakt für Rückfragen:

Prof. Dipl.-Ing. Wolfgang Bode
 RIS-Kompetenzzentrum für Verkehr und Logistik
 der Weser-Ems-Region (LOGIS.NET)
 c/o Science to Business GmbH - FH Osnabrück
 Caprivistr. 30a, 49076 Osnabrück
 Fon: 0541-969-2947, Fax: 0541-969-3055
 Email: logisnet@wi.fh-osnabrueck.de, www.ris-logis.net