



SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT
EIDGENÖSSISCHES INSTITUT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

(11) CH 718 904 A2

Patentanmeldung für die Schweiz und Liechtenstein

Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

(51) Int. Cl.: B61L 27/10 (2022.01)
G06Q 50/30 (2012.01)
B61L 27/40 (2022.01)
B61L 27/60 (2022.01)

(12) PATENTANMELDUNG

(21) Anmeldenummer: 70174/21

(71) Anmelder:
Adolf Flüeli, Oberfeldstrasse 93
8408 Winterthur (CH)

(22) Anmeldedatum: 16.08.2021

(43) Anmeldung veröffentlicht: 28.02.2023

(72) Erfinder:
Adolf Flüeli, 8408 Winterthur (CH)

(54) **Verfahren zur Optimierung der Nachhaltigkeit von Eisenbahnverkehrsnetzen im Allgemeinen, sowie der Transporteffizienz und Betriebsstabilität im Eisenbahnpersonenverkehr im Besonderen.**

(57) Das erfindungsgemässe Verfahren zur Optimierung der Nachhaltigkeit von Eisenbahnverkehrsnetzen im allgemeinen sowie der Transporteffizienz und Betriebsstabilität im Eisenbahnpersonenverkehr im besonderen ist dadurch gekennzeichnet, dass die Angebote der Betriebsleistung wahlweise entweder mittels wenigstens einer beliebigen direkten oder indirekten, periodischen oder aperiodischen, symmetrischen oder asymmetrischen, geographischen, physischen oder zeitlichen **Parameterisierung**, einschliesslich jeder beliebigen Kombination davon, **systematisch variiert werden**, indem die resultierenden **Transportleistungen** entsprechend wenigstens einem Nachhaltigkeitskriterium der Ökologie, der Ökonomie oder der Soziologie geregelt sowie optimiert werden können, sodass das Verhältnis der angebotenen Betriebsleistungen zu den effektiv erbrachten Transportleistungen mit gezielten minimal invasiven und kostengünstigen Massnahmen insgesamt nachhaltig verbessert und transparent publiziert werden kann, beispielsweise als anschauliches Resultat in der Form einer gesteigerten Sitzplatzauslastung und einer verbesserten Sitzplatzverfügbarkeit sowie der Gewährleistung der Anschusssicherheit für die Passagiere beim Umsteigen, der Optimierung des Verkehrsflusses und der -Kapazität, der Fahrplanstabilität und Zuverlässigkeit durch genügend Zeitreserven im Eisenbahnpersonenverkehr insgesamt und somit der Verbesserung der Betriebsstabi-

lität und Robustheit des Gesamtsystems der Eisenbahnverkehrsnetze.

Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zur Optimierung der Nachhaltigkeit von Eisenbahnverkehrsnetzen im allgemeinen sowie der Transporteffizienz und Betriebsstabilität im Eisenbahnpersonenverkehr im besondern, und ist dadurch gekennzeichnet, **dass die Angebote der Betriebsleistung** wahlweise entweder mittels wenigstens einer beliebigen direkten oder indirekten, periodischen oder aperiodischen, symmetrischen oder asymmetrischen, geographischen, physischen oder zeitlichen **Parameterisierung**, einschliesslich jeder beliebigen Kombination davon, **systematisch variiert werden**, indem die resultierenden **Transportleistungen** entsprechend wenigstens einem Nachhaltigkeitskriterium der Ökologie, der Ökonomie oder der Soziologie geregelt sowie optimiert werden können, sodass das Verhältnis der angebotenen Betriebsleistungen zu den effektiv erbrachten Transportleistungen mit gezielten minimal invasiven und kostengünstigen Massnahmen insgesamt nachhaltig verbessert und transparent publiziert werden kann, beispielsweise als anschauliches Resultat in der Form einer gesteigerten Sitzplatzauslastung und einer verbesserten Sitzplatzverfügbarkeit sowie der Gewährleistung der Anschusssicherheit für die Passagiere beim Umsteigen, der Optimierung des Verkehrsflusses und der -Kapazität, der Fahrplanstabilität und Zuverlässigkeit durch genügend Zeitreserven im Eisenbahnpersonenverkehr insgesamt und somit der Verbesserung der Betriebsstabilität und Robustheit des Gesamtsystems der Eisenbahnverkehrsnetze.

[0002] Es existieren vielfältige Ansprüche in der Schweizer Verkehrspolitik. Zum einen werden sogenannte nachhaltige Lösungen gefordert, welche eine ausgewogene Berücksichtigung der ökologischen (Umwelt), der ökonomischen (Wirtschaft) und der sozialen Aspekte (Gesellschaft) umfassen, andererseits weisen die zugrundeliegenden Parameter und Mengengerüste teilweise gewisse historisch gewachsene, zufällig oder ideologisch entstandene Asymmetrien und Widersprüchlichkeiten auf.

[0003] Im Rahmen der hochaktuellen Energiedebatte ist derzeit ein würdiger Anlass gegeben, die aktuellen Verkehrsnetze nach möglichst zielführenden Kriterien auf die Möglichkeiten zur Erschliessung von weiteren Optimierungspotentialen unvoreingenommen zu untersuchen, und geeignete Massnahmen insbesondere zur cleveren Einsparung von Energie auszuarbeiten und vorzuschlagen.

[0004] Zugleich sollen weitere Potentiale zur Realisierung eines den Kriterien der Nachhaltigkeit entsprechenden Ausbaues und Betriebes der Verkehrsnetze der Eisenbahnen bezüglich den ganzheitlichen Ansprüchen der Wirtschaft, der Umwelt und der Gesellschaft, insbesondere den zeitgemässen und legitimen Ansprüchen einer Teilmenge der Gesellschaft, derjenigen der Kunden, evaluiert und entsprechende Lösungen vorgeschlagen werden.

[0005] Die betrachteten Verkehrsnetze umfassen die Verkehrsträger und Verkehrsmittel des sogenannten terrestrischen OV, insbesondere grossflächig operierende Eisenbahnverkehrsnetze, betreffen jedoch auch die mit diesen im Verbund operierenden Zubringern wie Buslinien.

[0006] Um den aktuellen Stand der Technik und des Betriebes der Eisenbahnen in der Schweiz im Kontext zu den aktuellen Ansprüchen darzulegen, ist vorgängig eine Analyse der traditionsreichen Branche und deren teilweise sehr diskontinuierlichen Entwicklung angebracht.

[0007] Wie sich aus der Lektüre des Buches mit dem entlarvenden Titel „Mehr Zug für die Schweiz“ ergibt, wurde das Jahrhundertprojekt Bahn 2000 vornehmlich nach dem sogenannten „Happy Engineering- Ansatz“ gestaltet, welches zum Ziel hatte, mittels Infrastrukturausbau in Kombination mit einem Taktfahrplan ein möglichst dichtes und kundenfreundliches Angebot an Bahnverbindungen aufzubauen, um dadurch zusätzliche Nachfrage zu generieren.

[0008] In einer Fachpublikation (die Seiten sind leider nicht Numeriert) ETG Band 107 „Bahn 2000“ zuhanden einer Tagung der ETG in Zusammenarbeit mit den SBB vom 27.10.2004 in Ölten ist das Konzept wie folgt dargelegt:

Titel 1. Der verkehrspolitische Auftrag Der Auftrag im Bericht über das Konzept Bahn 2000 über den Bau neuer Linien vom 16. Dezember 1985 ist klar formuliert: Zitat: „Das Konzept Bahn 2000 ist ein neuer Ansatz für ein landesweit besseres Angebot der Schweizer Bahnen, das schrittweise bis zum Jahr 2000 verwirklicht werden soll. Häufigere und vermehrt umsteigefreie Verbindungen, bessere Anschlüsse in den Knotenbahnhöfen, Verkürzung der Gesamtreisezeit und attraktive zusätzliche Dienstleistungen sind die Ziele von Bahn 2000.“

Titel 2. Das Konzept „Neu und immer noch einmalig ist der Planungsansatz: Die Optimierung im Dreieck **Angebot - Rollmaterial - Infrastruktur**. Der Einsatz von Zügen mit aktiver Neigevorrichtung ermöglicht Reisezeitgewinne ohne übermässig teure Infrastrukturausbauten. Auf bereits stark belasteten Strecken schaffen Doppelstockzüge ein zusätzliches Sitzplatzangebot. Dadurch können die Infrastrukturausbauten namentlich in den Bahnhöfen massiv reduziert werden.“

Titel 3. Das Angebot „Unser Angebot ist der Fahrplan“

Titel 5. Der Nutzen für Kunde, Unternehmung und Auftraggeber „Wenn Sie sich vergegenwärtigen, welches die Qualitätsanforderungen sind, die der Kunde an seine Bahn stellt, stellen Sie fest, dass wir mit der Strategie von Bahn 2000 goldrichtig liegen:

- Mehr Bahn, mehr Verbindungen(B21 bringt rund 30% - oder seit 1985 50% - Mehrleistungen; davon 14% im letzten Schritt Ende 2004)
- Pünktliche Bahn
- Komfortable Bahn
- Saubere und sichere Bahn

[0009] Dass diese Leistungen auch nachgefragt werden, zeigt das Beispiel des seit 1999 durchgehend gefahrenen Halbstundentaktes Luzern - Zürich oder die Einführung des Haltes in Morges, oder - schon beinahe selbstverständlich - der hohe Modalsplit zwischen Zürich und Bern von 85% (Punkt - Punkt)

[0010] Das zeigt sich auch in der Wirtschaftlichkeitsrechnung Bahn 2000 1. Etappe, die letztmals 2002 unter Leitung des BAV aktualisiert zum Schluss kommt: Zitat: „Es ist davon auszugehen, dass der SBB aus dem Projekt Bahn 2000 1. Etappe keine ungedeckten Kosten entstehen.“ Dabei gilt die besondere Finanzierungspraxis im öV der Schweiz zu berücksichtigen. (1/4 verzinslicht, rückzahlbar, 3/4 bedingt rückzahlbar).

[0011] Ebenso klar haben allerdings die bisherigen Untersuchungen gezeigt, dass eine 2. Etappe von Bahn 2000 für die SBB nicht mehr kostendeckend realisiert werden kann. Ein Beweis dafür, dass mit der ersten Etappe nachfragegerichtet dort investiert worden ist, wo am meisten Ertrag zu holen ist oder anders ausgedrückt die betriebswirtschaftlichen Filetstücke im Ausbau des öffentlichen Verkehrs sind weg“.

[0012] In keinem dieser beiden vorgehend erwähnten respektive auszugsweise zitierten Quellen zur Bahn 2000 ist Energieeffizienz und Ökologie als Thema behandelt. Entsprechend der ideologisch vorgegebenen Doktrin hat sich die Bahn in der damaligen u.A. durch das Waldsterben geschürten Euphorie offenbar als bereits in jeder Hinsicht vollkommener und über jeden Zweifel erhabenen ökologischer und umweltfreundlicher Verkehrsträger gesehen. Dieses Vorurteil wird partiell erhärtet und periodisch bis heute zelebriert, indem unter dem Aspekt der Energieeinsparung derzeit einzig die seit Urzeiten der Elektrifizierung der Bahn angewendete Rekuperation weiter optimiert und medienwirksam angepriesen wird.

[0013] Dass die Planer und Ingenieure der Bahn 2000 im Rahmen der damaligen politischen Vorgaben und den enorm ehrgeizigen Zielsetzungen sich der Lösung der anspruchsvollen und sehr komplexen neuartigen Aufgabe mit grossem Engagement und Hingabe gewidmet haben, und eine grosse Leistung erbracht haben, verdient Wertschätzung.

[0014] Auch weisen Taktfahrpläne gewisse inhärente Vorteile auf, indem sich einerseits für das Kollektiv der Kunden gewisse Erleichterungen bezüglich Reiseplanung ergeben, und sich andererseits für den Anbieter gewisse organisatorische Vereinfachungen durch den stündlich repetitiven Betriebsablauf ergeben.

[0015] Diese Vorteile sind jedoch zwingend mit einem teilweise markant grösseren Aufwand verbunden, da zum Betrieb eines Taktfahrplanes gegenüber einem konventionellen Fahrplan eine deutlich grössere Flotte an Fahrzeugen benötigt wird, die Ausweitung des Angebotes ergibt zudem insgesamt einen wesentlich höheren Energiebedarf und die Taktfolge führt zu enormen kurzfristigen Spitzen im Stromverbrauch, was wiederum zusätzliche Versorgungs- und Leitungskapazitäten bedingt, sowie in den Anfahrtszeiten zur jeweils vollen Stunde sowie jeweils halben Stunde kurzzeitig grössere Verluste induziert.

[0016] Dass die Leitung und die Aufsichtsorgane der SBB sowie die Departementsleitung sich in einer euphorischen Phase sich die Frage des Grenznutzes der Ausbauten offenbar nicht stellten, scheint eine Tatsache zu sein. Dieses Verhalten beruht seitens der Auftraggeber einerseits offenbar auf weitreichenden historisch-branchenspezifischen Vorurteilen sowie dementsprechend ausgeprägten Wahrnehmungsdefiziten, was sich in der Folge in einer sehr einseitigen Handhabung der ökologischen und sozialen Aspekte insbesondere bezüglich einer im Sinne der Nachhaltigkeit ausgewogenen gleichwertigen Optimierung sämtlicher Nachhaltigkeitskriterien eines Verkehrsnetzes manifestieren. Historisch etablierte Defizite ökologischer Art sind beispielsweise die offenen Toilettensysteme, welche sich noch über viele Jahrzehnte nach der Einführung der Pflicht zur Ableitung von Hausabwässern in Kläranlagen als Selbstverständlichkeit der Bahn behaupten konnte. Historisch etablierte Defizite ökonomischer Art sind beispielsweise die beharrliche Verweigerung von Automatisierungen, wie die Beibehaltung der händischen Wagenkupplungen über viele Jahrzehnte.

[0017] Auch in aktuelleren und umfangreich gestalteten Publikationen des UVEK wie der im November 2009 publizierten Dokumentation „Faktenblätter zur Verkehrspolitik des Bundes“ sind bei den Bahnen **im Gegensatz zu anderen Verkehrsträgern** explizit keine Massnahmen zur Verbesserung der Energieeffizienz aufgeführt, was den Verdacht einer gewissen Voreingenommenheit für die Bahn und einer ideologischen „Betriebsblindheit“ bezüglich Energieeffizienz bei diesem Verkehrsträger erhärtet.

[0018] In der Literatur sind zudem weitere Hinweise auf entsprechende **Vorurteile** zu finden, beispielsweise in einem im Auftrag des BFE im Rahmen Forschungsprogramm Elektrizität erstellten und am 13.12.2007 publizierten Dokument „Potentialermittlung Energieeffizienz Traktion bei den SBB“, in welchem im als Dokument 07-0207, Version 1 bezeichneten Kapitel „Fahrweise, Zugsteuerung und Fahrplangestaltung“ auf Seite 8 unter Punkt 5 Fahrplangestaltung wortwörtlich folgendes steht: „**Der Fahrplan im Netz der SBB ist durch das engmaschige Netz mit vielen Zwangspunkten, die grossen Verkehrsströme, das Knotenprinzip im Personenverkehr und auf den gemischten Betrieb auf fast allen**

Linien (Fern- und S-Bahnverkehr, Güterverkehr) gegeben und einer Optimierung im Hinblick auf Energieaspekte kaum zugänglich“.

[0019] Das Thema Energieeffizienz der Verkehrsnetze der Eisenbahn ist im Kontext zu den anderen Verkehrsträgern sowohl national als auch international derzeit offenbar nicht dominant. Die Prioritäten liegen seitens der europäischen Bahnunternehmen derzeit einerseits in der Überwindung der historisch gewachsenen Strukturmankos der (mit Ausnahme der Normalspurweite) vielfältigsten Inkompatibilitäten und andererseits offenbar primär im Ausbau der Angebote, sowie seitens der Hersteller mehrheitlich der Entwicklung und Einführung neuer Technologien zur Steigerung der Geschwindigkeit (Neigetchnik, Zugsicherungssysteme, etc.), um dem vielfältigen Druck der Bahnunternehmen nach stetigen Leistungssteigerungen und Angebotsverbesserungen gerecht zu werden.

[0020] Auch die Antwort auf die Interpellation Killer vom 16.12.2010 bezüglich dem zukünftigem Bahnstrombedarf für die laufenden und geplanten Ausbauten bis zum Jahr 2030 zeigt eine nachwievor eher sorglose Ausbaumentalität auf, es wird dannzumal soviel Energie benötigt wie der Bedarf dannzumal anfallen wird, eine präzise Planung und Prognose existiert offenbar nicht, und diese „laissez faire“- Mentalität des BAV und der SBB wurde bis Anhin seitens UVEK offenbar grosszügig toleriert.

[0021] Im aktuellen Geschäfts- und Nachhaltigkeitsbericht 2010 der SBB ist die Nachhaltigkeit als solche thematisiert, deren Sozialkomponente wird jedoch vorwiegend auf die internen Arbeitsbedingungen respektive der Rolle der SBB als sozialer Arbeitgeber bezogen, und ergänzend auf die vermehrt behindertengerechten Ausbauten der Bahn- Infrastrukturen hingewiesen. Wesentliche soziale Aspekte der Kunden, insbesondere bezüglich altersverträglichen Zeiträumen für das Ein- und Aussteigen sowie das Umsteigen von Senioren, welche nicht mehr so gut zu Fuss sind, und beispielsweise auf einen Stock oder einen Rollator angewiesen sind, werden der sehr ambitionösen engen Stunden- Taktung des Fahrplanes untergeordnet und somit leider nicht thematisiert. Auch bezüglich den Abfertigungszeiten werden zugunsten des sehr engen Taktfahrplanes offenbar Konzessionen an die Sicherheit gemacht, wie mehrere Perronunfälle belegen.

[0022] Im aktuellen Bericht „Die SBB in Zahlen und Fakten 2010“ der SBB sind auf S. 12 gewisse Angaben über das Passagieraufkommen über den Tagesgang dargestellt, die Definitionen der zugrundeliegenden Parameter und die jeweiligen Mengengerüste sowie deren Abgrenzungen sind jedoch nicht in genügender Auflösung dargestellt. Auf S. 13 wird die Durchschnittliche Sitzplatzbelegung mit 26,5 % ausgewiesen, wobei im Fernverkehr 30,7% erreicht werden, im Regionalverkehr jedoch nur dürftige 18,9%. Auf S. 29 wird im Kapitel „Umwelt“ der Energieverbrauch der SBB wohl pauschal ausgewiesen, jedoch leider keine detaillierte Aufteilung des Energiebedarfes in Fernverkehr und Nahverkehr oder wenigstens eine separate Nennung des Energiebedarfes des Güterverkehrs vorgenommen.

[0023] Aktuell weist die SBB im Bericht Zahlen und Fakten 2011 als ÖV- Anbieter ohne Sitzplatz- Zwang, d.H. mit ergänzenden Stehplätzen privilegiert, für den Regionalverkehr eine durchschnittliche Sitzplatzauslastung von 20% und für den Fernverkehr eine durchschnittliche Sitzplatzauslastung von 31,90% aus. Dies könnte dahingehend interpretiert werden, dass die Bahn die dürftige Auslastung durch Subventionen deckt. Wenn man nun noch die durchschnittliche Sitzplatzauslastung der SBB mit den jeweiligen Durchschnittswerten der europäischen Bahnen vergleicht, fällt insbesondere auf, dass deren durchschnittlichen Sitzplatzauslastungen mit Werten von 35% bis 46% markant höher liegen. Diese Differenzen sind vermutlich auf den starren Taktfahrplan der SBB zurückzuführen, welcher in den verkehrsschwächeren Zeiten offensichtlich ein massives Ueberangebot darstellt.

[0024] Die SBB weist je nach Quelle für den Personenverkehr insgesamt eine durchschnittliche Sitzplatzauslastung von zirka 27% bis 28% aus, währenddem andere europäische Bahnen, notabene ohne einen grossflächigen starren Taktfahrplan, in den Publikationen mit durchschnittlichen Sitzplatzauslastungen von über 42% genannt werden, was gegenüber der SBB einer um insgesamt 50% (28% mal Faktor 1,5 = 42%) besseren Auslastung entspricht.

[0025] Es ist naheliegend, dass die Knoten primär an Orten mit guter Erschliessung und grosser Siedlungsdichte sowie einem bestimmten Einzugsgebiet gelegt werden. Es ist einleuchtend, dass sich zur Optimierung des Taktfahrplanes die Verschiebung geeigneter Orte in der Geographie als Parameter kaum sinnvoll anwendbar sein wird.

[0026] Die vorurteilslosen systematischen Parameterisierungen zur Variation von Raum und Zeit ergeben jedoch durchaus neue überraschende Lösungsmengen, beispielsweise durch die Überwindung des althergebrachten Vorurteiles, dass das Mass aller Dinge die präzise Stunde sei. Somit kann **durch Überwindung der Basistaktzeit von einer Stunde eine neue Dimension der Zeit in Form einer neuen Basistaktzeit, beispielsweise von 72 Minuten, eine völlig neue Schar an Lösungen zur Steigerung der Nachhaltigkeit von Eisenbahnverkehrsnetzen erschlossen werden.**

[0027] Daraus ergeben sich bezüglich Nachhaltigkeit in deren drei Dimensionen völlig neue Lösungsmengen mit **überraschenden Effekten insbesondere betreffend ökonomischen Kriterien wie zukünftigen Betriebs- Unterhalts- und Ausbau- Kosten der Eisenbahnnetze**, ökologischen Kriterien wie Ressourcenverschleiss und Emissionen, sowie nebst an sich **banalen sozialen Kriterien wie einem Sitzplatzanspruch** insbesondere die Verbesserung der Anschusssicherheit für die Passagiere beim Umsteigen, sowie zudem markante betriebliche Vorteile wie der erhöhten Fahrplanstabilität und Zuverlässigkeit durch genügend Zeitreserven im Eisenbahnpersonenverkehr insgesamt und somit der Verbesserung der Betriebsstabilität und Robustheit des Gesamtsystems der Eisenbahnverkehrsnetze.

[0028] In der Literatur sind zudem Hinweise auf entsprechende **Engpässe und Risiken des aktuellen stundenbasierten Taktfahrplans** zu finden, beispielsweise in einem im Auftrag des BFE im Rahmen Forschungsprogramm Elektrizität

erstellten und am 13.12.2007 publizierten Dokument „Potentialermittlung Energieeffizienz Traktion bei den SBB“, in welchem im als Dokument 07-0207, Version 1 bezeichneten Kapitel „Fahrweise, Zugsteuerung und Fahrplangestaltung“ auf Seite 1 unter Punkt 1.1 Heutige Situation bei den SBB wortwörtlich folgendes steht: „Das SBB-Netz ist eines der am dichtest befahrenen Eisenbahnnetze der Welt und bereits vielerorts an der Kapazitätsgrenze. Dies äussert sich darin, dass die Zugfahrpläne bereits heute in den grossen Knoten mit einer **Auflösung von 6 Sekunden und mit wenig oder ohne Reserven geplant werden, und dass in Einzelfällen gar theoretisch „unfahrbare“ Fahrpläne existieren. Mit diesen Rahmenbedingungen bleibt vermeintlich nur wenig Spielraum, um auch noch Anliegen der Energieeffizienz zu berücksichtigen.**“

[0029] Daraus ist ersichtlich, dass die Auslegung des Taktfahrplanes auf dem 60- Basis- Takt einerseits an operationelle Grenzen stösst und andererseits sich selber sowohl bezüglich Kapazität als auch Stabilität infolge mangelnden Zeitreserven zunehmend erstickt.

[0030] Bekannt ist, dass beim derzeitigen Taktfahrplan die Zeitreserven teilweise gegen Null respektive praktisch Null betragen, gewisse Strecken beim derzeitigen Taktfahrplan theoretisch sogar nicht fahrbar sind.

[0031] Unter Punkt 2.3 theoretisches Optimum ist im vorgenannt referenzierten Dokument: „ Als Ergebnis entsteht eine Fahrweise ohne ausgeprägte Phasen mit Beschleunigung und Verzögerung (ausgenommen Geschwindigkeitsänderungen), sondern mit eher parabelförmigen Verläufen. **Auf die kürzest mögliche Form gebracht sind die Erkenntnisse:**

- **Fahrzeit geht bei tiefen Geschwindigkeiten verloren**
- **Energie geht bei hohen Geschwindigkeiten und hohen Leistungen verloren“**

[0032] Somit ist offensichtlich, dass durch den „Tabubruch“ einer bewusste Entscheidung des Taktfahrplanes völlig neue Perspektiven- Lösungsmöglichkeiten bezüglich

- **operationellen Aspekten** wie Fahrplanstabilität, Fahrplankapazität, Fahrsicherheit (Abstände als Funktion v^2 , Bremswege bei Nässe)
- **ökologischen und ökonomischen Aspekten** wie Verminderung der Lärm- und Feinstaubemissionen, des Energie- und Landverbrauches, der Sitzplatzauslastung, der Betriebs- Unterhalts- Investitions- und Ausbau- Kosten
- **sozialen Aspekten** des Kunden wie Sitzplatzanspruch und humanverträgliche Umsteigezeiten insbesondere für ältere Personen

erzielbar sind.

[0033] Die vorgehend geschilderte Problematik der engen Fahrpläne kriert laufend weitere Folgeprobleme, wie in der aktuellen SBB Zeitung Nr. 16/ 19. September 2012 auf Seite 6 betreffend dem Test der neuen, als Riesenschlagen bezeichneten bis zu 400m langen Doppelstockzügen beschrieben, indem zu deren stets präziseren Anhalten auf den hierzu immer knapperen verbleibenden Perronlängen sowie nahe den jeweiligen Haltesignalen eine deutlich langsamere Zugs-einfahrt in den Bahnhof erforderlich macht, „und so verlieren wir Zeit, die wir im täglichen Betrieb nicht haben“ erläutert ein Lokführer. Diese Thematik wurde inzwischen bereits auch von der Tagespresse aufgegriffen, am 25.09.2012 durch „20 Minuten“, hierin wurden die entsprechenden Verlustzeiten durch den Präsidenten des Verbandes Schweizer Lokomotivführer, VSLF, mit zirka 20 Sekunden pro Halt beziffert.

[0034] Nachdem derzeit die Einführung von Taktfahrplänen in Deutschland und in Oesterreich zur Diskussion steht, steht eine weitere Dimension der europäischen Interoperabilität in Aussicht, welche die ökologischen und ökonomischen Vorteile eines selektiv variablen Taktfahrplanes insbesondere in Kombination mit einer **Knoten- und Basistaktzeitvariation (72')** attraktiv erscheinen lässt.

[0035] Auch wird die Effizienz der Bahnstromanlagen insgesamt nicht erwähnt, auffällig ist der im vorgenannten Bericht S27 unter „Produzierte und bezogene Energie“ erwähnte Bruttostrombedarf von 3076 GWh, welcher deutlich über dem Wert von 2428 GWh des für den Bahnbetrieb deklarierten und im Bericht auf S27 ausgewiesenen Strombedarfs liegt. Fragwürdig ist insbesondere die Tatsache, dass keine Hinweise auf den Verbleib der vorgenannten enormen Differenzen zu finden ist, und insbesondere dass keinerlei Wirkungsgrade über die gesamte Wirkungskette von der Bahnstromerzeugung, insbesondere auch im Hinblick auf die Abdeckung der anfallenden Taktspitzen anfallenden Umpumpverluste, der Verteilung des Bahnstromes in den Netzen zu den meist instationären (mobilen) Verbrauchern (Rückstromproblematik) als auch der verschiedenen Wirkungsgrade der jeweiligen Verbrauchern in Form von Lokomotiven oder von Triebwagen, von deren Stromabnehmer über Transformatoren, Umrichter, Motoren etc. bis auf die Antriebsräder, welche letztlich eine verbleibende Leistung - mit mehr oder weniger Schlupf - als Traktionsleistung auf die Schiene bringen, zu finden ist.

[0036] Der Wirkungsgrad eines Pumpspeicherkraftwerkes von der Energierückspeisung bis zu deren Wiedereinspeisung beträgt zirka 80%, wobei die Pumpverluste und die Turbinenverluste dominieren, jedoch auch Rohrleitungs-Motor/Generator- und Transformatorenverluste summieren.

[0037] Zudem scheinen sich bei der Eisenbahnbranche weitere Privilegien zu Ungunsten der Energieeffizienz anzubahnen, indem beispielsweise die neuen Vorschriften über die Energieeffizienz von Elektromotoren einerseits auf 50 Hz und andererseits auf Leistungskategorien von einigen hundert KW begrenzt sind, womit vermutlich ein Grossteil der Bahnmotoren vom postulierten Fortschritt zur Steigerung der Energieeffizienz ausgegrenzt wird, auch der Einsatz von Energieketten scheint bei den Bahnen noch kein Thema zu sein oder zu werden.

[0038] Diese Vermutung wird durch die am 23. Mai 2012 anlässlich der Fachtagung Elektrische Anlage in Bern publizierten Dokumentation über die Stufe EBV erhärtet, indem im **neuen Abschnitt** „Elektrische Anlagen“ die spezifischen Artikel 42 bis 46 keinerlei Anforderungen und Kriterien bezüglich deren Energieeffizienz enthalten.

[0039] In diesen Unterlagen findet sich zudem unter dem Titel RTE 27900 unter Absatz 4.6.2.1 „Grundsätze für ein optimales Bahnrückstromkonzept“ ein weiterer interessanter Hinweis: „**Ein möglichst grosser Anteil des Bahnrückstromes soll kontrolliert** in Schienen und Erdleitern geführt werden. Damit dies auch bei Strecken mit hohen Traktionsströmen **gelingt**, ist alles daran zu setzen, die Rückleitungsimpedanz zu minimieren.“

[0040] Somit ist davon auszugehen, dass nachwievor ein **nicht ausgewiesener Anteil (sie!) des Bahnrückstromes unkontrolliert über das Erdreich rückgeführt** wird.

[0041] Bezüglich den tatsächlich erreichbaren Wirkungsgraden des Systemes über eine relativ kleinräumige Wirkungskette von der Bahnstromversorgung zum rollenden Verbraucher und zurück ins Bahnstromnetz findet sich in der Sonderausgabe der STZ aus dem Jahr 1999 „SBB - Die Bahn fürs Jahr 2000“ auf Seite 59 folgende Aussage: „Auch beim Sparen von Energie wird bereits heute viel unternommen. Fast alle Triebfahrzeuge haben eine Rekuperationsbremse eingebaut, besonders Wirksam bei den Loks der neueren Bauart (Re 460) : Wenn zwei mit ihnen bespannte Züge die Gotthardrampe hinunterfahren, wandeln sie soviel Bremsenergie in Fahrstrom um, dass damit ein Zug wieder die Rampe hochfahren kann.“

[0042] Aus der Physik sind einige wichtige Grundgesetze bekannt, beispielsweise dass zur Erzielung höherer Geschwindigkeiten einerseits ein **überproportionaler** Energiebedarf abzudecken ist, und dass sich dieser andererseits bei der betrieblichen Interaktion von Fahrzeug und Trasse auch in einem **stark überproportionalen** Anstieg von mechanischen Belastungen und dem damit einhergehenden Verschleiss von Schienen, Oberleitungen und Rollmaterial als auch entsprechend ansteigenden Emissionen wie Lärm, Vibrationen und Feinstaub etc. auswirkt.

[0043] Stark nichtlineare Zusammenhänge sind sowohl aus der Materialkunde anhand der Wöhlerkurve oder dem Verhalten von einfachen Maschinenelementen wie Kugellagern bekannt. Typisch ist das Auftreten eines Schwellenwertes oder Grenzwertes, unterhalb dessen sich das System über sehr lange Zeit relativ gutmütig und zuverlässig verhält, bei dessen Überschreitung jedoch relativ rasch Reduktionen in der Laufzeit bis hin zu Schäden wie Ermüdungsbrüche auftreten. Dies betrifft nicht nur Radkränze wie im tragischen Fall von Eschede, sondern sämtliche dynamisch belastete mechanische Systeme. Die Grundlagen und **Zusammenhänge von Belastung und Lebensdauer technischer Systeme** können anhand der entsprechenden Wälzagerpublikationen (und nach den gemäss DIN/ISO 281 vereinheitlichten) Parametern der Tragzahlen, der Belastungen und der Drehzahl sowie der damit bei den jeweiligen Umgebungstemperaturen **erzielbaren durchschnittlichen Lebensdauer jedermann anschaulich erklärt werden**.

[0044] Zudem werden die mit den Geschwindigkeitssteigerungen und den sich überproportional auswirkenden negativen Effekte bezüglich erhöhtem Energiebedarf, Verschleiss und Emissionen sowie verringerter Laufzeit von Fahrzeugen und Komponenten sich auf der Kostenseite nochmals verstärkt auswirken, sowohl im Unterhaltsaufwand als auch im Ersatzmaterialbedarf und insbesondere im infolge des grösseren Verzehr an Laufzeit in stets kürzeren Intervallen anfallenden Erneuerungsbedarf von Rollmaterial und Trassees.

[0045] Es kann davon ausgegangen werden, dass über die gesamte Wirkungskette der Bahnstromversorgung vom stationären Generator über eine Vielzahl von Transformatoren, Umrichtern, Leitungen und Netzabschnitten bis auf den jeweils mobilen Verbraucher, der Lokomotive oder dem Triebzug, oder allgemein der fahrenden Komposition, eine grosse Anzahl von Nichtlinearitäten auftreten, welche auf die Energieeffizienz des komplexen Gesamtsystemes letztendlich enorme Auswirkungen haben können.

[0046] Als Beispiel einer isolierten Betrachtung des Energieverbrauches eines modernen Triebzuges, welche die vielfältigen Wirkungsgadverluste der vor- und nachgelagerten Nichtlinearitäten nicht berücksichtigt, sei ein praktisches Beispiel aus der Literatur aufgeführt. So ist in einem im Auftrag des BFE im Rahmen Forschungsprogramm Elektrizität erstellten und am 13.12.2007 publizierten Dokument „Potentialermittlung Energieeffizienz Traktion bei den SBB“, in welchem im als Dokument 07-0207, Version 1 bezeichneten Kapitel „Fahrweise, Zugsteuerung und Fahrplangestaltung“ auf Seite 6 unter Punkt 3.3 „Berücksichtigung der Antriebsverluste“ folgende Tabelle aufgeführt:

Fahrleistung:	Reine Fahrzeit:	Spezif. Verbrauch:
100% (2600kW)	1288 s (100%)	43.1 Wh/tkm (100%)
90%	1304 s (101.2%)	40.5 Wh/tkm (94.0%)
80%	1325 s (102.9%)	38.0 Wh/tkm (88.2%)
70%	1353 s (105%)	35.3 Wh/tkm (81.9%)

[0047] Somit wird offensichtlich, dass im Grenzbereich **Nichtlinearitäten von Faktor 3,6 bis 5 vorliegen**, (18% Energieeinsparung bei 5% Fahrzeitverlängerung resp. 6% Energieeinsparung bei 1,2% Fahrzeitverlängerung).

[0048] Mit einer einfachen Graphik lässt sich der weitere Verlauf der Nichtlinearität extrapolieren und darstellen, was bei 8% Fahrzeitverlängerung eine Energieeinsparung von zirka 24% ergibt, bei 10% Fahrzeitverlängerung eine Energieeinsparung von zirka 27% ergibt, und danach stark abflachend bei 15% Fahrzeitverlängerung eine Energieeinsparung von zirka 30% ergibt. Im Kontext der Nachhaltigkeit ergibt sich ein **energetisch hochinteressanter** Bereich von 5% bis 15% Fahrzeitverlängerung.

[0049] Diese im wahrsten Sinne isolierte Betrachtung respektive Messung **des Energieverbrauches der Komposition ergibt ein unvollständiges Bild**. Nachdem sich Wirkungsgrade bekanntlich multiplizieren, und sich über die Wirkungskette des Bahnstromverbrauches vom Generator über Leitungsnetze, Transformatoren und Fahrleitungen mehrere vorgeschaltete Verlustquellen mit je nach Belastung unterschiedlichen Wirkungsgraden vor der Komposition in Serie geschaltet sind, ergeben sich im Hinblick auf den auf den Generatorseitig erzeugten (und leider in der Literatur jeweils nicht klar definierten und ausgewiesenen) **Bruttostromverbrauch des Eisenbahnnetzes** insgesamt ein wesentlich höheres Energieeinsparpotential.

[0050] Nachdem ein Teil der Energieversorgung der SBB durch Fremdstrombezug aus dem 50-Hz- Landesnetz gedeckt wird, ergeben sich weitere zum Teil markante Wirkungsgradverluste, da die konventionellen rotierenden Umformer mit **Wirkungsgraden im Bereich von zirka 92% bis 94%** arbeiten, währenddem die neueren Anlagen mit statischen Umrichtern mit Wirkungsgraden von zirka 97% arbeiten.

[0051] Nachdem bekannt ist, dass im Bahnstromnetz die Verbrauchszunahme in einem bestimmten Zeitraum, der sogenannte Lastgradient mit Spitzenwerten vom Sommer 2003, als der Leistungsbedarf innert 79 Sekunden um 237 MW hochschnellte, kann davon ausgegangen werden, dass derart hohe Gradienten einerseits zu enormen energetischen Verlusten im Bahnstromnetz führen, und andererseits die zur Bewältigung derartiger Gradienten erforderlichen Netzausbauten überproportional hohe Kosten verursachen.

[0052] Zudem muss davon ausgegangen werden, dass sich die komplexe und unbeliebte Rückstromproblematik im Kontext der Stromspitzen weiterer Ausbauten und Inbetriebnahmen wie NEAT weiter verschärfen wird, und sich in absehbarer Zeit zu einem Sorgenkind entwickeln könnte.

[0053] Analoges gilt für die Kosten der Streckenausbauten, welche im Hinblick auf die Einführung des Stundentaktes erforderlich waren, und im Hinblick auf weitere Fahrzeitverkürzungen der stets schneller verkehrenden Personenverkehrszüge zukünftig weiter begehrt werden.

[0054] Nachdem bereits nach der ersten Etappe der Bahn 2000 die Grenze der Kostendeckung der Ausbauten erreicht wurden, stellt sich im Sinne der Nachhaltigkeit die Frage, inwieweit die ökonomischen Parameter im Kontext der Nachhaltigkeit zukünftig zu Gewichten sind.

[0055] Weitere Fahrzeitverkürzungen der stets schneller verkehrenden Personenverkehrszüge ergeben im Kontext der zunehmend grösseren Geschwindigkeitsdifferenzen zu den Güterverkehrszügen sowie den angekündigten Verlagerungszielen mit zunehmendem Güterverkehr auf der Schiene offensichtlich weitere betriebliche Interferenzen. Zu deren Behebung werden bereits die zukünftige Entflechtung der Trassees durch weitere Neubaustrecken angedacht oder angekündigt, was kaum im Sinne der vielfältig postulierten Nachhaltigkeit der Eisenbahn sein kann.

[0056] **Es kann davon ausgegangen werden, dass der Energiebedarf eines terrestrischen Verkehrsträgers zirka im Quadrat zur Geschwindigkeit steigt, der Verschleiss zur dritten Potenz der Geschwindigkeit und der Finanzbedarf zur vierten Potenz der Geschwindigkeit.**

[0057] Nachdem inzwischen im Jahr 2011 die horrenden Defizite bezüglich dem aufgelaufenen Ueberhang (systematischer Ressourcenverzehr an den Fahrzeugen und Schienen) durch aufgeschobene Unterhaltsarbeiten) im Unterhalt der Schienenfahrzeuge und der Bahntrassees sowie deren „unerwarteten Verschleiss“ publik geworden sind, und entsprechende Kostenexplosionen in Aussicht gestellt wurden, ist Handlungsbedarf zur wirtschaftlichen als auch zur ökologischen Optimierung der Eisenbahnen, insbesondere von deren Betrieb und Infrastrukturen gegeben.

[0058] Interessant sind einerseits die seitens SBB publizierten Tagesgänge des Passagieraufkommens und andererseits die seitens SBB publizierten Sitzauslastungszahlen. In diesem Kontext stellt sich angesichts der in den Stosszeiten häufig mit Stehplätzen überfüllten Zügen insbesondere die Frage nach den jeweils für die Sitzauslastung angewendeten Berechnungskriterien. Falls hierbei die jeweils anfallenden Stehplatzpassagiere wohl im Transportvolumen erfasst aber deren an sich stehende Transporthaltung nicht entsprechend und korrekt berücksichtigt würden, wären die tatsächlichen Sitzplatzauslastungen deutlich tiefer als bisher ausgewiesen.

[0059] Dies wurde sich zudem auch mit Beobachtungen der Auslastungen von gewissen (nicht allen) Zügen sowie Zubringern wie Postautos und Buslinien decken, welche im Tagesgang zeitweise praktisch ohne Passagiere sind. Zudem fallen bei den zentralistisch aufgebauten Zubringersysteme in deren Erst- und Endkursen von und zu den Depots zusätzliche Leerfahrten an, welche die durchschnittliche Sitzplatzauslastung zusätzlich vermindern.

[0060] Dass die Postautoflotte gemäss Geschäftsbericht aus dem Jahr 2011 eine Verkehrsleistung von 765 Millionen Pkm (Personenkilometer) erbrachte, und hierzu einen Dieserverbrauch von 3 Millionen Liter auswies, ergibt einen Durchschnittsverbrauch von 4,967 Liter/100 Pkm. Im Vergleich zu einem Personenwagen entspricht dies bei einer durchschnittlichen Personenzahl von 1,4 Passagieren ein Total von 6,954 Liter/100km.

[0061] Leider wurden an Geschäftsbericht 2012 diese wichtigen Zahlen nicht mehr publiziert. Es ist davon auszugehen, dass durch die inzwischen vermehrte Einführung von flächendeckenden Halbstunden- und Viertelstundentakten bei den Postautolinien sich deren Ökobilanz entsprechend weiter verschlechtert hat.

[0062] Somit wird es offensichtlich, dass ein selektiv variabler Taktfahrplan auch bei den Postautoverbindungen welche dem Taktfahrplan zudienen, grosse ökonomische und ökologische Verbesserungen bewirken kann, insbesondere angesichts der Tatsache, dass die Fahrplaninformationen für jedermann jederzeit abrufbar sind.

[0063] Dass mit dem heutigen Taktfahrplan im Hinblick auf die Werthaltigkeit der Fahrscheine eine Überfüllung der Züge seitens Anbieter in Spitzenzeiten des Verkehrsaufkommens offenbar in Kauf genommen und Stehplätze aktiv angepriesen und geduldet werden, ist einerseits aus Konsumentensicht sehr fragwürdig und andererseits aus Sicherheitsgründen im Sinne des Vorsorgeprinzips zur Unfallverhütung höchst bedenklich und seit langem nicht mehr zeitgemäss, insbesondere im Hinblick auf die bei anderen Verkehrsträgern zur Anwendung gelangenden diesbezüglichen Vorschriften, Regulationen und Sanktionen.

[0064] Im Gegensatz zu den sehr kostensensitiven Fluggesellschaften, welche als konzessionierte Verkehrsträger ebenfalls ÖV- Leistungen erbringen, erheben und publizieren die Schweizer Eisenbahngesellschaften leider keine detaillierten streckenbezogene Auslastungszahlen. Auch die Rentabilität der einzelnen Strecken und die Betriebskosten von deren Infrastrukturen wird mit Ausnahme gewisser Paradestrecken nicht detailliert ausgewiesen.

[0065] Mit dem Ausbau der Bahn 2000 wurde gleichzeitig auch ein massiver Ausbau der Bahnstromversorgung notwendig, um den infolge höherer Verkehrsdichte erhöhten Energiebedarf auf dem gesamten Netz zur Verfügung stellen zu können, und insbesondere um die durch den Taktfahrplan zusätzlich auftretenden Spitzenbelastungen ohne unerwünschte Störungen auffangen zu können.

[0066] Mit dem Ausbau der Bahn 2000 wurde im Hinblick auf die sehr ehrgeizigen Fahrzeitenreduktionen und Fahrplan-komprimierungen sowie höheren Geschwindigkeiten und den damit einhergehenden verminderten zeitlichen Sicherheitsabstände der Zugfolgen gleichzeitig auch ein umfangreicher und teurer Ausbau der Signalisations- und Zugsicherungsanlagen notwendig.

[0067] Mit dem Ausbau der Bahn 2000 wurde gleichzeitig auch ein massiver Ausbau Rollmaterials notwendig, sowie zudem auch der Ersatz des für höhere Geschwindigkeiten nicht tauglichen konventionellen Rollmaterials.

[0068] Mit dem Ausbau der Bahn 2000 wurde gleichzeitig auch ein massiver Ausbau der Trassees notwendig, einerseits in der Form von Neubaustrecken um sehr ehrgeizige Ziele im Rahmen des angestrebten Stundentaktes zu erreichen, andererseits in der Form von verschiedensten Streckenausbauten, sei es auf Doppel- oder Vierfachspur oder in der Form von Trasseoptimierungen zur Erzielung höherer Kurvengeschwindigkeiten.

[0069] **Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass die angestrebten, und teils marginalen Zeitgewinne im Kontext zu dem sehr ambitionös ausgelegten und aggressiv umgesetzten Taktfahrplan durch unverhältnismässig grosse Steigerungen von Kurvengeschwindigkeiten, hohen Fahrgeschwindigkeiten, kleinen Abständen sowie stark verkürzten Halte- Abfertigungs- und Umsteigezeiten insgesamt mit einem unverhältnismässig hohem Aufwand an Infrastrukturen, Rollmaterial, Zugsicherung und Energiebedarf sowie den infolge von teilweise extremen Fahrzeitenkomprimierung (57 Minuten) exponentiell ansteigenden Belastungen explodierenden Unterhaltskosten letztendlich sehr viel teurer als je prognostiziert erkaufte wurden.**

[0070] Die infolge des starren Taktfahrplan resultierende hohe Netzbelegung behindert zudem die Unterhaltsarbeiten auf den Trasses sowie insbesondere die Gütertransporte, welche zudem mit eher geringeren Geschwindigkeiten verkehren, sodass diese und weitere Friktionen einen durchgehend flüssigen Betriebsablauf **des Personenverkehrs und des Güterverkehrs** praktisch verhindern.

[0071] Die aktuellen Bestrebungen, die vorgenannte Problematik mit zusätzlichen Neubaustrecken zu lösen, führt zu weiteren enormen Kostensteigerungen, welche einerseits das Kosten/Nutzen- Verhältnis verschlechtern und andererseits ökonomisch kaum zu rechtfertigen sind.

[0072] **Des Weiteren korreliert das Angebot des heutigen Taktfahrplans über den Tagesgang jeweils nicht mit der Nachfrage, was sich einerseits in teilweise sehr dürrtigen Sitzplatz- Auslastungen in nachfrageschwachen Zeiten und andererseits (trotz zusätzlichen moralisch sowie legal fragwürdigen Stehplätzen) in massiv überfüllten Zügen in nachfragestarken Zeiten manifestiert.**

[0073] **Zudem kann aus verschiedensten Publikationen erkannt werden, dass die stereotyp postulierte Nachhaltigkeit der Bahn nicht ausgewogen ist, und enorme (Wahrnehmungs- und Umsetzungs-) Defizite insbesondere bezüglich Sozialverträglichkeit und Energieeffizienz bestehen.**

[0074] Zudem liegt in der Organisationsverordnung des UVEK 172.217.1 eine gesetzliche Grundlage vor, gemäss Art. 6 Abs. 1 „Das Bundesamt für Verkehr (BAV) ist die Fachbehörde für den öffentlichen Landverkehr“, somit ist einerseits eine klare Zuständigkeit gegeben, andererseits Ziele vorgegeben, die unter Abs. 2 mit „Es verfolgt entsprechend den politischen Vorgaben insbesondere folgende Ziele:“ wovon unter e. „**Steigerung der Effizienz des öffentlichen Verkehrs**“ **präzise genannt ist.**

[0075] Aus den vorgenannten Quellen resultiert zudem der Eindruck, dass in den vergangenen Jahrzehnten seitens der Bahnen und deren Ausbauten primär eine stetige Angebotsausweitung in Kombination mit Fahrzeitenreduktionen angestrebt wurde, wodurch die ökologischen und ökonomischen aber auch gewisse gesellschaftlichen Kriterien (beispielsweise Umsteigezeiten für Senioren, Gehbehinderte etc.) offenbar zunehmend unter die Räder kamen.

[0076] Die erstmalig flächendeckende Einführung eines integralen Taktfahrplanes in der Schweiz im Jahr 1982 basierte einerseits auf dem damals als Basis verfügbaren aktuellen Wissensstand Ende der siebziger Jahre und den damals verfügbaren Technologien sowie gewissen politischen Vorgaben und andererseits angesichts der damaligen durch das Waldsterben geschürten Umweltdebatte auch unter einem gewissen Anteil eines ideologischen Druckes zum raschen Handeln, welcher gewisse Instanzen im wahrsten Sinne des Wortes unter Zugzwang setzten.

[0077] Somit ist aus der damaligen Lage erklärbar, dass die damals schon seit langem bekannte und seinerzeit höchst umstrittene Idee des integralen flächendeckenden Taktfahrplanes raschmöglichst umgesetzt werden sollte, mit einer für Schweizer Verhältnisse enormen Risikoallokation, um das sehr ehrgeizige Ziel zu erreichen, vermutlich nach dem Motto „koste es was es wolle“.

[0078] Demnach sind unter Würdigung der geschilderten Ausgangslage auch Fragen nach gewissen **qualitativen Aspekten** bei der damals hektischen Gestaltung und Einführung des vorliegenden Taktfahrplanes angebracht,

- einerseits bezüglich allfälligen Denkfehlern sowohl in der Aufgabenstellung als auch bei der Konzeption des Taktfahrplanes
- und andererseits bezüglich allfälligen Vorurteilen,

welche unter enormen Erwartungshaltungen und sehr grossem Zeitdruck **vermutlich unter Vernachlässigung einer angesichts des gigantischen Vorhabens angebrachten Reflexion** sowohl bezüglich der Aufgabenstellung als auch bezüglich entsprechenden Variantenbildungen, Lösungsmengen-, Wirkungs- und Nutzwertanalysen, etc. letztendlich zum vorliegenden Konzept des Taktfahrplanes führten.

[0079] Als mögliche Denkfehler oder mögliche Vorurteile können insbesondere im Hinblick auf eine ganzheitliche und in sämtlichen Aspekten bezüglich Umwelt, Wirtschaft und Gesellschaft ausgewogene nachhaltige Gestaltung von Verkehrsnetzen folgende Annahmen, Vorgaben, Randbedingungen oder Parameter hinterfragt werden

- **Basistaktzeit** von exakt einer Stunde als primäre Bezugsgrösse für den Taktfahrplan
- Koppelung der Knotenpunkte an den Stundentakt als primäre Bezugs- und Auslegungsbasis
- Aufteilungen des Basistaktes durch jeweilige Halbierungen, was zu einem Halbstundentakt sowie zu einem Viertelstundentakt, der sich zudem nicht weiter halbieren lässt, führt
- Flächendeckende Anwendung eines einzigen zeitgleichen Basistaktes in sämtlichen Regionen über die ganze Schweiz
- Repetitive Periodizität des Taktfahrplanes über mehrere Stunden, insbesondere bezüglich quasi homogenen Blöcken über Zeiträume von 2, 3, 4, 5, 6, 7, ..15, 16 und mehr Stunden
- Angebotstruktur über den Tagesgang
- Angebotstruktur über den Wochengang
- Angebotstruktur über den Monatsgang
- Angebotstruktur über den Jahresgang
- Modalsplit als Kriterium respektive ökologischer Ziel- Parameter zugunsten der Bahn
- Wahrung der Werthaltigkeit des Fahrscheines
- Wahrnehmung & Umsetzung des Vorsorgeprinzips

[0080] Es ist ein Ziel der vorliegenden Erfindung, die oben genannten Nachteile zu überwinden.

[0081] Es ist ein Ziel der vorliegenden Erfindung, den Zielkonflikt der Nachhaltigkeit bezüglich Ökonomie, Ökologie und Soziologie der terrestrischen Schweizer Verkehrsnetze, insbesondere derjenigen der Bahn im allgemeinen sowie des Eisenbahnpersonenverkehrs im besonderen als auch deren vielfältigen Zubringern wie Postautolinien und Buslinien ganzheitlich und langfristig clever zu lösen.

[0082] Es ist ein Ziel der vorliegenden Erfindung, die Energieeffizienz der Verkehrsnetze, insbesondere des Eisenbahnnetzes und dessen Betriebes einer **dem wahren Bedarf** entsprechenden und ökologisch sowie ökonomisch ausgewogenen sinnvollen dynamischen Nutzung zuzuführen.

[0083] Es ist ein Ziel der vorliegenden Erfindung, das Verhältnis **der angebotenen Betriebsleistungen zu den effektiv erbrachten Transportleistungen** mit gezielten minimal invasiven und zudem äusserst kostengünstigen Massnahmen nachhaltig zu verbessern.

[0084] Es ist ein Ziel der vorliegenden Erfindung, dem Kunden die spezifischen Vorteile eines Taktfahrplanes nachwievorder zur Verfügung zu stellen, und zugleich den in erschreckendem Ausmass zunehmenden Verschleiss an Energie und Material gezielt zu Vermindern, sodass sich insgesamt eine markante langfristige Verbesserung des Verhältnisses von Nutzen zu Aufwand erzielen lässt.

[0085] Es ist insbesondere ein Ziel der vorliegenden Erfindung, das in der vorgenannten Literatur publizierte **Vorurteil**: „**Der Fahrplan im Netz der SBB ist durch das engmaschige Netz mit vielen Zwangspunkten, die grossen Verkehrsströme, das Knotenprinzip im Personenverkehr und auf den gemischten Betrieb auf fast allen Linien (Fern- und**

S-Bahnverkehr, Güterverkehr) gegeben und einer Optimierung im Hinblick auf Energieaspekte kaum zugänglich“ definitiv zu Widerlegen und nachhaltig zu Überwinden.

[0086] Es ist insbesondere ein Ziel der vorliegenden Erfindung, das **Vorurteil**, dass ein Taktfahrplan und dessen Knotenabstände **auf einer Basistaktzeit von einer Stunde aufzubauen sei, zu überwinden**.

[0087] Es ist insbesondere ein Ziel der vorliegenden Erfindung, das **Vorurteil, dass Kapazitätssteigerungen der Eisenbahn nur durch Beschleunigungen des Betriebsablaufes** in einem vermeintlich vorgegebenen Stundenbasierten Taktfahrplan sowie in Kombination mit weiteren Streckenausbauten zu erzielen sind, **zu überwinden**.

[0088] Es ist insbesondere ein Ziel der vorliegenden Erfindung, das in der vorgenannten Literatur publizierten systeminhärenten **Engpässe und Risiken des aktuellen stundenbasierten Taktfahrplans**, dessen Zugfahrpläne bereits heute in den grossen Knoten mit einer **Auflösung von 6 Sekunden und mit wenig oder ohne Reserven geplant werden, und dass in Einzelfällen gar theoretisch „unfahrbare“ Fahrpläne existieren**, zu überwinden.

[0089] Es ist ein Ziel der vorliegenden Erfindung, urtümliche gesellschaftliche Wertvorstellungen des vorletzten Jahrhunderts zu überwinden, und dem Kunden die Werthaltigkeit seines Fahrscheines insbesondere bezüglich dem Sitzplatzanspruch bestmöglich zu gewährleisten.

[0090] Es ist ein Ziel der vorliegenden Erfindung, urtümliche gesellschaftliche Wertvorstellungen des vorletzten Jahrhunderts zu überwinden, und dem Kunden im Sinne der Wahrnehmung des Vorsorgeprinzipes bestmögliche Sicherheit (Safety) während der Reise zu gewährleisten.

[0091] Es ist ein weiteres Ziel der vorliegenden Erfindung, auch älteren Kunden ein angemessen verträglicher ÖV zur Verfügung zu stellen, und die Personensicherheit beim Ein- Aus- und Umsteigen zu verbessern.

[0092] Es ist ein weiteres Ziel der vorliegenden Erfindung, auch älteren Kunden ein angemessen verträglicher ÖV zur Verfügung zu stellen, und insbesondere die Anschlusssicherheit beim Umsteigen zu verbessern.

[0093] Es ist insbesondere ein Ziel der vorliegenden Erfindung, sowohl die Gewährleistung der Anschlusssicherheit für die Passagiere beim Umsteigen als auch die Fahrplanstabilität und Zuverlässigkeit durch genügend Zeitreserven im Eisenbahnpersonenverkehr insgesamt zu verbessern und die Betriebsstabilität und Robustheit des Gesamtsystems der Eisenbahnverkehrsnetze zu optimieren.

[0094] Es ist insbesondere ein Ziel der vorliegenden Erfindung, durch genügend Zeitreserven im Eisenbahnpersonenverkehr dessen Störungsanfälligkeit gezielt zu reduzieren sowie die Robustheit des Gesamtsystems der Eisenbahnverkehrsnetze insgesamt als auch den Verkehrsfluss und die Verkehrskapazität zu optimieren.

[0095] Es ist ein weiteres Ziel der vorliegenden Erfindung, **die klassischen Dilemmas** der herkömmlichen Optimierungen in vorgegeben Strukturen sowie die dabei unter Anwendung der herkömmlichen Verfahren und Mittel auftretenden **etablierten Zielkonflikte** bezüglich Angebot von öffentlichen Betriebsleistungen und der effektiven Nachfrage an derartigen Transportleistungen sowie zwischen Ökologie und Ökonomie der Verkehrsträger im Kontext **zu den Dogmen des ÖV zu überwinden**, und insbesondere die damit einhergehenden Multiplikationen negativer Effekte auf der Kostenseite **elegant aufzulösen**.

[0096] Es ist ein Ziel der vorliegenden Erfindung, den zuständigen Gremien ein Spektrum neuartiger robuster sowie in sich stabiler und mit relativ bescheidenem Aufwand umsetzbare Lösungen aufzuzeigen, welche einerseits mit einer relativ kurzfristigen, d.H. innerhalb von einigen Monaten realisierbaren Variante VVNE primär eine markante Steigerung der Energieeffizienz der Bahn und sekundär zugleich auch eine nicht unwesentliche Kosteneinsparung durch reduzierten Ressourcenverschleiss ergibt, andererseits auch mit einer eher mittelfristig d.H. innerhalb von einigen wenigen Jahren realisierbaren Variante VVNE (auch im Hinblick auf eine mögliche Vorbildfunktion für die im Rahmen der Interoperabilität geplanten Ausbauten der europäischen Eisenbahn- Verkehrsnetze) eine markante und wirkungsvolle Senkung des derzeit enormen Ressourcenverschleisses der Bahn und sekundär zugleich eine zusätzliche sowie insgesamt bedeutungsvolle Verbesserung der Energieeffizienz ergibt.

[0097] **Es ist insbesondere ein Ziel der vorliegenden Erfindung, eine im wahrsten Sinne des Wortes nachhaltige Effizienzsteigerung im terrestrischen ÖV zu ermöglichen, sowie dem ÖV neue Nutzendimensionen zu erschliessen.**

[0098] Diese Ziele werden mit der vorliegenden Erfindung, wie sie in den Patentansprüchen definiert ist, auf eine verblüffend einfache Art und Weise erreicht.

[0099] Das erfindungsgemässe Verfahren zur Optimierung der Nachhaltigkeit von Eisenbahnverkehrsnetzen im allgemeinen sowie der Transporteffizienz und Betriebsstabilität im Eisenbahnpersonenverkehr im besonderen ist dadurch gekennzeichnet, **dass die Angebote der Betriebsleistung** wahlweise entweder mittels wenigstens einer beliebigen direkten oder indirekten, periodischen oder aperiodischen, symmetrischen oder asymmetrischen, geographischen, physischen oder zeitlichen **Parameterisierung**, einschliesslich jeder beliebigen Kombination davon, **systematisch variiert werden**, indem die resultierenden **Transportleistungen** entsprechend wenigstens einem Nachhaltigkeitskriterium der Ökologie, der Ökonomie oder der Soziologie geregelt sowie optimiert werden können, sodass das Verhältnis der angebotenen Betriebsleistungen zu den effektiv erbrachten Transportleistungen mit gezielten minimal invasiven und kostengünstigen Massnahmen insgesamt nachhaltig verbessert und transparent publiziert werden kann, beispielsweise als anschauliches Resultat in

der Form einer gesteigerten Sitzplatzauslastung und einer verbesserten Sitzplatzverfügbarkeit sowie der Gewährleistung der Anschusssicherheit für die Passagiere beim Umsteigen, der Optimierung des Verkehrsflusses und der -Kapazität, der Fahrplanstabilität und Zuverlässigkeit durch genügend Zeitreserven im Eisenbahnpersonenverkehr insgesamt und somit der Verbesserung der Betriebsstabilität und Robustheit des Gesamtsystems der Eisenbahnverkehrsnetze.

[0100] Bevorzugte Ausführungsformen dieser Erfindung sind in den abhängigen Ansprüchen definiert.

[0101] Dabei werden Ausführungsformen, wie sie in den abhängigen Ansprüchen definiert sind, normalerweise nicht wiederholt.

[0102] Als wesentliche Vorteile des erfindungsgemässen Verfahrens sind folgende Punkte hervorzuheben:

- Enorme Verbesserung der Ökobilanz der Bahnen bezüglich Energieeffizienz, Feinstaub- & Lärmemissionen
- Enorme Steigerung der Angebotsflexibilität
- Enorme Steigerung der Ökonomie von Bahn & Bus
- Enorme Steigerung der Sitzauslastungszahlen
- Enorme Verbesserung der Anschlusssicherheit
- Enorme Verbesserung der Fahrplanstabilität
- Enorme Verbesserung der Betriebsstabilität
- Steigerung des Robustheit des Bahnbetriebes
- Verbesserung des Verkehrsflusses und der Verkehrskapazität
- Gezielte Reduktion der Störungsanfälligkeit
- Überwindung des Vorurteiles, dass ein Taktfahrplan auf dem Stundentakt basieren muss
- Überwindung des Vorurteiles, dass ein Taktfahrplan über den ganzen Tag mit voller Wucht durchgehend voll betrieben werden muss
- Überwindung des Vorurteiles, dass die geographischen Knoten eines Taktfahrplanes auf dem exakten Stundentakt basieren müssen
- Überwindung des amtlich publizierten Vorurteiles: **„Der Fahrplan im Netz der SBB ist durch das engmaschige Netz mit vielen Zwangspunkten, die grossen Verkehrsströme, das Knotenprinzip im Personenverkehr und auf den gemischten Betrieb auf fast allen Linien (Fern- und S-Bahnverkehr, Güterverkehr) gegeben und einer Optimierung im Hinblick auf Energieaspekte kaum zugänglich“**
- Rasche, günstige und elegante Umsetzbarkeit
- Überwindung gewisser traditioneller Wahrnehmungs- und Umsetzungsdefizite der Eisenbahn
- Erschliessung eines grossen Spektrums an neuartigen Optimierungspotentialen zur Verbesserung der Personensicherheit, der Verkehrssicherheit, **der Erfüllbarkeit von bis Anhin unterdrückten sozialen Aspekte der Kunden wie Sitzplatzanspruch sowie seniorentauglichen Einsteige- Aussteige- und Umsteigezeiten**, der Ökonomie des Verkehrsflusses sowie insbesondere der Ökobilanz des Schweizer Verkehrsnetzes des terrestrischen OV.

[0103] Im folgenden Teil werden mögliche Anwendungen und mögliche Ausführungsformen beschrieben.

[0104] Gemäss einer ersten möglichen Anwendung des erfindungsgemässen Verfahrens werden die Taktfrequenzen gezielt über den Tagesgang des Passagieraufkommens angepasst. Als einfache Lösung wird innerhalb von zwei symmetrisch angeordneten Zeitfenstern von je 3 Stunden im Zeitraum von 0600 bis 0900 sowie von 1600 bis 1900 nach dem bestehenden Taktfahrplan gefahren, wie in Figur 1 mit dunklen Balken dargestellt, und der Zeitraum von 0900 bis 1600 um jeden derzeit vorhandenen 2. Takt ausgedünnt. Somit lässt sich einerseits die schwache Sitzplatz- Auslastung im Zeitraum von 0900 bis 1600 verbessern, andererseits eine markante Einsparung an Energie von insgesamt zirka 20% erzielen, sowie zugleich auch die Belastung des Rollmaterials und der Infrastruktur insbesondere der Schienen und Weichen reduzieren, respektive deren Unterhaltsintervalle und Lebensdauer entsprechend vergrössern, und somit die Folgekosten für Unterhalt und Ersatzbeschaffungen senken. Diese Lösung hat zudem den Vorteil, dass sich die Passagiere sich die definierten Zeiträume der reduzierten Takte von 0900 bis 1600 sehr gut merken und die Reisen entsprechend disponieren kann.

[0105] Gemäss einer zweiten möglichen Anwendung des erfindungsgemässen Verfahrens werden die Taktfrequenzen gezielt über den Tagesgang des Passagieraufkommens angepasst. Als einfache Lösung wird innerhalb von zwei symmetrisch angeordneten Zeitfenstern von je 3 Stunden im Zeitraum von 0600 bis 0900 sowie von 1600 bis 1900 nach dem bestehenden Taktfahrplan gefahren, wie in Figur 1 mit dunklen Balken dargestellt, und während des restlichen Zeitraumes um jeden derzeit vorhandenen 2. Takt ausgedünnt. Somit lässt sich einerseits die schwache Sitzplatz- Auslastung ausserhalb der Spitzenzeiten verbessern, andererseits eine markante Einsparung an Energie von insgesamt zirka 30% erzielen, sowie zugleich auch die Belastung des Rollmaterials und der Infrastruktur insbesondere der Schienen und Weichen reduzieren, respektive deren Unterhaltsintervalle und Lebensdauer vergrössern, und somit auch die Folgekosten für Unterhalt und Ersatzbeschaffungen senken. Diese Lösung hat zudem den Vorteil, dass sich die Passagiere sich die definierten Zeiträume der vollen von 0600 bis 0900 und von 1600 bis 1900 sehr gut merken und die Reisen entsprechend disponieren kann.

[0106] Gemäss einer dritten möglichen Anwendung des erfindungsgemässen Verfahrens werden die Taktfrequenzen gezielt über den Tagesgang des Passagieraufkommens der Bahn auch für die Zubringerdienste wie Bus- und Postautolinien angepasst. Als einfache Lösung wird innerhalb von zwei asymmetrisch angeordneten Zeitfenstern von 2 respektive 3 Stunden im Zeitraum von 0700 bis 0900 sowie von 1600 bis 1900 nach dem bestehenden Taktfahrplan gefahren, wie

in Figur 2 mit dunklen Balken dargestellt, und während des restlichen Zeitraumes um jeden derzeit vorhandenen 2. Takt ausgedünnt. Somit lässt sich einerseits die schwache Sitzplatz- Auslastung ausserhalb der Spitzenzeiten verbessern, andererseits eine markante Einsparung an Energie von insgesamt zirka 35% bis 45% erzielen, was sich sowohl im Energieverbrauch der Bahn als auch im Energieverbrauch der Bus- und Postautobetriebe niederschlägt, und auch auf sämtlichen Folgekosten der Verkehrsträger bezüglich Unterhalt, Lebensdauer und Ersatzbeschaffungen. Diese Lösung hat zudem den Vorteil, dass sich die Passagiere sich die definierten Zeiträume der vollen Stunden von 0700 bis 0900 und von 1600 bis 1900 sehr gut merken und die Reisen entsprechend disponieren kann.

[0107] Gemäss einer vierten möglichen Anwendung des erfindungsgemässen Verfahrens werden die Taktfrequenzen gezielt über den Tagesgang des Passagieraufkommens der Bahn auch für die Zubringerdienste wie Bus- und Postautolinien angepasst. Als einfache Lösung wird innerhalb von zwei symmetrisch angeordneten Zeitfenstern von je 2 Stunden im Zeitraum von 0700 bis 0900 sowie von 1700 bis 1900 nach dem bestehenden Taktfahrplan gefahren, wie in Figur 3 mit dunklen Balken dargestellt, und während des restlichen Zeitraumes um jeden derzeit vorhandenen 2. Takt sowie in den Randzeiten um jeden 2. und 3. Takt ausgedünnt. Somit lässt sich einerseits die schwache Sitzplatz- Auslastung ausserhalb der Spitzenzeiten verbessern, andererseits eine markante Einsparung an Energie von insgesamt zirka 45% bis 50% erzielen, was sich sowohl im Energieverbrauch der Bahn als auch im Energieverbrauch der Bus- und Postautobetriebe niederschlägt, und auch auf sämtlichen Folgekosten der Verkehrsträger bezüglich Unterhalt, Lebensdauer und Ersatzbeschaffungen. Diese Lösung hat zudem den Vorteil, dass sich die Passagiere sich die definierten Zeiträume der vollen Stunden von 0700 bis 0900 und von 1700 bis 1900 sehr gut merken und die Reisen entsprechend disponieren kann.

[0108] Gemäss einer fünften möglichen Anwendung des erfindungsgemässen Verfahrens werden die Taktfrequenzen gezielt über den Tagesgang des Passagieraufkommens der Bahn auch für die Zubringerdienste wie Bus- und Postautolinien angepasst. Hierzu werden entsprechende Auslastungslimiten über den jeweiligen Tagesgang zugrunde gelegt, indem gemäss Figur 4 zwei Schwellenwerte von 4% sowie 8% festgelegt werden, und in der Folge unterhalb des Schwellenwertes von 8% jeder 2. Takt systematisch ausgelassen wird, sowie unterhalb des Schwellenwertes von 4% jeder 2. und jeder 3. Takt gegenüber dem konventionellen Taktfahrplan systematisch ausgelassen wird.

[0109] Gemäss einer sechsten möglichen Anwendung des erfindungsgemässen Verfahrens werden die Taktfrequenzen gezielt über den Tagesgang des Passagieraufkommens der Bahn auch für die Zubringerdienste wie Bus- und Postautolinien angepasst. Hierzu werden entsprechende Auslastungslimiten über den jeweiligen Tagesgang zugrunde gelegt, indem gemäss Figur 5 vier Schwellenwerte von 3%, 6%, 9% sowie 12% festgelegt werden, und in der Folge oberhalb des Schwellenwertes von 12% jeweils eine zusätzliche Taktverdichtung um beispielsweise 20% (12 Minuten statt 15 Minuten-takt) durchgeführt wird, unterhalb des Schwellenwertes von 12% der bisherige Normaltakt gefahren wird, unterhalb des Schwellenwertes von 9% jeder 3. Takt systematisch ausgelassen wird, unterhalb des Schwellenwertes von 6% jeder 2. Takt systematisch ausgelassen wird, und unterhalb des Schwellenwertes von 3% jeder 2. und jeder 3. Takt gegenüber dem bisherigen konventionellen Taktfahrplan systematisch ausgelassen wird.

[0110] Gemäss einer siebten möglichen Anwendung des erfindungsgemässen Verfahrens werden die Taktfrequenzen gezielt sowohl über den Tagesgang als auch über den Wochengang sowie auch über die saisonalen Schwankungen des Passagieraufkommens der Bahn angepasst. Hierzu werden einerseits gezielt entsprechende Parameter der Auslastungen erhoben und andererseits periodisch mit den effektiven Taktfrequenzen der Taktfahrpläne abgeglichen, sodass sich ein selbstlernender Taktfahrplan heranbilden lässt, welcher sich über die Zeit laufend optimiert und verfeinert sich allfällige Änderungen in gewissen Intervallen publizieren lassen, sodass Angebot und Nachfrage zunehmend konvergieren können. Der aktuelle Taktfahrplan kann zudem über geeignete Mittel visualisiert und kommuniziert werden, sodass der Kunde stets über aktuelle Informationen verfügt, respektive sich diese über geeignete Mittel und Kanäle abrufen kann.

[0111] Gemäss einer achten möglichen Anwendung des erfindungsgemässen Verfahrens wird der Taktfahrplan im Sinne eines BPR- Ansatzes völlig neu aufgebaut, indem einerseits ein völlig neues Mengengerüst an Takten aufgebaut wird, und andererseits ein völlig neues Mengengerüst an Knoten evaluiert respektive definiert wird. Hierzu wird einerseits eine Schar von beliebigen Basistakten gewählt, beispielsweise von 3, 4, 5, 7, 11 oder auch $7\frac{1}{2}$ Minuten, andererseits eine Schar von möglichen Knoten in beliebigen Abständen von 60, 70, 72, 75, 77, 80, 90 Minuten gewählt, und diese beiden Mengengerüste im Kontext zu verschiedenen maximalen Reisegeschwindigkeit der Züge in verschiedenen Szenarien als neue Lösungsmengen von physikalisch möglichen Taktfahrplänen mit deren jeweiligen elektrischen Leistungsbedarf berechnet, und daraus vorab eine Teilmenge von sinnvollen Varianten evaluiert. In einem weiteren Optimierungsschritt werden anschliessend die Angebotskapazitäten im Kontext zu den jeweiligen spezifischen Nachfragen insbesondere über den Tagesgang optimiert, sodass einerseits in Spitzenzeiten durch eine hohe maximal zulässige Taktichte genügend Sitzplätze angeboten werden können, andererseits in Zeiten schwacher Nachfrage mit einer minimalen Taktfrequenz eine gewisse Grundversorgung gewährleistet werden kann, und in Zeiten mittlerer Nachfrage mit einer angepassten Taktfrequenz eine gute Auslastung der jeweils angebotenen Sitzplätze erfolgen kann. Als mögliches Resultat könnte eine **neue Basistaktzeit von 72 Minuten** lanciert werden, was bei einer minimalen Taktzeit von 6 Minuten (allenfalls über zusätzliche Perrons abzuwickeln) eine maximale Spreizung von 12 ergibt, die Maximalgeschwindigkeit und somit die teuren Ausbauten sowie den Energieverbrauch sanft reduziert und zudem eine sanfte Ausweitung der Umsteigezeit ermöglichen würde. Durch die Geschwindigkeitsreduktion ergeben sich weitere Vorteile um v^2 geringerer Bremsstrecken, sodass der Sicherheitsabstand verringert und die Zugfolgedichte und somit auch die Kapazität des Systemes zur Bewältigung der Nachfragespitzen insgesamt erhöht werden kann, und dies möglichst ohne zusätzliche Streckenausbauten. Auf Linien grosser Auslastung

ergeben sich beim fünften 12-Minuten Zyklus weiterhin die Vorteile des Stundentaktes. Somit lässt sich einerseits ein nachfragegerechter „atmungsaktiver“ Taktfahrplan gestalten, welcher andererseits auch die weiteren Kriterien der Nachhaltigkeit wie der Ressourcenschonung, der Energieeffizienz, sowie den betriebswirtschaftlichen Kriterien des Betreibers sowie den gesellschaftlichen Ansprüchen des Kunden des 21. Jahrhunderts zunehmend gerecht werden kann. Da der Energieverbrauch im Quadrat, der Verschleiss zur dritten und **die Kosten** zur vierten Potenz zur Geschwindigkeit steigen, sind gemäss Fig. 9 enorme Potentiale erschliessbar.

[0112] Gemäss einer neunten möglichen Anwendung des erfindungsgemässen Verfahrens werden die Taktfrequenzen gezielt über den Tagesgang des Passagieraufkommens für die verschiedenen Personenzugskategorien (Regionalzüge, IC, ICE, etc.) jeweils individuell angepasst. Als einfache Lösung werden für die zwei oder drei wichtigsten Zugskategorien entsprechende Zeitfenster definiert, in welchen diese im Volltaktbetrieb verkehren, und ausserhalb dieser Zeitfenster mit einem auf 50% ausgedünnten Takt, welcher sich in Randzeiten auch auf einen um 66%, 75% oder 80% ausgedünnten Takt weiter optimieren lässt.

[0113] Gemäss einer zehnten möglichen Anwendung des erfindungsgemässen Verfahrens werden die Taktfrequenzen der Bahn und deren Zubringer wie Postauto- und Bussliniengezielt über den Tagesgang des Passagieraufkommens jeweils individuell in Funktion der Sitzplatzauslastung angepasst. Als einfache Lösung werden die Sitzplatzauslastungen der einzelnen Züge über den Tagesgang und Wochengang über eine bestimmte Zeit gezielt erfasst und für die Optimierung der erfindungsgemässen Taktausdünnung eingesetzt. Hierzu können verschiedene Nutzwerten an Auslastungen als wirtschaftliche Zielgrössen definiert werden, beispielsweise Sitzplatzauslastungen von 20%, 30%, 40%, 50%, 60%, 70%, 80%, 90% und 100%, und die Auslastung stufenweise an die jeweiligen Zielwerte herangeführt werden. Sitzplatzauslastungen von 100% sind infolge der zusätzlich verfügbaren Stehplätze in den Zügen und Bussen während den Stosszeiten durchaus möglich.

[0114] Gemäss einer elften möglichen Anwendung des erfindungsgemässen Verfahrens werden die Taktfrequenzen der Bahn und deren Zubringer wie Postauto- und Busliniengezielt über den Tagesgang des Passagieraufkommens jeweils individuell in Funktion der Sitzplatzauslastung angepasst, indem während den Spitzenzeiten zusätzliche Taktverkürzungen oder Zusatzverbindungen angeboten werden, und in den Zeiten von abnehmenden Passagieraufkommens sowohl auf die Zusatzverbindungen verzichtet wird, als auch die Taktfrequenzen nachfragegerecht ausgedünnt werden (Fig. 12). Somit sollten durchschnittliche Sitzplatz- Auslastungen von wenigstens 60% erzielbar sein. Als einfache Lösung zur Entwöhnung der Passagiere von dem derzeitigen offensichtlichen Ueberangebot eines gigantischen und sturen Taktfahrplans werden die Taktfrequenzen über den Tagesgang in den Fahrplänen farbig bezeichnet, beispielsweise mit rot für 15'-Takt, gelb für 30'-Takt, grün für 60'- Takt und blau für 120'-Takt.

[0115] Gemäss einer zwölften möglichen Anwendung des erfindungsgemässen Verfahrens wird die zugrundeliegende Basis- Taktzeit des Taktfahrplanes von einer Stunde (60 Minuten) auf 72 Minuten erhöht. Dadurch lassen sich gleich mehrere markante Vorteile erzielen, indem sich mit dieser neuen Zeitbasis einerseits Halbtakte von 32', Dritteltakte von 24', Vierteltakte von 18', Sechsteltakte von 12', Achtertakte von 9' und Zwöfteltakte von 6' fahrplanmässig idealtypisch abdecken lassen, und sich andererseits durch geschickte Auslegung der Aufteilung trotzdem gewisse für Kunden einfach merkbare Fixpunkte im Fahrplan mit 0600, 1200, 1800 und 2400 Uhr festlegen lassen. Von zentraler Bedeutung dieses Verfahrens sind jedoch die enormen Reduktionen des mit dem „idealen Stundentakt“ einhergehenden Ressourcenverschleisses auf Prestigestrecken mit extrem komprimierten Fahrzeiten von 57' und den damit einhergehenden zusätzlichen Risiken für Mensch und Material. Mit einer **sanften Dehnung** der Standart- Taktzeit auf 72' **und der dadurch erzielbaren Entscheidung des hektischen Betriebes und des theoretisch teilweise theoretisch bereits nicht mehr fahrbaren Taktfahrplanes** lassen sich mit leicht grösseren Haltezeiten im Bereich von ein bis zwei Minuten einerseits die Gefahren von Personenunfällen beim Ein- und Aussteigen (insbesondere von älteren Passagieren) deutlich reduzieren, und andererseits mit leicht grösseren Zeiträumen für das Umsteigen auf Anschlussverbindungen einerseits das in Stosszeiten enorme Gedränge auf den Perrons milden, und andererseits den älteren Passagieren welche sich beispielsweise mit einem Rollator fortbewegen müssen, sozial und menschenwürdig gerecht werden. Mit einer dadurch resultierenden Ausdehnung der reinen Fahrzeit von 57' auf 63' bis 67', entsprechend einer Fahrzeiterlängerung im Bereich von 10% bis 20% lassen sich bereits merkliche Einsparungen an Energie im Bereich von 27% bis 30% gemäss Fig. 10 erzielen, und insbesondere markante überproportionale Einsparungen an kostspieligen Verschleiss am Rollmaterial und Trassees.

[0116] Gemäss einer dreizehnten möglichen Anwendung des erfindungsgemässen Verfahrens wird die zugrundeliegende Basis- Taktzeit des Taktfahrplanes von einer Stunde (60 Minuten) auf 75 Minuten erhöht. Dadurch lassen sich gleich mehrere markante Vorteile erzielen, indem sich mit dieser neuen Zeitbasis einerseits Dritteltakte von 25', Fünfteltakte von 15', sowie Fünfzehnteltakte von 5' fahrplanmässig idealtypisch abdecken lassen, und sich andererseits durch geschickte Auslegung der Aufteilung trotzdem gewisse für Kunden einfach merkbare Fixpunkte im Fahrplan entweder mit 0700, 1200, 1700 und 2200 Uhr oder mit 0500, 1000, 1500 und 2000 Uhr festlegen lassen. Von zentraler Bedeutung dieses Verfahrens sind jedoch die enormen Reduktionen des mit dem „idealen Stundentakt“ einhergehenden Ressourcenverschleisses auf Prestigestrecken mit extrem komprimierten Fahrzeiten von 57' und den damit einhergehenden zusätzlichen Risiken für Mensch und Material. Mit einer sanften Dehnung der Standart- Taktzeit auf 75' lassen sich mit leicht grösseren Haltezeiten im Bereich von ein bis drei Minuten einerseits die Gefahren von Personenunfällen beim Ein- und Aussteigen (insbesondere von älteren Passagieren) deutlich reduzieren, und andererseits mit leicht grösseren Zeiträumen für das Umsteigen auf Anschlussverbindungen einerseits das in Stosszeiten enorme Gedränge auf den Perrons milden, und andererseits den

älteren Passagieren welche sich beispielsweise mit einem Rollator fortbewegen müssen, sozial und menschenwürdig gerecht werden. Mit einer dadurch resultierenden Ausdehnung der reinen Fahrzeit von 57' auf 64' bis 70' lassen sich bereits merkliche Einsparungen an Energie erzielen, und insbesondere markante überproportionale Einsparungen an kostspieligen Verschleiss am Rollmaterial und Trassees.

[0117] Gemäss einer vierzehnten möglichen Anwendung des erfindungsgemässen Verfahrens wird die zugrundeliegende Basis- Taktzeit des Taktfahrplanes von einer Stunde (60 Minuten) auf 80 Minuten erhöht. Dadurch lassen sich gleich mehrere markante Vorteile erzielen, indem sich mit dieser neuen Zeitbasis einerseits Halbtakte von 40', Vierteltakte von 20', Achteltakte von 10' sowie Sechzehnteltakte von 5' fahrplanmässig idealtypisch abdecken lassen, und sich andererseits durch geschickte Auslegung der Aufteilung trotzdem gewisse für Kunden einfach merkbare Fixpunkte im Fahrplan entweder mit 0600, 1000, 1400, 1800 und 2200 Uhr oder mit 0500, 0900, 1300, 1700 und 2100 Uhr festlegen lassen. Von zentraler Bedeutung dieses Verfahrens sind jedoch die enormen Reduktionen des mit dem „idealen Stundentakt“ einhergehenden Ressourcenverschleisses auf Prestigestrecken mit extrem komprimierten Fahrzeiten von 57' und den damit einhergehenden zusätzlichen Risiken für Mensch und Material. Mit einer sanften Dehnung der Standart- Taktzeit auf 80' lassen sich mit leicht grösseren Haltezeiten im Bereich von ein bis drei Minuten einerseits die Gefahren von Personenunfällen beim Ein- und Aussteigen (insbesondere von älteren Passagieren) deutlich reduzieren, und andererseits mit leicht grösseren Zeiträumen für das Umsteigen auf Anschlussverbindungen einerseits das in Stosszeiten enorme Gedränge auf den Perrons milden, und andererseits den älteren Passagieren welche sich beispielsweise mit einem Rollator fortbewegen müssen, sozial und menschenwürdig gerecht werden. Mit einer dadurch resultierenden Ausdehnung der reinen Fahrzeit von 57' auf 69' bis 75' lassen sich bereits merkliche Einsparungen an Energie erzielen, und insbesondere markante überproportionale Einsparungen an kostspieligen Verschleiss am Rollmaterial und Trassees.

[0118] Gemäss einer fünfzehnten möglichen Anwendung des erfindungsgemässen Verfahrens wird die zugrundeliegende Basis- Taktzeit des Taktfahrplanes von einer Stunde (60 Minuten) auf 90 Minuten erhöht. Dadurch lassen sich gleich mehrere markante Vorteile erzielen, indem sich mit dieser neuen Zeitbasis einerseits Halbtakte von 45', Dritteltake von 30', Fünfteltakte von 18', sowie Sechsteltakte von 15' fahrplanmässig idealtypisch abdecken lassen, und sich andererseits durch geschickte Auslegung der Aufteilung trotzdem gewisse für Kunden einfach merkbare Fixpunkte im Fahrplan zu jeder 3. Stunde, 0300, 0600, 0900, 1200, 1500, 1800, 2100 und 2400 Uhr festlegen lassen. Von zentraler Bedeutung dieses Verfahrens sind jedoch die aussergewöhnlich grossen Reduktionen des mit dem „idealen Stundentakt“ einhergehenden Ressourcenverschleisses auf Prestigestrecken mit extrem komprimierten Fahrzeiten von 57' und den damit einhergehenden zusätzlichen Risiken für Mensch und Material. Mit einer grossen Dehnung der Standart- Taktzeit auf 90' lassen sich mit leicht grösseren Haltezeiten im Bereich von zwei bis drei Minuten einerseits die Gefahren von Personenunfällen beim Ein- und Aussteigen (insbesondere von älteren Passagieren) deutlich reduzieren, und andererseits mit leicht grösseren Zeiträumen für das Umsteigen auf Anschlussverbindungen einerseits das in Stosszeiten enorme Gedränge auf den Perrons milden, und andererseits den älteren Passagieren welche sich beispielsweise mit einem Rollator fortbewegen müssen, sozial und menschenwürdig gerecht werden. Mit einer dadurch resultierenden Ausdehnung der reinen Fahrzeit von 57' auf 81' bis 85' lassen sich aussergewöhnlich grossen Einsparungen an Energie sowie ein grosser Sicherheitsgewinn im Betrieb sowie eine enorme Lärmreduktion erzielen, und insbesondere markante überproportionale Einsparungen an kostspieligen Verschleiss am Rollmaterial und Trassees erzielen.

[0119] Gemäss einer sechzehnten möglichen Anwendung des erfindungsgemässen Verfahrens wird die zugrundeliegende Basis- Taktzeit des Taktfahrplanes von einer Stunde (60 Minuten) auf 90 Minuten erhöht, und gleichzeitig die geographische Verteilung der Knoten nach ökologischen und ökonomischen Kriterien optimiert. Somit kann ein Teil der durch die Taktverlängerung gewonnenen Zeit von beispielsweise 15' für die Optimierung der Strecken und Knoten eingesetzt werden, und ein anderer Teil von beispielsweise 15' zur Optimierung der Halte- und Umsteigezeiten sowie zur Entschärfung des Ressourcenverschleisses eingesetzt werden. Somit lassen sich gleich mehrere markante Vorteile erzielen, indem sich die Aufteilung der Schweizer Knoten neue ökologische und ökonomische Streckenführungen in Kombination mit einem ökologischen und ökonomischen Betrieb kombinieren lassen. Wie geschildert lassen sich mit dieser neuen Zeitbasis einerseits Halbtakte von 45', Dritteltake von 30', Fünfteltakte von 18', sowie Sechsteltakte von 15' fahrplanmässig idealtypisch abdecken lassen, und sich andererseits durch geschickte Auslegung der Aufteilung trotzdem gewisse für Kunden einfach merkbare Fixpunkte im Fahrplan zu jeder 3. Stunde, 0300, 0600, 0900, 1200, 1500, 1800, 2100 und 2400 Uhr festlegen lassen. Von zentraler Bedeutung dieses Verfahrens sind jedoch die aussergewöhnlich grossen Reduktionen des mit dem „idealen Stundentakt“ einhergehenden Ressourcenverschleisses auf Prestigestrecken mit extrem komprimierten Fahrzeiten von 57' und den damit einhergehenden zusätzlichen Risiken für Mensch und Material. Mit einer grossen Dehnung der Standart- Taktzeit auf 90' lassen sich in Kombination mit längeren Streckenabschnitten sowie mit leicht grösseren Haltezeiten im Bereich von zwei bis drei Minuten einerseits die Gefahren von Personenunfällen beim Ein- und Aussteigen (insbesondere von älteren Passagieren) deutlich reduzieren, und andererseits mit leicht grösseren Zeiträumen für das Umsteigen auf Anschlussverbindungen einerseits das in Stosszeiten enorme Gedränge auf den Perrons milden, und andererseits den älteren Passagieren welche sich beispielsweise mit einem Rollator fortbewegen müssen, sozial und menschenwürdig gerecht werden. Mit einer dadurch resultierenden Ausdehnung der reinen Fahrzeit von 57' auf 81' bis 85' lassen sich grosse Einsparungen an Energie sowie ein grosser Sicherheitsgewinn im Betrieb sowie deutliche Lärmreduktion erzielen, und insbesondere markante überproportionale Einsparungen an kostspieligen Verschleiss am Rollmaterial und Trassees erzielen.

[0120] Gemäss einer siebzehnten möglichen Anwendung des erfindungsgemässen Verfahrens wird einerseits die zugrundeliegende Basis- Taktzeit des Taktfahrplanes von einer Stunde (60 Minuten) auf 72 Minuten erhöht, und andererseits die reguläre Taktfrequenz nur den Stosszeiten von 0600 bis 0900 und von 1600 bis 1900 gefahren und ausserhalb dieser Zeiten gezielt in verschiedenen Scharen möglichst nachfrageorientiert variiert respektive reduziert. Dadurch lassen sich gleich mehrere markante Vorteile erzielen, indem sich mit dieser neuen Zeitbasis einerseits Halbtakte von 32', Dritteltakte von 24', Vierteltakte von 18', Sechsteltakte von 12', Achtteltakte von 9' und Zwöfteltakte von 6' sowie allenfalls Achzenhteltakte von 4'(Fig. 14) fahrplanmässig idealtypisch abdecken lassen, und sich durch geschickte Auslegung der Aufteilung trotzdem gewisse für Kunden einfach merkbare Fixpunkte im Fahrplan mit 0600, 1200, 1800 und 2400 Uhr festlegen lassen, und andererseits die unrentablen Fahrten mit ungenügender Sitzplatzauslastung sich elegant eliminieren lassen, ohne dadurch die Vorteile des Taktfahrplanes aufgeben zu müssen. Von zentraler Bedeutung dieses Verfahrens sind jedoch die enormen Reduktionen des mit dem „idealen Stundentakt“ einhergehenden Ressourcenverschleisses auf Prestigestrecken mit extrem komprimierten Fahrzeiten von 57' und den damit einhergehenden zusätzlichen Risiken für Mensch und Material. Mit einer sanften Dehnung der Standart- Taktzeit auf 72' lassen sich mit leicht grösseren Haltezeiten im Bereich von ein bis zwei Minuten einerseits die Gefahren von Personenunfällen beim Ein- und Aussteigen (insbesondere von älteren Passagieren) deutlich reduzieren, und andererseits mit leicht grösseren Zeiträumen für das Umsteigen auf Anschlussverbindungen einerseits das in Stosszeiten enorme Gedränge auf den Perrons milden, und andererseits den älteren Passagieren welche sich beispielsweise mit einem Rollator fortbewegen müssen, sozial und menschenwürdig gerecht werden. Mit einer dadurch resultierenden Ausdehnung der reinen Fahrzeit von 57' auf 65' bis 67' lassen sich bereits merkliche Einsparungen an Energie erzielen, und insbesondere markante überproportionale Einsparungen an kostspieligen Verschleiss am Rollmaterial und Trassees.

[0121] Gemäss einer achtzehnten möglichen Anwendung des erfindungsgemässen Verfahrens wird die zugrundeliegende Basis- Taktzeit des Taktfahrplanes von einer Stunde (60 Minuten) auf 90 Minuten erhöht und andererseits die reguläre Taktfrequenz nur den Stosszeiten von 0600 bis 0900 und von 1600 bis 1900 gefahren und ausserhalb dieser Zeiten gezielt um 50% reduziert. Dadurch lassen sich gleich mehrere markante Vorteile erzielen, indem sich mit dieser neuen Zeitbasis einerseits Halbtakte von 45', Dritteltakte von 30', Fünfteltakte von 18', sowie Sechsteltakte von 15' fahrplanmässig idealtypisch abdecken lassen, und sich durch geschickte Auslegung der Aufteilung trotzdem gewisse für Kunden einfach merkbare Fixpunkte im Fahrplan zu jeder 3. Stunde, 0300, 0600, 0900, 1200, 1500, 1800, 2100 und 2400 Uhr festlegen lassen und andererseits die unrentablen Fahrten mit ungenügender Sitzplatzauslastung sich elegant eliminieren lassen, ohne dadurch die Vorteile des Taktfahrplanes aufgeben zu müssen. Von zentraler Bedeutung dieses Verfahrens sind jedoch die aussergewöhnlich grossen Reduktionen des mit dem „idealen Stundentakt“ einhergehenden Ressourcenverschleisses auf Prestigestrecken mit extrem komprimierten Fahrzeiten von 57' und den damit einhergehenden zusätzlichen Risiken für Mensch und Material. Mit einer grossen Dehnung der Standart- Taktzeit auf 90' lassen sich mit leicht grösseren Haltezeiten im Bereich von zwei bis drei Minuten einerseits die Gefahren von Personenunfällen beim Ein- und Aussteigen (insbesondere von älteren Passagieren) deutlich reduzieren, und andererseits mit leicht grösseren Zeiträumen für das Umsteigen auf Anschlussverbindungen einerseits das in Stosszeiten enorme Gedränge auf den Perrons milden, und andererseits den älteren Passagieren welche sich beispielsweise mit einem Rollator fortbewegen müssen, sozial und menschenwürdig gerecht werden. Mit einer dadurch resultierenden Ausdehnung der reinen Fahrzeit von 57' auf 81' bis 85' lassen sich aussergewöhnlich grosse Einsparungen an Energie sowie ein grosser Sicherheitsgewinn im Betrieb sowie enorme Lärmreduktionen erzielen, und insbesondere markante überproportionale Einsparungen an kostspieligen Verschleiss am Rollmaterial und Trassees erzielen.

[0122] Gemäss einer neunzehnten möglichen Anwendung des erfindungsgemässen Verfahrens wird die zugrundeliegende Basis- Taktzeit des Taktfahrplanes von einer Stunde (60 Minuten) auf 90 Minuten erhöht und andererseits die reguläre Taktfrequenz nur den Stosszeiten von 0600 bis 0900 und von 1600 bis 1900 gefahren und ausserhalb dieser Zeiten nachfragegerecht gezielt um einen geeigneten Bruchteil wie um 1/3, 50%, 2/3 oder mehr reduziert, (in Analogie zu Fig. 12) derart dass auch in Zeiten mit bescheidenem Passagieraufkommen eine durchschnittliche Sitzplatzauslastung von wenigstens 60% erzielt werden kann. Mit diesem Bündel von Massnahmen lassen sich gleich mehrere markante Vorteile erzielen, indem sich mit dieser neuen Zeitbasis einerseits Halbtakte von 45', Dritteltakte von 30', Fünfteltakte von 18', sowie Sechsteltakte von 15' fahrplanmässig idealtypisch abdecken lassen, und sich durch geschickte Auslegung der Aufteilung trotzdem gewisse für Kunden einfach merkbare Fixpunkte im Fahrplan zu jeder 3. Stunde, 0300, 0600, 0900, 1200, 1500, 1800, 2100 und 2400 Uhr festlegen lassen und andererseits die unrentablen Fahrten mit ungenügender Sitzplatzauslastung sich elegant eliminieren lassen, ohne dadurch die Vorteile des Taktfahrplanes aufgeben zu müssen. Von zentraler Bedeutung dieses Verfahrens sind jedoch die aussergewöhnlich grossen Reduktionen des mit dem „idealen Stundentakt“ einhergehenden Ressourcenverschleisses auf Prestigestrecken mit extrem komprimierten Fahrzeiten von 57' und den damit einhergehenden zusätzlichen Risiken für Mensch und Material. Mit einer grossen Dehnung der Standart- Taktzeit auf 90' lassen sich mit leicht grösseren Haltezeiten im Bereich von zwei bis drei Minuten einerseits die Gefahren von Personenunfällen beim Ein- und Aussteigen (insbesondere von älteren Passagieren) deutlich reduzieren, und andererseits mit leicht grösseren Zeiträumen für das Umsteigen auf Anschlussverbindungen einerseits das in Stosszeiten enorme Gedränge auf den Perrons milden, und andererseits den älteren Passagieren welche sich beispielsweise mit einem Rollator fortbewegen müssen, sozial und menschenwürdig gerecht werden. Mit einer dadurch resultierenden Ausdehnung der reinen Fahrzeit von 57' auf 81' bis 85' lassen sich aussergewöhnlich grosse Einsparungen an Energie sowie ein grosser Sicherheitsgewinn im Betrieb sowie enorme Lärmreduktionen erzielen, und insbesondere markante überproportio-

nale Einsparungen an kostspieligen Verschleiss am Rollmaterial und Trassees erzielen. Insgesamt lässt sich dank der Kombination des 90'-Taktfahrplan und dessen selektiven Ausdünnung mit einem an sich bescheidenen Aufwand eine in jeder Hinsicht nachhaltige Lösung erzielen, die insbesondere in Kombination mit Geschwindigkeitsreduktionen auf den Transitstrecken sehr grosse und attraktive Energieeinsparungen, Komfortverbesserungen, Lärm- Verschleiss- Stress- und Kostenreduktionen ergeben.

[0123] Gemäss einer zwanzigsten möglichen Anwendung des erfindungsgemässen Verfahrens wird die zugrundeliegende Basis- Taktzeit des Taktfahrplanes von einer Stunde (60 Minuten) auf 90 Minuten erhöht, und gleichzeitig die geographische Verteilung der Knoten nach ökologischen und ökonomischen Kriterien völlig neu optimiert. Somit kann ein Teil der durch die Taktverlängerung gewonnenen Zeit von beispielsweise 10' bis 20' für die Optimierung der Strecken und Knoten eingesetzt werden, und ein anderer Teil von beispielsweise 10' bis 20' zur Optimierung der Halte- und Umsteigezeiten sowie zur Entschärfung des Ressourcenverschleisses eingesetzt werden. Somit lassen sich gleich mehrere markante Vorteile erzielen, indem sich durch die neu gewonnene Flexibilität zur Aufteilung der Schweizer Knoten neue ökologische und ökonomische Streckenführungen in Kombination mit einem ökologischen und ökonomischen Betrieb kombinieren lassen, und grundsätzlich eine Vielzahl neuer Optimierungspotentiale erschliessen lässt. Wie vorgängig geschildert lassen sich mit dieser neuen Zeitbasis einerseits Halbtakte von 45', Dritteltakte von 30', Fünfteltakte von 18', sowie Sechsteltakte von 15' fahrplanmässig idealtypisch abdecken lassen, und sich andererseits durch geschickte Auslegung der Aufteilung trotzdem gewisse für Kunden einfach merkbare Fixpunkte im Fahrplan zu jeder 3. Stunde, 0300, 0600, 0900, 1200, 1500, 1800, 2100 und 2400 Uhr festlegen lassen. Von zentraler Bedeutung dieses Verfahrens sind jedoch die aussergewöhnlich grossen Reduktionen des mit dem „idealen Stundentakt“ einhergehenden Ressourcenverschleisses auf Prestigestrecken mit extrem komprimierten Fahrzeiten von 57' und den damit einhergehenden zusätzlichen Risiken für Mensch und Material. Mit einer grossen Dehnung der Standard- Taktzeit auf 90' lassen sich in Kombination mit längeren Streckenabschnitten sowie mit leicht grösseren Haltezeiten im Bereich von zwei bis drei Minuten einerseits die Gefahren von Personenunfällen beim Ein- und Aussteigen (insbesondere von älteren Passagieren) deutlich reduzieren, und andererseits mit leicht grösseren Zeiträumen für das Umsteigen auf Anschlussverbindungen einerseits das in Stosszeiten enorme Gedränge auf den Perrons milden, und andererseits den älteren Passagieren welche sich beispielsweise mit einem Rollator fortbewegen müssen, sozial und menschenwürdig gerecht werden. Mit einer dadurch resultierenden Ausdehnung der reinen Fahrzeit von 57' auf 81' bis 85' lassen sich grosse Einsparungen an Energie sowie ein grosser Sicherheitsgewinn im Betrieb sowie deutliche Lärmreduktion erzielen, und insbesondere markante überproportionale Einsparungen an kostspieligen Verschleiss am Rollmaterial und Trassees erzielen.

[0124] Gemäss einer einundzwanzigsten möglichen Anwendung des erfindungsgemässen Verfahrens wird vorab ein aussagekräftiges Mengengerüst der effektiven Sitzplatzauslastungen über die Zeit in den verschiedenen Bahnen und deren Zubringern wie Postauto- und Buslinien mit geeigneten Mitteln unter Wahrung des Persönlichkeits- und Datenschutzes anonym erhoben, sodass keine Bewegungsprofile der Passagiere erstellt und ausgewertet werden können. Hierzu wird jeder Sitzplatz mit einem geeigneten Belegungsdedektor ausgerüstet, welcher primär die Belegung durch Personen erkennt, und Fehlerfassungen von Gepäckstücken etc. möglichst ausschliessen lassen. Diese Erfassung kann beispielsweise über oberhalb des jeweiligen Sitzes vertikal angeordneten und auf ein Belegungsfenster fokussierte Webcams oder über geeignete IR- Sensoren erfolgen. Derartige Messaufbauten lassen sich mit wenig Aufwand unterhalb der Hutablagen oder an der Decke installieren und die Messdaten pro Wagen oder Fahrzeug über einen PC laufend erfassen und periodisch auswerten. Für neue Fahrzeuge lassen sich serienmässige Ausrüstungen mittels Sitzplatzdedektoren und Geräten zur Erfassung und Auswertung der Sitzplatzbelegung respektive der Sitzplatzauslastungen schon bei der Ausschreibung spezifizieren und serienmässig als integrierte Lösungen einführen. Ab einer gewissen Durchdringung der Flotten lassen sich nebst der Erhebung der Sitzplatzauslastungen pro Wagen respektive Fahrzeug auch allfällige Veränderungen des Passagierverhaltens bei erfindungsgemässen Fahrplanumstellungen erfassen und für weitere intensivere Planungen zur Optimierung der Nachhaltigkeit von Verkehrsnetzen nutzen.

[0125] Gemäss einer zweiundzwanzigsten möglichen Anwendung des erfindungsgemässen Verfahrens werden sämtliche erfindungsgemässen Parameter variiert und daraus völlig neue Lösungsfelder evaluiert und berechnet, indem einerseits sowohl die vorgängig genannten geeigneten neuen Taktzeiten (beispielsweise 66', 72', 75', 80', 90') als auch deren gezielte Variation durch selektive Ausdünnung über den Tagesgang des Passagieraufkommens sowie andererseits auch die Möglichkeiten der Variation der geographischen Knoten des Verkehrsnetzes sowie die Optimierung der Aufteilung der Fahrzeiten und Haltezeiten auf die neuen Zeitfenster und Fahrstrecken zwischen den Knoten insgesamt oder auch Teilmengen davon vorurteilslos geprüft werden, und die Resultate nach allen Dimensionen der Nachhaltigkeit parameterisiert und bewertet werden.

[0126] Gemäss einer dreiundzwanzigsten möglichen Anwendung des erfindungsgemässen Verfahrens werden im Sinne einer ausgewogenen Nachhaltigkeit die BasisTaktzeiten geographisch unterschiedlich eingestellt, indem hierzu die Schweiz beispielsweise in drei oder vier Regionen aufgeteilt wird, sodass sich der jeweilige Taktstart geographisch jeweils um zwanzig Minuten respektive eine Viertelstunde verschieben lässt, wodurch sich die gesamtschweizerischen Strombedarfsspitzen beim Anfahren glätten lassen.

[0127] Gemäss einer vierundzwanzigsten möglichen Anwendung des erfindungsgemässen Verfahrens werden im Sinne einer ausgewogenen Nachhaltigkeit die Modalsplitdaten in Relation zu den jeweiligen Sitz- Auslastungszahlen sowie dem

jeweiligen Energieverbrauch der Zugskompositionen systematisch erfasst im Kontext zum jeweiligen Grenznutzen der Verkehrsträger dargestellt.

[0128] Gemäss einer fünfundzwanzigsten möglichen Anwendung des erfindungsgemässen Verfahrens werden im Sinne einer ausgewogenen Nachhaltigkeit sämtliche vorgenannte erfindungsgemässen Parameter ausgereizt sowie zusätzlich um die Einführung einer allgemeinen Höchstgeschwindigkeit von 160 km/h auf dem gesamten Schweizer Streckennetz der Eisenbahnen erweitert, sodass sich einerseits kostspielige Umrüstungen der Zugleitsysteme einsparen lassen, und sich andererseits der Energieverbrauch, die Lärm- und Feinstaubemissionen senken lassen, der Fahrkomfort und die Sicherheit für die Passagiere gesteigert und zudem auch die Kosten für den Betrieb und Unterhalt der Fahrzeuge und der Infrastruktur markant gesenkt werden können.

[0129] Gemäss einer sechszwanzigsten möglichen Anwendung des erfindungsgemässen Verfahrens werden die Höchstgeschwindigkeiten je nach der Energieeffizienz und Lärmemissionen der jeweiligen Zugskompositionen sowie Exposition der Strecke auf 160 km/h, 180 km/h oder 200 km/h beschränkt, sodass sich auch gewisse Neubaustrecken insgesamt etwas umweltverträglicher betreiben lassen.

[0130] Gemäss einer siebenundzwanzigsten möglichen Anwendung des erfindungsgemässen Verfahrens wird bei den ÖV eine Sitzplatzpflicht eingeführt, **sodass die jeweiligen Transportunternehmen einerseits die Werthaltigkeit des Fahrscheines gegenüber dem Kunden gewährleisten kann und andererseits auch ihrer Vorsorgepflicht (im Hinblick auf die Sicherheit der Passagiere) gerecht werden kann.**

[0131] Gemäss einer achtundzwanzigsten möglichen Anwendung des erfindungsgemässen Verfahrens wird zu dessen einfachen und zügigen Umsetzung in einer absehbaren Zeit vorab einzig die selektive Variation des Taktes auf der Basis des zugrundeliegenden Stundentaktes in Angriff genommen und die damit erschliessbaren Potentiale in vier Szenarien (Fig. 6) nachvollziehbar hergeleitet. Dabei wird davon ausgegangen, dass der derzeitige Energieverbrauch der Bahn auf einem durchschnittlichen Halbstundentakt über das gesamte Netz basiert, was indirekt aus der Stromkurve (Fig. 11) herausgelesen und dadurch indirekt bestätigt werden kann. Aus Szenario 4 ist ersichtlich, dass mit einem minimal invasiven Eingriff einer selektiven Taktausdünnung auf einen Stundentakt in Zeiten schwachen Passagieraufkommens sowie einer selektiven Taktverdichtung in Zeiten mit sehr grossem Passagieraufkommens eine markante Einsparung von zirka 28% an Traktionsenergie der Bahn realisiert werden kann, sowie in Stosszeiten zugleich das Sitzplatzangebot markant verbessert werden kann, was der Sicherheit dient. Im weiteren kann davon ausgegangen werden, dass einerseits der Umfang der Einsparung an Traktions- Energie der Bahn von zirka 28% entsprechend zirka 480 GWh jährlich beträgt, was dem Vierfachen der im Jahr 2010 in der Schweiz über Windkraftwerke und Photovoltaik erzeugten Energie entspricht, und je nach Bahnstrompreis zirka CHF 80 Millionen Franken entspricht. Zudem kann davon ausgegangen werden, dass mit dieser einfachen und in sich robusten Lösung der Einsparung von zirka 28% an Fahrstrecken des Personenverkehrs der Bahn einerseits der Ressourcenverschleiss an Personal, Unterhalt, Trasses etc. sowie dem Aufschub von Flottenerneuerungen insgesamt weitere Einsparungen von zirka CHF 800 Millionen pro Jahr ergeben wird. Gleichzeitig können auf dem stark belasteten Trasse die dringend benötigten zusätzliche Kapazitäten für den Güterverkehr frei gemacht werden, sodass sich hierdurch zusätzlich weitere Vorteile ergeben.

[0132] Gemäss einer neunundzwanzigsten möglichen Anwendung des erfindungsgemässen Verfahrens wird zur nachhaltigen Umsetzung einerseits ein idealtypischer neuer Basistakt von 72 Minuten eingeführt und andererseits eine möglichst nachfragegerechte selektive Taktverdichtung in den Zeiten grosser Passagierströme des Fernverkehrs durchgeführt. Somit können wahlweise sowohl die Knoten als auch die Reisezeiten entsprechend um jeweils 3 bis 9 Minuten ausgedehnt werden, beispielsweise zur Entlastung des Lokführers auf der Strecke Zürich- Bern, sowie auch die Umsteigezeiten um jeweils 3 bis 6 Minuten ausgedehnt werden, beispielsweise zugunsten der älteren Passagiere. Dies ergibt interessante Skaleneffekte sowohl bezüglich Energieverbrauch als auch insbesondere dem inhärenten sowie überproportional zur Geschwindigkeit steigenden Ressourcenverschleiss der Kompositionen sowie der Trasses. Zugleich lässt sich das Angebot zeitlich leicht ausdehnen, um den aktuellen Bedürfnisse der Reisenden im Fernverkehr mit einer entsprechenden variablen Fahrplanstruktur (Fig. 7) entgegenzukommen. Wie aus den sogenannten Nachtzügen des ZVV bekannt, sind in der Nacht Taktzeiten von einer Stunde breit akzeptiert, somit stellt eine moderate Ausdehnung der Basistaktfrequenz in Kombination mit der zeitlichen Ausdehnung des Angebotes ein höchst interessantes Modell dar. Speziell interessant ist die Möglichkeit der grossen Spreizung der Takte, vom Basistakt von 72 Minuten über den Halbtakt von 36 Minuten sowie dem Dritteltakt von 24 Minuten bis hin zum Sechsteltakt von 12 Minuten. Somit ist aus der Reduktion der Anzahl Fahrten gegenüber einem durchgehenden Halbstundentakt eine Einsparung an Energie von zirka 20% erzielbar, gegenüber einem offensichtlich unsinnigen durchgehenden Viertelstundentakt von zirka 60%, somit kann in einer über das ganze Netz ergebenden Mischform mit einer Einsparung von zirka 40% gerechnet werden.

[0133] Gemäss einer dreissigsten möglichen Anwendung des erfindungsgemässen Verfahrens wird zur nachhaltigen Umsetzung einerseits ein idealtypischer neuer Basistakt von 72 Minuten eingeführt und andererseits eine möglichst nachfragegerechte selektive Taktverdichtung in den Zeiten grosser Passagierströme des Fernverkehrs durchgeführt. Somit können wahlweise sowohl die Knoten als auch die Reisezeiten entsprechend um jeweils 3 bis 9 Minuten ausgedehnt werden, beispielsweise zur Entlastung des Lokführers auf der Strecke Zürich- Bern, sowie auch die Umsteigezeiten um jeweils 3 bis 6 Minuten ausgedehnt werden, beispielsweise zugunsten der älteren Passagiere. Dies ergibt interessante Skaleneffekte sowohl bezüglich Energieverbrauch als auch insbesondere dem inhärenten sowie überproportional zur Geschwindigkeit steigenden Ressourcenverschleiss der Kompositionen sowie der Trasses. Zugleich lässt sich das Angebot zeitlich

leicht ausdehnen, um den aktuellen Bedürfnisse der Reisenden im Nahverkehr mit einer entsprechenden variablen Fahrplanstruktur (Fig. 8) entgegenzukommen. Speziell interessant ist die Möglichkeit der grossen Spreizung der Takte, vom Basistakt von 72 Minuten über den Halbtakt von 36 Minuten sowie dem Dritteltakt von 24 Minuten bis hin zum Sechsteltakt von 12 Minuten. Somit ist aus der Reduktion der Anzahl Fahrten gegenüber einem durchgehenden Halbstundentakt eine Einsparung an Energie von zirka 10% erzielbar, gegenüber einem offensichtlich unsinnigen durchgehenden Viertelstundentakt von zirka 55%, somit kann in einer über das ganze Netz ergebenden Mischform mit einer Einsparung von zirka 35% gerechnet werden. Zudem kann gegenüber einem durchgehenden Halbstundentakt nebst den Einsparungen an Bahnstrom mit zusätzlichen Einsparungen von Betriebs- und Unterhaltskosten im Bereich von jährlich insgesamt zirka CHF 1,2 Mia. gerechnet werden, **sowie sehr teure Ausbauten vermieden werden.**

[0134] Gemäss einer einunddreissigsten möglichen Anwendung des erfindungsgemässen Verfahrens wird zu nachhaltigen Umsetzung einerseits ein idealtypischer neuer Basistakt von 72 Minuten eingeführt und andererseits eine möglichst nachfragegerechte selektive Taktvariation auf den entsprechenden Linien schweizweit eingeführt.

[0135] Gemäss einer zweiunddreissigsten möglichen Anwendung des erfindungsgemässen Verfahrens wird zu nachhaltigen Umsetzung einerseits ein idealtypischer neuer Basistakt von 72 Minuten eingeführt und andererseits eine möglichst nachfragegerechte selektive Taktvariation auf den entsprechenden Linien in der Schweiz sowie im Verbund mit Deutschland und Oesterreich zur Steigerung der Interoperabilität vorzugsweise gemeinsam geplant, optimiert sowie zügig und grossflächig eingeführt.

[0136] Gemäss einer dreiunddreissigsten möglichen Anwendung des erfindungsgemässen Verfahrens werden einerseits ein zweites Netz mit einer anderen Basistaktzeit aufgebaut, und andererseits aufgrund dieser neuen Basistaktzeit beispielsweise von 90 Minuten zugleich gezielt neue geographische Knoten erschlossen. Somit kann dieses zweite Netz auf den bestehenden Infrastrukturen betrieben werden, und durch die gezielte Entflechtung der Taktfahrpläne nebst sämtlichen ökonomischen, ökologischen und sozialen Vorteile auch die Bildung neuer Knoten beispielsweise in raumplanerischen Entwicklungs- und Verdichtungsgebieten eine Basis für eine völlig neue Konzeption der Eisenbahnverkehrsnetze gelegt werden.

[0137] Gemäss einer vierunddreissigsten möglichen Anwendung des erfindungsgemässen Verfahrens werden einerseits die derzeitige Basistaktzeit von 60' auf 72' ausgedehnt, sowie ein zweites Netz mit einer anderen Basistaktzeit von 90 Minuten aufgebaut, welches zugleich gezielt neue geographische Knoten erschliesst. Somit kann dieses zweite Netz auf den bestehenden Infrastrukturen betrieben werden, und durch die gezielte Entflechtung der Taktfahrpläne nebst sämtlichen ökonomischen, ökologischen und sozialen Vorteile auch die Bildung neuer Knoten beispielsweise in raumplanerischen Entwicklungs- und Verdichtungsgebieten eine Basis für eine völlig neue Konzeption der Eisenbahnverkehrsnetze gelegt werden. Zudem lassen sich durch die postulierte systematische Variation von Raum und Zeit durch den Betrieb des Eisenbahnverkehrsnetzes mit zwei verschiedenen Basistaktzeiten weitere Optimierungen erzielen, indem beispielsweise durch eine Startzeitverschiebung um 3 Minuten sich einerseits die Lastgradienten der Anfahrspitzen (Fig. 11) brechen, und andererseits durch eine geschickte Kombination der beiden verschiedenen selektiv variablen Taktfahrpläne sowohl die postulierte Taktausdünnung als auch die postulierte Taktverdichtung ausgewogen optimieren.

[0138] Gemäss einer fünfunddreissigsten möglichen Anwendung des erfindungsgemässen Verfahrens werden einerseits die derzeitige Basistaktzeit von 60' auf 72' ausgedehnt, und andererseits der Fahrplan insgesamt partiell definiert entschleunigt, indem die exzessiven Beschleunigungen und Verzögerungen der Züge gezielt reduziert werden, sodass sich einerseits die Lastgradienten der Anfahrspitzen (Fig. 11) abflachen lassen, was überproportionale Energieeinsparungen beim Anfahren der Züge, eine bessere Netzstabilität sowie überproportionale Kosteneinsparungen im Hinblick auf die Netzausbauten und andererseits durch sanftere Verzögerungen sowohl eine Reduktion des Verschleisses der Infrastrukturen und des Rollmaterials, dessen Emissionen, als auch eine Steigerung des Fahrkomforts für die Passagiere ergibt.

[0139] Gemäss einer sechsunddreissigsten möglichen Anwendung des erfindungsgemässen Verfahrens werden einerseits die derzeitige Basistaktzeit von 60' auf 72' ausgedehnt, und andererseits der Fahrplan insgesamt partiell definiert entschleunigt, indem einerseits die exzessiven Beschleunigungen und Verzögerungen der Züge gezielt reduziert werden, und andererseits die zugrundeliegenden Basistaktzeiten und/oder die Taktfrequenzen regional variiert und separiert werden, sodass sich einerseits die Lastgradienten der Anfahrspitzen (Fig. 11) abflachen lassen, was überproportionale Energieeinsparungen beim Anfahren der Züge, eine bessere Netzstabilität sowie überproportionale Kosteneinsparungen im Hinblick auf die Netzausbauten und andererseits durch sanftere Verzögerungen sowohl eine Reduktion des Verschleisses der Infrastrukturen und des Rollmaterials, dessen Emissionen, als auch eine Steigerung des Fahrkomforts für die Passagiere ergibt.

[0140] Gemäss einer siebenunddreissigsten möglichen Anwendung des erfindungsgemässen Verfahrens werden **die während des Betriebes durch den Taktfahrplan periodisch auftretenden Lastgradienten** durch eine beliebige **zeitliche** oder **geographische** Variation der anfallenden elektrischen Leistungsbezüge gezielt **reduziert und geglättet, insbesondere** in der Form wenigstens **eines in beliebigen Intervallen über beliebige Perioden variablen Taktfahrplanes**, vorzugsweise in Form einer Schar aus verschiedenen Basistakten und verschiedenen Intervallen, einschliesslich jeder beliebigen Kombination davon, gebildeten über den Tagesgang variablen Multi- Taktfahrplänen sowie einer definierten zeitlichen Verschiebung der Abfahrtszeiten, und dadurch wahlweise zeitlich und/oder geographisch näherungsweise nachfrageorientierte Taktfahrpläne erstellt und betrieben werden können. Gemäss einer achtunddreissigsten möglichen Anwendung

des erfindungsgemässen Verfahrens werden die während des Betriebes durch den Taktfahrplan periodisch auftretenden Lastgradienten durch eine beliebige zeitliche oder geographische Variation der anfallenden elektrischen Leistungsbezüge reduziert und geglättet, insbesondere durch eine gezielte Variation der zeitlichen und geographischen anfallenden Betriebsleistungen des Fahrplanes, vorzugsweise durch eine Kombination der Dehnung der Basistaktzeiten im Personenverkehr auf über 60 Minuten in Kombination mit einer bewussten zeitlichen Verschiebung der jeweiligen Anfahrtsphasen der Züge in verschiedenen geographischen Räumen, sodass sich eine markante Reduktion und Glättung der Lastgradienten und somit eine markante Reduktion der diesbezüglichen Verluste über die gesamte Wirkungskette ergibt, wodurch sich insgesamt markante Energieeinsparungen im Personenverkehr der Bahn erzielen lassen.

[0141] Gemäss einer neununddreissigsten möglichen Anwendung des erfindungsgemässen Verfahrens werden die während des Betriebes durch den Taktfahrplan periodisch auftretenden Lastgradienten durch eine beliebige zeitliche oder geographische Variation der anfallenden elektrischen Leistungsspitzen gezielt reduziert und geglättet, insbesondere in der Form wenigstens eines in beliebigen Intervallen über beliebige Perioden variablen Taktfahrplanes, vorzugsweise in Form einer Schar aus verschiedenen Basistakten und verschiedenen Intervallen, einschliesslich jeder beliebigen Kombination davon, gebildeten sowie über den Tagesgang und den jeweiligen geographischen Regionen variablen Multi- Taktfahrplänen, und dadurch wahlweise zeitlich und/oder geographisch näherungsweise nachfrageorientierte Taktfahrpläne erstellt und betrieben werden können.

[0142] Gemäss einer vierzigsten möglichen Anwendung des erfindungsgemässen Verfahrens werden die während des Betriebes durch den Taktfahrplan periodisch auftretenden Lastgradienten durch eine beliebige zeitliche oder geographische Variation der anfallenden elektrischen Leistungsspitzen reduziert und geglättet, insbesondere durch eine gezielte Variation der zeitlichen und geographischen anfallenden Betriebsleistungen des Fahrplanes, vorzugsweise durch eine Kombination der Dehnung der Basistaktzeiten im Personenverkehr auf über 60 Minuten in Kombination mit einer bewussten zeitlichen Verschiebung der jeweiligen Anfahrtsphasen der Züge in verschiedenen geographischen Räumen, sodass sich eine markante Reduktion und Glättung der Lastgradienten und somit eine markante Reduktion der diesbezüglichen Verluste über die gesamte Wirkungskette ergibt, wodurch sich insgesamt markante Energieeinsparungen im Personenverkehr der Bahn erzielen lassen.

[0143] Gemäss einer einundvierzigsten möglichen Anwendung des erfindungsgemässen Verfahrens werden die während eines beliebig getakteten Fahrplanes periodisch auftretenden Lastgradienten über wenigstens ein partiell elastisches Angebot gebildet aus einer beliebigen Schar von zeitlich oder geographisch variablen Taktfahrplänen, einschliesslich jeder beliebigen Kombination davon, reduziert und geglättet, vorzugsweise durch eine Kombination der Dehnung der Basistaktzeiten im Personenverkehr auf über 60 Minuten, je nach Strecke vorzugsweise im Bereich von 3 Minuten bis 15 Minuten gemäss (Fig. 13), in Kombination mit einer bewussten zeitlichen Verschiebung der jeweiligen Anfahrtsphasen der Züge in verschiedenen geographischen Räumen, beispielsweise einer über den Tagesgang variablen Schar von verschiedenen Takten und Taktfolgen im Bereich von 12 Minuten bis 72 Minuten oder im Bereich von 15 Minuten bis 90 Minuten und wenigstens einem entsprechend gedehnten Basistaktfahrplan von beispielweise 72 Minuten, welcher eine neue flexible Handhabung auf der Basis von 12 Minuten und einer Schar von deren Vielfachen ermöglicht, derart dass sich insgesamt sowohl regionale als auch national eine möglichst geglättete Netzbelastung mit möglichst flachen Lastgradienten erzielen lässt, und sich somit einerseits eine markante Effizienzsteigerung der Bahnstromversorgung über die gesamte Wirkungskette sowie andererseits markante Energieeinsparungen und Kosteneinsparungen im Personenverkehr sowie den entsprechenden Bauten und Anlagen zur Stromübertragung erzielen lassen, wobei sich zudem in Kombination vorgenannter Massnahmen mit nachfrageorientiert ausgelegten selektiv variablen Taktfahrplänen einerseits zusätzlich weitere Einsparungen an Ressourcenverschleiss von Mensch, Energie, Material und Geld erzielen lässt, und sich andererseits sowohl der Verkehrsfluss auf der Züge auf dem Schienennetz und der Verkehrsfluss der Personenströme auf den Perrons verflüssigen und somit zugleich die Kapazität der bestehenden Infrastrukturen erhöhen lässt, als auch die Anschlusssicherheit für die Passagiere bei deren Umsteigen.

[0144] Gemäss einer zweiundvierzigsten möglichen Anwendung der erfindungsgemässen Verfahrens werden die verschiedenen Verfahren zur Reduktion der anfallenden Lastgradienten und der dadurch über die gesamte Wirkungskette der Bahnstromversorgung in Kombination mit selektiver Taktvariationen zur Verbesserung der Transporteffizienz eingesetzt, sodass sich das Gesamtsystem Bahn Schweiz einerseits nach den Kriterien der Energieeffizienz und Transporteffizienz optimieren lässt, und andererseits den Aspekten der Nachhaltigkeit bezüglich Schonung von Ressourcen an Menschen (Personal) Material, Energie und Finanzen sowie der Berücksichtigung der sozialen Aspekte der Passagiere bezüglich der Verfügbarkeit von Sitzplätzen und insbesondere auch der älteren Generationen bezüglich Umsteigezeiten Nachachtung verschafft werden kann, insbesondere zur Gewährleistung der Anschusssicherheit für die Passagiere beim Umsteigen, sowie zur Optimierung des Verkehrsflusses und der Verkehrskapazität auf bestehenden Infrastrukturen, der Fahrplanstabilität und Zuverlässigkeit durch genügend Zeitreserven im Eisenbahnpersonenverkehr insgesamt und somit der Verbesserung der Betriebsstabilität und Robustheit des Gesamtsystems der Eisenbahnverkehrsnetze.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Optimierung der Nachhaltigkeit von Eisenbahnverkehrsnetzen im allgemeinen sowie der Transporteffizienz und Betriebsstabilität im Eisenbahnpersonenverkehr im besondern, dadurch gekennzeichnet, **dass die Angebote der Betriebsleistung** wahlweise entweder mittels wenigstens einer beliebigen direkten oder indirekten, periodischen

oder aperiodischen, symmetrischen oder asymmetrischen, geographischen, physischen oder zeitlichen **Parameterisierung**, einschliesslich jeder beliebigen Kombination davon, **systematisch variiert werden**, indem die resultierenden **Transportleistungen** entsprechend wenigstens einem Nachhaltigkeitskriterium der Ökologie, der Ökonomie oder der Soziologie spezifisch geregelt oder optimiert werden, sodass das Verhältnis der angebotenen Betriebsleistungen zu den effektiv erbrachten Transportleistungen mit gezielten minimal invasiven und kostengünstigen Massnahmen insgesamt nachhaltig verbessert und transparent publiziert werden kann, wie in der Form einer gesteigerten Sitzplatzauslastung und einer verbesserten Sitzplatzverfügbarkeit sowie der Gewährleistung der Anschusssicherheit für die Passagiere beim Umsteigen, der Optimierung des Verkehrsflusses und der -Kapazität, der Fahrplanstabilität und Zuverlässigkeit durch genügend Zeitreserven im Eisenbahnpersonenverkehr insgesamt und somit der Verbesserung der Betriebsstabilität und Robustheit des Gesamtsystems der Eisenbahnverkehrsnetze.

2. Verfahren zur Optimierung der Nachhaltigkeit von Eisenbahnverkehrsnetzen im allgemeinen sowie der Transporteffizienz und Betriebsstabilität im Eisenbahnpersonenverkehr im besonderen, dadurch gekennzeichnet, **dass die Angebote der Betriebsleistung** entweder mittels einer beliebigen direkten oder indirekten, periodischen oder aperiodischen, symmetrischen oder asymmetrischen, geographischen, physischen oder zeitlichen Parameterisierung, einschliesslich jeder beliebigen Kombination davon, **systematisch methodisch variiert werden**, indem die resultierenden Transportleistungen entsprechend wenigstens einem Nachhaltigkeitskriterium der Ökologie, der Ökonomie oder der Soziologie geregelt sowie optimiert werden können, sodass das Verhältnis der angebotenen Betriebsleistungen zu den effektiv erbrachten Transportleistungen mit gezielten minimal invasiven und kostengünstigen Massnahmen insgesamt nachhaltig verbessert und transparent publiziert werden kann, beispielsweise in der Form gesteigerter Sitzplatzauslastungen.
3. Verfahren zur Optimierung der Nachhaltigkeit von Normalspur- Eisenbahnverkehrsnetzen im allgemeinen sowie der Transporteffizienz und Betriebsstabilität im Eisenbahnpersonenverkehr im besonderen, dadurch gekennzeichnet, **dass die Angebote der Betriebsleistung** wahlweise entweder mittels wenigstens einer beliebigen direkten oder indirekten, periodischen oder aperiodischen, symmetrischen oder asymmetrischen, geographischen, physischen oder zeitlichen **Parameterisierung**, einschliesslich jeder beliebigen Kombination davon, **systematisch variiert werden**, indem die resultierenden **Transportleistungen** entsprechend wenigstens einem Nachhaltigkeitskriterium der Ökologie, der Ökonomie oder der Soziologie spezifisch geregelt oder optimiert werden, sodass das Verhältnis der angebotenen Betriebsleistungen zu den effektiv erbrachten Transportleistungen mit gezielten minimal invasiven und kostengünstigen Massnahmen insgesamt nachhaltig verbessert und transparent publiziert werden kann, beispielsweise in Form einer gesteigerten Sitzplatzauslastung.
4. Verfahren zur Optimierung der Nachhaltigkeit von 16,7 Hz- Eisenbahnverkehrsnetzen im allgemeinen sowie der Transporteffizienz und Betriebsstabilität im Eisenbahnpersonenverkehr im besonderen, dadurch gekennzeichnet, **dass die Angebote der Betriebsleistung** wahlweise entweder mittels wenigstens einer beliebigen direkten oder indirekten, periodischen oder aperiodischen, symmetrischen oder asymmetrischen, geographischen, physischen oder zeitlichen **Parameterisierung**, einschliesslich jeder beliebigen Kombination davon, **systematisch variiert werden**, indem die resultierenden **Transportleistungen** entsprechend wenigstens einem Nachhaltigkeitskriterium der Ökologie, der Ökonomie oder der Soziologie spezifisch geregelt oder optimiert werden, sodass das Verhältnis der angebotenen Betriebsleistungen zu den effektiv erbrachten Transportleistungen mit gezielten minimal invasiven und kostengünstigen Massnahmen insgesamt nachhaltig verbessert und transparent publiziert werden kann, beispielsweise in Form einer gesteigerten Sitzplatzauslastung.
5. Verfahren zur Optimierung der Nachhaltigkeit von Eisenbahnverkehrsnetzen im allgemeinen sowie der Transporteffizienz und Betriebsstabilität im Eisenbahnpersonenverkehr im besonderen, dadurch gekennzeichnet, **dass die während des Betriebes durch den Taktfahrplan periodisch auftretenden Lastgradienten** durch eine beliebige **zeitliche** oder **geographische** Variation der anfallenden elektrischen Leistungsbezüge gezielt **reduziert und geglättet werden, insbesondere** in der Form wenigstens **eines in beliebigen Intervallen über beliebige Perioden variablen Taktfahrplanes**, vorzugsweise in Form einer Schar aus verschiedenen Basistakten und verschiedenen Intervallen, einschliesslich jeder beliebigen Kombination davon, gebildet über den Tagesgang variablen Multi- Taktfahrplänen, und dadurch wahlweise zeitlich und/oder geographisch näherungsweise nachfrageorientierte Taktfahrplane erstellt und betrieben werden können.
6. Verfahren zur Optimierung der Nachhaltigkeit von Eisenbahnverkehrsnetzen im allgemeinen sowie der Transporteffizienz und Betriebsstabilität im Eisenbahnpersonenverkehr im besonderen, dadurch gekennzeichnet, **dass die während des Betriebes durch den Taktfahrplan periodisch auftretenden Lastgradienten** durch eine beliebige **zeitliche** oder **geographische** Variation der anfallenden elektrischen Leistungsbezüge **reduziert und geglättet werden können**, insbesondere durch eine **gezielte Variation der zeitlichen und geographischen anfallenden Betriebsleistungen** des Fahrplanes, vorzugsweise durch eine Kombination der Dehnung der Basistaktzeiten im Personenverkehr auf über 60 Minuten in Kombination mit einer bewussten zeitlichen Verschiebung der jeweiligen Anfahrtsphasen der Züge in verschiedenen geographischen Räumen, sodass sich eine markante Reduktion und Glättung der Lastgradienten und somit eine markante Reduktion der diesbezüglichen Verluste über die gesamte Wirkungskette ergibt, wodurch sich insgesamt markante Energieeinsparungen im Personenverkehr der Bahn erzielen lassen.

7. Verfahren zur Optimierung der Nachhaltigkeit von Eisenbahnverkehrsnetzen im allgemeinen sowie der Transporteffizienz und Betriebsstabilität im Eisenbahnpersonenverkehr im besonderen, dadurch gekennzeichnet, **dass die während des Betriebes durch den Taktfahrplan periodisch auftretenden Lastgradienten** durch eine beliebige zeitliche oder geographische Variation der anfallenden elektrischen Leistungsspitzen gezielt **reduziert und geglättet werden können**, insbesondere in der Form wenigstens **eines in beliebigen Intervallen über beliebige Perioden variablen Taktfahrplanes**, vorzugsweise in Form einer Schar aus verschiedenen Basistakten und verschiedenen Intervallen, einschliesslich jeder beliebigen Kombination davon, gebildeten sowie über den Tagesgang und den jeweiligen geographischen Regionen variablen Multi- Taktfahrplänen, und dadurch wahlweise zeitlich und/oder geographisch näherungsweise nachfrageorientierte Taktfahrpläne erstellt und betrieben werden können.
8. Verfahren zur Optimierung der Nachhaltigkeit von Eisenbahnverkehrsnetzen im allgemeinen sowie der Transporteffizienz und Betriebsstabilität im Eisenbahnpersonenverkehr im besonderen, dadurch gekennzeichnet, **dass die während des Betriebes durch den Taktfahrplan periodisch auftretenden Lastgradienten** durch eine beliebige zeitliche oder geographische Variation der anfallenden elektrischen Leistungsspitzen **reduziert und geglättet werden können**, insbesondere durch eine **gezielte Variation der zeitlichen und geographischen anfallenden Betriebsleistungen** des Fahrplanes, vorzugsweise durch eine Kombination der Dehnung der Basistaktzeiten im Personenverkehr auf über 60 Minuten in Kombination mit einer bewussten zeitlichen Verschiebung der jeweiligen Anfahrtsphasen der Züge in verschiedenen geographischen Räumen, sodass sich eine markante Reduktion und Glättung der Lastgradienten und somit eine markante Reduktion der diesbezüglichen Verluste über die gesamte Wirkungskette ergibt, wodurch sich insgesamt markante Energieeinsparungen im Personenverkehr der Bahn erzielen lassen.
9. Verfahren zur Optimierung der Nachhaltigkeit von Eisenbahnverkehrsnetzen im allgemeinen sowie der Transporteffizienz und Betriebsstabilität im Eisenbahnpersonenverkehr im besonderen, nach einem der Ansprüche 5 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass **die während eines beliebig getakteten Fahrplanes periodisch auftretenden Lastgradienten** über wenigstens ein partiell elastisches Angebot gebildet aus einer beliebigen Schar von zeitlich oder geographisch variablen Taktfahrplänen, einschliesslich jeder beliebigen Kombination davon, reduziert und geglättet werden können, vorzugsweise durch eine Kombination der Dehnung der Basistaktzeiten im Personenverkehr auf über 60 Minuten in Kombination mit einer bewussten zeitlichen Verschiebung der jeweiligen Anfahrtsphasen der Züge in verschiedenen geographischen Räumen, beispielsweise einer über den Tagesgang variablen Schar von verschiedenen Takten und Taktfolgen im Bereich von 12 Minuten bis 72 Minuten oder im Bereich von 15 Minuten bis 90 Minuten in Kombination mit einer geographisch variablen Verschiebung derselben und deren jeweiligen Startzeiten respektive Abfahrtszeiten, derart dass sich insgesamt sowohl regionale als auch nationale eine möglichst geglättete Netzbelastung mit möglichst flachen Lastgradienten erzielen lässt, und sich somit einerseits eine markante Effizienzsteigerung der Bahnstromversorgung über die gesamte Wirkungskette sowie andererseits markante Energieeinsparungen und Kosteneinsparungen im Personenverkehr sowie den entsprechenden Bauten und Anlagen zur Stromübertragung erzielen lassen.
10. Verfahren zur Optimierung der Nachhaltigkeit von Eisenbahnverkehrsnetzen im allgemeinen sowie der Transporteffizienz und Betriebsstabilität im Eisenbahnpersonenverkehr im besonderen nach einem der Ansprüche 5 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass **die während eines beliebig getakteten Fahrplanes periodisch auftretenden Lastgradienten** über wenigstens ein partiell elastisches Angebot gebildet aus einer beliebigen Schar von zeitlich oder geographisch variablen Taktfahrplänen, einschliesslich jeder beliebigen Kombination davon, reduziert und geglättet werden können, vorzugsweise durch eine Kombination der Dehnung der Basistaktzeiten im Personenverkehr auf über 60 Minuten in beliebigen Bereichen von jeweils 3 Minuten bis 15 Minuten auf Basistaktzeiten von 63 Minuten bis 75 Minuten oder 90 Minuten gemäss Fig. 13 in Kombination mit einer bewussten zeitlichen Verschiebung der jeweiligen Anfahrtsphasen der Züge in verschiedenen geographischen Räumen, beispielsweise einer über den Tagesgang variablen Schar von verschiedenen Takten und Taktfolgen im Bereich von 12 Minuten bis 72 Minuten oder im Bereich von 15 Minuten bis 90 Minuten in Kombination mit einer geographisch variablen Verschiebung derselben und deren jeweiligen Startzeiten respektive Abfahrtszeiten, derart dass sich insgesamt sowohl regionale als auch nationale eine möglichst geglättete Netzbelastung mit möglichst flachen Lastgradienten erzielen lässt, und sich somit einerseits eine markante Effizienzsteigerung der Bahnstromversorgung über die gesamte Wirkungskette sowie andererseits markante Energieeinsparungen und Kosteneinsparungen im Personenverkehr sowie den entsprechenden Bauten und Anlagen zur Stromübertragung erzielen lassen.
11. Verfahren zur Optimierung der Nachhaltigkeit von Eisenbahnverkehrsnetzen im allgemeinen sowie der Transporteffizienz und Betriebsstabilität im Eisenbahnpersonenverkehr im besonderen, dadurch gekennzeichnet, **dass die Angebote der Betriebsleistung wahlweise** entweder mittels wenigstens einer beliebigen direkten oder indirekten, einer periodischen oder aperiodischen, einer symmetrischen oder asymmetrischen, einer geographischen, einer physischen oder einer zeitlichen Parameterisierung, einschliesslich jeder beliebigen Kombination davon, **systematisch variiert werden**, sodass dadurch die resultierenden **Transportleistungen** entsprechend wenigstens einem Nachhaltigkeitskriterium der Ökologie, der Ökonomie oder der Soziologie geregelt oder optimiert werden können, vorzugsweise derart, dass sich das Verhältnis der angebotenen Betriebsleistungen zu den effektiv erbrachten Transportleistungen mit gezielten minimal invasiven und kostengünstigen Massnahmen insgesamt nachhaltig verbessert werden kann, und ein näherungsweise nachfrageorientierter Taktfahrplan erstellt werden kann.

12. Verfahren zur Optimierung der Nachhaltigkeit von Eisenbahnverkehrsnetzen im allgemeinen sowie der Transporteffizienz und Betriebsstabilität im Eisenbahnpersonenverkehr im besonderen, dadurch gekennzeichnet, **dass die Angebote der Betriebsleistung wahlweise** entweder mittels wenigstens einer beliebigen direkten oder indirekten, einer periodischen oder aperiodischen, einer symmetrischen oder asymmetrischen, einer geographischen, einer physischen oder einer zeitlichen Parameterisierung, einschliesslich jeder beliebigen Kombination davon, **systematisch variiert werden**, insbesondere durch die Variation von Raum und Zeit, vorzugsweise der geographischen Lage der Knoten und/oder der Basistaktzeit, sodass dadurch die resultierenden **Transportleistungen** entsprechend wenigstens einem Nachhaltigkeitskriterium der Ökologie, der Ökonomie oder der Soziologie geregelt oder optimiert werden können, beispielsweise derart, dass sich das Verhältnis der angebotenen Betriebsleistungen zu den effektiv erbrachten Transportleistungen mit gezielten minimal invasiven und kostengünstigen Massnahmen insgesamt nachhaltig verbessert werden kann, und ein näherungsweise nachfrageorientierter Taktfahrplan erstellt und betrieben werden kann.
13. Verfahren zur Optimierung der Nachhaltigkeit von Eisenbahnverkehrsnetzen im allgemeinen sowie der Transporteffizienz und Betriebsstabilität im Eisenbahnpersonenverkehr im besonderen, dadurch gekennzeichnet, **dass die Angebote der Betriebsleistung wahlweise** entweder mittels wenigstens einer beliebigen direkten oder indirekten, einer periodischen oder aperiodischen, einer symmetrischen oder asymmetrischen, einer geographischen, einer physischen oder einer zeitlichen Parameterisierung, einschliesslich jeder beliebigen Kombination davon, **systematisch variiert werden**, insbesondere durch die bewusste Variation von Raum und Zeit, vorzugsweise durch die bewusste Variation der geographischen Lage der Knoten und/oder der Basistaktzeit, beispielsweise durch die Aufteilung in zwei Taktfahrpläne mit verschiedenen Basistaktzeiten und/oder durch die Bildung neuer Knoten mittels einem spezifisch gedehnten Basistaktfahrplan, sodass sich dadurch völlig neue Dimensionen der Nachhaltigkeit erschliessen lassen.
14. Verfahren zur Optimierung der Nachhaltigkeit von Eisenbahnverkehrsnetzen im allgemeinen sowie der Transporteffizienz und Betriebsstabilität im Eisenbahnpersonenverkehr im besonderen, dadurch gekennzeichnet, **dass die Angebote der Betriebsleistung** durch die Variation von Raum und Zeit **systematisch variiert werden**, vorzugsweise durch die bewusste Variation der geographischen Lage der Knoten und/oder der Basistaktzeiten, sodass dadurch die resultierenden **Transportleistungen** entsprechend wenigstens einem Nachhaltigkeitskriterium der Ökologie, der Ökonomie oder der Soziologie geregelt oder optimiert werden können, vorzugsweise in der Form eines in beliebigen Intervallen über beliebige Perioden variablen Taktfahrplan, beispielsweise einer Schar aus verschiedenen Basistakten und verschiedenen Intervallen, einschliesslich jeder beliebigen Kombination davon, über den Tagesgang variablen Multi- Taktfahrplänen, und dadurch je nach geographischer Region und Tagesgang der auftretenden Personenfrequenzen ein näherungsweise nachfrageorientierter Taktfahrplan erstellt, optimiert und betrieben werden kann.
15. Verfahren zur Optimierung der Nachhaltigkeit von Eisenbahnverkehrsnetzen im allgemeinen sowie der Transporteffizienz und Betriebsstabilität im Eisenbahnpersonenverkehr im besonderen, dadurch gekennzeichnet, dass die Angebote der Betriebsleistung mit einer beliebigen **zeitlichen** Parameterisierung variiert werden, indem entweder die Basistaktzeit des Taktfahrplanes auf über 1 Stunde gedehnt oder die Beschleunigung der Züge bei deren Anfahrt reduziert wird, einschliesslich jeder beliebigen Kombination davon, vorzugsweise durch Dehnung des Taktfahrplanes auf eine Basistaktzeit von 72 Minuten und eine gezielte Entschleunigung des Betriebsablaufes, beispielsweise durch einen Zeitanteil von 3 bis 6 Minuten, welcher sowohl zur Reduktion der Anfahrbeschleunigung als auch der Endverzögerung der Züge investiert wird, sodass sich durch die Reduktion der Lastgradienten überproportionale Gewinne an Energieeinsparung, Netzstabilität, sowie insbesondere an Kosten erzielen lassen.
16. Verfahren zur Optimierung der Nachhaltigkeit von Eisenbahnverkehrsnetzen im allgemeinen sowie der Transporteffizienz und Betriebsstabilität im Eisenbahnpersonenverkehr im besonderen, dadurch gekennzeichnet, dass die Angebote der Betriebsleistung wahlweise mit einer beliebigen **zeitlichen** oder **geographischen** Parameterisierung variiert werden, indem wahlweise entweder die Basistaktzeit des Taktfahrplanes auf über 1 Stunde gedehnt, **oder die Anfahrzeitpunkte geographisch separiert**, oder die Beschleunigung der Züge bei deren Anfahrt reduziert wird, einschliesslich jeder beliebigen Kombination davon, vorzugsweise durch eine bewusste Dehnung des Taktfahrplanes auf eine Basistaktzeit von 72 Minuten oder 75 Minuten und eine gezielte Entschleunigung des Betriebsablaufes, **sowie einer geschickten geographischen Separation und Streuung der jeweiligen Abfahrzeitpunkte**, beispielsweise derart, dass einerseits durch die Expansion der Basistaktzeit des Taktfahrplanes auf 72' oder 75' ein Zeitanteil von 3 bis 9 Minuten zur Entschleunigung erzielt werden kann, welcher sowohl zur Reduktion der Anfahrbeschleunigung als auch der Endverzögerung der Züge investiert wird, und andererseits eine geschickte geographische Separation und Streuung der jeweiligen Abfahrzeitpunkte eine weitere markante Verminderung der auf dem Gesamtnetz sowie den jeweiligen Teilnetzen und deren Versorgung über die jeweiligen vorgeschalteten Zuleitungen, Umrichtern und Transformatoren auftretenden Lastgradienten erzielen lässt, sodass sich durch die bewusste kombinatorische Reduktion und Optimierung der auf dem Gesamtnetz sowie den jeweiligen Teilnetzen auftretenden Lastgradienten überproportionale Gewinne an Energieeinsparung, Netzstabilität, sowie insbesondere an Kosten erzielen lassen.
17. Verfahren zur Optimierung der Nachhaltigkeit von Eisenbahnverkehrsnetzen im allgemeinen sowie der Transporteffizienz und Betriebsstabilität im Eisenbahnpersonenverkehr im besonderen, dadurch gekennzeichnet, dass die auftretenden enormen Lastgradienten der Stromversorgung entweder durch eine beliebige zeitliche Dehnung oder Verschiebung der Anfahrzeiten gezielt minimiert werden können, vorzugsweise durch eine zeitliche Dehnung der Basistaktzeiten in Kombination mit der Variation der Zugsabfahrten in verschiedenen Netzbereichen, beispielsweise

se durch eine dynamische proaktive Netzleitregelung welche die auftretenden Lastgradienten durch die jeweils bestmögliche Kombination der Variation von Basistaktdehnungen in Kombination mit geographischen Verschiebungen der Takte sowie in Kombination mit leichten Abfahrtszeitvariationen optimiert, sodass sich durch die Reduktion der Lastgradienten überproportionale Gewinne an Energieeinsparung, Netzstabilität, sowie insbesondere an Kosten erzielen lassen.

18. Verfahren zur Optimierung der Nachhaltigkeit von Eisenbahnverkehrsnetzen im allgemeinen sowie der Transporteffizienz und Betriebsstabilität im Eisenbahnpersonenverkehr im besondern, dadurch gekennzeichnet, dass die auftretenden enormen Lastgradienten der Stromversorgung entweder durch eine echtzeitliche Erfassung oder eine kurzzeitige Prognose des Leistungsbedarfs der jeweiligen Kompositionen gezielt minimiert werden können, vorzugsweise durch eine proaktive Erfassung und Extrapolation des Leistungsbedarfs der jeweiligen Kompositionen aufgrund deren geographischen Lage in Kombination mit dem geplanten Fahrprofil und der permanenten Rückmeldung der jeweiligen aktuellen Daten sowie deren zukünftig Veränderungen an die jeweiligen Versorgungsnetze und Versorgungszentralen, beispielsweise derart, dass die Summe der Kompositionen und deren jeweiligen aktuellen sowie unmittelbar absehbaren Leistungsbedarf als dynamische Regelparameter für eine dynamische proaktive Netzleitregelung welche **die Glättung** der auftretenden Lastgradienten durch die jeweils bestmögliche Kombination der Variation der Kompositionen **und deren räumlichen Beschleunigungen** im Gesamtnetz oder in den jeweiligen Teilnetzen ermöglicht, sodass sich durch die dadurch erzielbaren Reduktionen der auftretenden Lastgradienten überproportionale Gewinne an Energieeinsparung, Netzstabilität, sowie insbesondere an Kosten erzielen lassen.
19. Verfahren zur Optimierung der Nachhaltigkeit von Eisenbahnverkehrsnetzen im allgemeinen sowie der Transporteffizienz und Betriebsstabilität im Eisenbahnpersonenverkehr im besondern nach einem der Ansprüche 1 bis 18, dadurch gekennzeichnet, dass die Angebote der Betriebsleistung mit einer beliebigen Parameterisierung variiert werden, indem die Angebote der Betriebsleistung auf den Tagesgang des anfallenden Passagieraufkommens (entsprechend Fig. 12) abgestimmt werden, vorzugsweise indem sämtliche Parameter des neuen Taktfahrplanes wie die Taktzeit, die Taktfrequenz sowie die Knotenabstände und die dazwischenliegenden Fahrzeiten gezielt nach den Kriterien der Nachhaltigkeit wenigstens über den Tagesgang sowie allenfalls über den Wochengang nachfragegerecht variiert und optimiert werden, vorzugsweise indem einerseits die allgemeine Taktzeit zwischen den Knoten von derzeit 60 Min. auf 72 Min. verlängert wird, und andererseits dem Taktfahrplan ein Basistakt von 6 Min. zugrunde gelegt wird, welcher je nach Passagieraufkommen über dem Tagesgang von 6 Min. in beliebigen Vielfachen auf 12, 18, 24, 30, 36, 42, 48, 54, 60, 66 oder 72 Min. periodisch oder aperiodisch ausgedehnt und danach bei Bedarf auch wieder entsprechend komprimiert werden kann, sodass sich insgesamt eine jeweils gute und faire Auslastung der Sitzplätze beispielsweise von 85% (im Rahmen einer idealtypisch iterativ anzustrebenden Zielbandbreite von +/- 15%) insgesamt erzielen lässt und sich zudem insgesamt ein günstiges Verhältnis in allen drei Achsen der Nachhaltigkeit für das Unternehmen (Ökonomie und Ressourcenverschleiss), die Umwelt (Energieeffizienz) und die Gesellschaft einschliesslich den zeitgerechten Ansprüchen der Kunden des 21. Jahrhundert bezüglich Sicherheit (Safety) sowie einem jeweils genügenden Sitzplatzangebot ergibt.
20. Verfahren zur Optimierung der Nachhaltigkeit von Eisenbahnverkehrsnetzen im allgemeinen sowie der Transporteffizienz und Betriebsstabilität im Eisenbahnpersonenverkehr im besondern nach einem der Ansprüche 1 bis 19, dadurch gekennzeichnet, dass die Angebote der Betriebsleistung mit einer symmetrischen Parameterisierung variiert werden, indem die Angebote auf den Tagesgang des anfallenden Passagieraufkommens abgestimmt werden, indem die Taktfrequenz des Taktfahrplanes gezielt symmetrisch variiert wird, sowie der reguläre Taktfahrplan in zwei zu 1200 Uhr symmetrischen Blöcken beibehalten wird, und die Taktfrequenzen dazwischen systematisch reduziert wird, vorzugsweise durch gezielte Auslassung von Takten in Verkehrszeiten mit relativ dürftigen Auslastungen der Verkehrsmittel im Verbund, beispielsweise durch Reduktion des Halbstundentaktes auf den Stundentakt in den Zeiten schwacher Auslastungen, sodass sich ein ausgewogenes Verhältnis von Aufwand und Nutzen ergibt.
21. Verfahren zur Optimierung der Nachhaltigkeit von Eisenbahnverkehrsnetzen im allgemeinen sowie der Transporteffizienz und Betriebsstabilität im Eisenbahnpersonenverkehr im besondern nach einem der Ansprüche 1 bis 20, dadurch gekennzeichnet, dass die Angebote der Betriebsleistung mit einer asymmetrischen Parameterisierung variiert werden, indem die Angebote auf den Tagesgang des anfallenden Passagieraufkommens abgestimmt werden, indem die Taktfrequenz des Taktfahrplanes gezielt asymmetrisch variiert wird, sowie der reguläre Taktfahrplan in zwei zu 1200 Uhr asymmetrischen Blöcken beibehalten wird, und die Taktfrequenzen davor, dazwischen und danach systematisch reduziert wird, vorzugsweise durch gezielte Auslassung von Takten in Verkehrszeiten mit relativ dürftigen Auslastungen der Verkehrsmittel im Verbund, beispielsweise durch Reduktion des Stundentaktes auf den Zweistundentakt in den Zeiten schwacher Auslastungen, sodass sich ein ausgewogenes Verhältnis von Aufwand und Nutzen ergibt.
22. Verfahren zur Optimierung der Nachhaltigkeit von Eisenbahnverkehrsnetzen im allgemeinen sowie der Transporteffizienz und Betriebsstabilität im Eisenbahnpersonenverkehr im besondern nach einem der Ansprüche 1 bis 21, dadurch gekennzeichnet, dass die Angebote der Betriebsleistung mit einer asymmetrischen Parameterisierung variiert werden, indem die Angebote auf den Tagesgang des anfallenden Passagieraufkommens abgestimmt werden, indem die Taktfrequenz des Taktfahrplanes gezielt asymmetrisch variiert wird, sowie der reguläre Taktfahrplan in zwei zu 1200 Uhr asymmetrischen Blöcken beibehalten wird, und die Taktfrequenzen davor, dazwischen und danach systematisch re-

duziert wird, vorzugsweise durch gezielte Auslassung von Takten in Verkehrszeiten mit relativ dürtigen Auslastungen der Verkehrsmittel im Verbund, beispielsweise durch Reduktion des Viertelstundentaktes auf den Halbstundentakt in den Zeiten schwacher Auslastungen, sodass sich ein ausgewogenes Verhältnis von Aufwand & Nutzen ergibt.

23. Verfahren zur Optimierung der Nachhaltigkeit von Eisenbahnverkehrsnetzen im allgemeinen sowie der Transporteffizienz und Betriebsstabilität im Eisenbahnpersonenverkehr im besondern nach einem der Ansprüche 1 bis 22, dadurch gekennzeichnet, dass die Angebote der Betriebsleistung mit einer symmetrischen Parameterisierung variiert werden, indem die Taktzeit des Taktfahrplanes zwischen den bestehenden Knoten systematisch gedehnt werden, vorzugsweise auf eine Taktung deren Vielfache periodisch zu ganzzahligen vollen Stunden führen, beispielsweise durch Dehnung des regulären 60'-Taktes auf 63', 64', 65', 66', 68', 70", 72', 75', 80" oder 90', sodass sich mit wenig Aufwand eine neue und zielführend ressourcenschonende Taktfahrplanstruktur aufbauen lässt.
24. Verfahren zur Optimierung der Nachhaltigkeit von Eisenbahnverkehrsnetzen im allgemeinen sowie der Transporteffizienz und Betriebsstabilität im Eisenbahnpersonenverkehr im besondern nach einem der Ansprüche 1 bis 23, dadurch gekennzeichnet, dass die Angebote der Betriebsleistung mit einer asymmetrischen Parameterisierung variiert werden, indem die geographischen Knoten des Taktfahrplanes in der Geographie der Schweiz wenigstens teilweise neu definiert werden, vorzugsweise in Kombination mit der Variation von neuen gedehnten Taktzeiten derart, dass sich etwas mehr Luft bezüglich den Fahrzeiten zu den Taktzeiten ergibt, sowie auch die Halte- und Umsteigezeiten humaner gestaltet werden können.
25. Verfahren zur Optimierung der Nachhaltigkeit von Eisenbahnverkehrsnetzen im allgemeinen sowie der Transporteffizienz und Betriebsstabilität im Eisenbahnpersonenverkehr im besondern nach einem der Ansprüche 1 bis 24, dadurch gekennzeichnet, dass die Angebote der Betriebsleistung mit einer kombinierten symmetrischen sowie asymmetrischen Parameterisierung variiert werden, indem einerseits die Taktzeiten systematisch gedehnt werden, und andererseits die geographischen Knoten des Taktfahrplanes in der Geographie der Schweiz wenigstens teilweise neu definiert werden, sodass sich völlig neue Szenarien zur Gestaltung von humanen und ökologischen Taktfahrplänen erzeugen und optimieren lassen.
26. Verfahren zur Optimierung der Nachhaltigkeit von Eisenbahnverkehrsnetzen im allgemeinen sowie der Transporteffizienz und Betriebsstabilität im Eisenbahnpersonenverkehr im besondern nach einem der Ansprüche 1 bis 25, dadurch gekennzeichnet, dass die Angebote der Betriebsleistung mit einer freien Parameterisierung variiert werden, indem die Variation des Taktfahrplanes dem effektiven Passagieraufkommen über den Tagesgang iterativ angepasst wird, vorzugsweise derart, dass sich eine durchschnittliche Sitzplatzbelegung von wenigstens 60% realisieren lässt, welche beispielsweise über geeignete Messinstallationen in den einzelnen Wagen oder Bussen laufend anonym gemessen und ausgewertet werden können.
27. Verfahren zur Optimierung der Nachhaltigkeit von Eisenbahnverkehrsnetzen im allgemeinen sowie der Transporteffizienz und Betriebsstabilität im Eisenbahnpersonenverkehr im besondern nach einem der Ansprüche 1 bis 26, dadurch gekennzeichnet, dass zur Verminderung der gesamtschweizerisch anfallenden Strombedarfsspitzen (Lastgradienten) die Basis- Taktzeiten regional gezielt verändert werden, vorzugsweise derart, dass sich dadurch die Strombedarfsspitzen gesamtschweizerisch glätten lassen, beispielsweise durch eine regionale Verschiebung der Basistakte um jeweils 15 oder 20 Minuten.
28. Verfahren zur Optimierung der Nachhaltigkeit von Eisenbahnverkehrsnetzen im allgemeinen sowie der Transporteffizienz und Betriebsstabilität im Eisenbahnpersonenverkehr im besondern nach einem der Ansprüche 1 bis 27, dadurch gekennzeichnet, dass durch die gezielte Variation der Taktungen des Fahrplanes die Werthaltigkeit des Fahrscheines durch ein nachfragekonformes Sitzplatzangebot über den Tagesgang gewährleistet und somit den sozialen Aspekten der Nachhaltigkeit & der Wertschätzung der Kunden Nachachtung verschafft wird.
29. Verfahren zur Optimierung der Nachhaltigkeit von Eisenbahnverkehrsnetzen im allgemeinen sowie der Transporteffizienz und Betriebsstabilität im Eisenbahnpersonenverkehr im besondern nach einem der Ansprüche 1 bis 28, dadurch gekennzeichnet, dass durch die gezielte Erhebung der Sitzplatzauslastung sowie des jeweiligen Energieverbrauches der betreffenden Zugskomposition der Grenznutzen des Modalsplittes der Bahn transparent erfasst, reguliert und plausibel publiziert werden kann.
30. Verfahren zur Optimierung der Nachhaltigkeit von Eisenbahnverkehrsnetzen im allgemeinen sowie der Transporteffizienz und Betriebsstabilität im Eisenbahnpersonenverkehr im besondern nach einem der Ansprüche 1 bis 29, dadurch gekennzeichnet, dass die Angebote der Betriebsleistung mit wenigstens einer fixen Parameterisierung beschränkt werden, indem die maximal zulässigen Höchstgeschwindigkeiten der Bahn beschränkt werden, vorzugsweise aufgrund der vorliegenden Streckenausbauten, beispielsweise derart, dass auf geleiseverschleissende und kostentreibende Neigezüge verzichtet werden kann.
31. Verfahren zur Optimierung der Nachhaltigkeit von Eisenbahnverkehrsnetzen im allgemeinen sowie der Transporteffizienz und Betriebsstabilität im Eisenbahnpersonenverkehr im besondern nach einem der Ansprüche 1 bis 30, dadurch gekennzeichnet, dass die Angebote der Betriebsleistung mit wenigstens einer fixen Parameterisierung beschränkt werden, indem die maximal zulässigen Höchstgeschwindigkeiten der Bahn beschränkt werden, vorzugsweise auf-

grund der vorliegenden Streckenausbauten, beispielsweise derart, dass auf teure Streckenausbauten oder zusätzliche Neubaustrecken verzichtet werden kann.

32. Verfahren zur Optimierung der Nachhaltigkeit von Eisenbahnverkehrsnetzen im allgemeinen sowie der Transporteffizienz und Betriebsstabilität im Eisenbahnpersonenverkehr im besonderen nach einem der Ansprüche 1 bis 31, dadurch gekennzeichnet, dass die Angebote der Betriebsleistung mit wenigstens einer fixen Parameterisierung beschränkt werden, indem die maximal zulässigen Höchstgeschwindigkeiten der Bahn beschränkt werden, vorzugsweise aufgrund der vorliegenden Streckenausbauten, beispielsweise derart, dass auf kostentreibende Signalisationsaufrüstungen und zusätzliche weitere „Sachzwänge“ wie neue Leitsysteme verzichtet werden kann.
33. Verfahren zur Optimierung der Nachhaltigkeit von Eisenbahnverkehrsnetzen im allgemeinen sowie der Transporteffizienz und Betriebsstabilität im Eisenbahnpersonenverkehr im besonderen nach einem der Ansprüche 1 bis 32, dadurch gekennzeichnet, dass die Angebote der Betriebsleistung der Bahn insgesamt optimiert werden, indem die Angebote des Passagierverkehrs und des Güterverkehrs auf die jeweilige Verfügbarkeit der Trasses abgestimmt werden, vorzugsweise nach den Kriterien des erzielbaren gesamtwirtschaftlichen Nutzens, beispielsweise mittels selektiver Ausdünnung der Taktfrequenz des Personenverkehrs bei Vorliegen einer ungenügenden Auslastung, insbesondere jenseits des Grenznutzens.
34. Verfahren zur Optimierung der Nachhaltigkeit von Eisenbahnverkehrsnetzen im allgemeinen sowie der Transporteffizienz und Betriebsstabilität im Eisenbahnpersonenverkehr im besonderen nach einem der Ansprüche 1 bis 33, dadurch gekennzeichnet, dass die Angebote der Betriebsleistung der Bahn insgesamt optimiert werden, indem die Angebote des Passagierverkehrs und des Güterverkehrs auf die jeweilige Verfügbarkeit der Trasses abgestimmt werden, vorzugsweise nach den Kriterien des erzielbaren gesamtwirtschaftlichen Nutzens, beispielsweise mittels Einführung eines neuen Basistaktes von 72 Minuten oder 75 Minuten sowie selektiver Variation der geographischen Knoten in Kombination mit einer selektiven Anpassung der jeweiligen Fahrzeiten, insbesondere zur Schonung der menschlichen Ressourcen sowie zur gezielten Verminderung technischen und wirtschaftlichen Ressourcenverschleisses.
35. Verfahren zur Optimierung der Nachhaltigkeit von Eisenbahnverkehrsnetzen im allgemeinen sowie der Transporteffizienz und Betriebsstabilität im Eisenbahnpersonenverkehr im besonderen nach einem der Ansprüche 1 bis 34, dadurch gekennzeichnet, dass die Auslastung der Bahntrasses insgesamt optimiert werden, indem die Angebote des Passagierverkehrs und des Güterverkehrs auf die jeweilige Verfügbarkeit der Trasses abgestimmt werden, vorzugsweise nach den Kriterien des erzielbaren gesamtwirtschaftlichen Nutzens, beispielsweise mittels selektiver Ausdünnung der Taktfrequenz des Personenverkehrs bei Vorliegen einer ungenügenden Auslastung, insbesondere jenseits des jeweiligen Grenznutzens.
36. Verfahren zur Optimierung der Nachhaltigkeit von Eisenbahnverkehrsnetzen im allgemeinen sowie der Transporteffizienz und Betriebsstabilität im Eisenbahnpersonenverkehr im besonderen nach einem der Ansprüche 1 bis 35, dadurch gekennzeichnet, dass die Vergaben der Bahntrasses insgesamt optimiert werden, indem die Kapazitäten des Passagierverkehrs und des Güterverkehrs auf die jeweilige Verfügbarkeit der Trasses abgestimmt werden, vorzugsweise nach den Kriterien des erzielbaren gesamtwirtschaftlichen Nutzens, beispielsweise mittels selektiver Ausdünnung der Taktfrequenz des Personenverkehrs bei Vorliegen einer ungenügenden Auslastung, insbesondere jenseits des jeweiligen Grenznutzens.
37. Verfahren zur Optimierung der Nachhaltigkeit von Eisenbahnverkehrsnetzen im allgemeinen sowie der Transporteffizienz und Betriebsstabilität im Eisenbahnpersonenverkehr im besonderen nach einem der Ansprüche 1 bis 36, dadurch gekennzeichnet, dass der Ressourcenverschleiss des Betriebes der Bahn insgesamt minimiert wird, vorzugsweise indem sowohl die Einsatzzeiten des Personals als auch die Fahrleistungen der Züge sowie der dadurch direkt induzierte Energieverbrauch derselben als auch die nachfolgenden indirekt induzierten vielfältigen Ressourcenverschleisse in der Form von Unterhaltsaufwand sowie Erneuerungsbedarf sowohl der Flotte als auch der Infrastrukturen wie Trasses gezielt minimiert werden.
38. Verfahren zur Optimierung der Nachhaltigkeit von Eisenbahnverkehrsnetzen im allgemeinen sowie der Transporteffizienz und Betriebsstabilität im Eisenbahnpersonenverkehr im besonderen nach einem der Ansprüche 1 bis 37, dadurch gekennzeichnet, dass der Ressourcenverschleiss infolge des Ausbaues der Infrastrukturen der Bahn insgesamt minimiert wird, vorzugsweise indem einerseits die bestehenden Infrastrukturen möglichst schonend und energiesparend betrieben werden, und andererseits durch ein gutes Kapazitätsmanagement derselben sowohl die Nutzungsdauer der bestehenden Infrastrukturen gezielt verlängert als auch der allfällige Ausbauten der Trasses sowie der Bahnstromversorgung gezielt vermieden sowie idealtypisch auch langfristig unterbleiben können.
39. Verfahren zur Optimierung der Nachhaltigkeit von Eisenbahnverkehrsnetzen im allgemeinen sowie der Transporteffizienz und Betriebsstabilität im Eisenbahnpersonenverkehr im besonderen nach einem der Ansprüche 1 bis 38, dadurch gekennzeichnet, dass die Sitzplatz- Auslastung der Züge laufend erfasst und ausgewertet werden, vorzugsweise in der Form einer anonymen Erfassung und Auswertung der Sitzplatzbelegung, beispielsweise über entsprechende Sitzplatzbelegungssensoren.
40. Verfahren zur Optimierung der Nachhaltigkeit von Eisenbahnverkehrsnetzen im allgemeinen sowie der Transporteffizienz und Betriebsstabilität im Eisenbahnpersonenverkehr im besonderen nach einem der Ansprüche 1 bis 39, dadurch

gekennzeichnet, dass das die Sitzplatz- Auslastung der Züge laufend erfasst und deren dynamische Fahrplanvariationen laufend kommuniziert werden, vorzugsweise in der Form einer anonymen Erfassung der aktuellen Sitzplatzbelegung der jeweiligen Züge sowie einer interaktiven Kommunikation des variablen Fahrplanes über den Tagesgang und die Verfügbarkeit von Sitzplätzen auf den jeweiligen Zügen mit den potentiellen Interessenten, beispielsweise über entsprechende Internetangebote.

41. Verfahren zur Optimierung der Nachhaltigkeit von Eisenbahnverkehrsnetzen im allgemeinen sowie der Transporteffizienz und Betriebsstabilität im Eisenbahnpersonenverkehr im besondern nach einem der Ansprüche 1 bis 40, dadurch gekennzeichnet, dass das Fahrplanangebot wenigstens zwei spezifisch getaktete Sequenzen von verschiedenen Taktabständen über den Tagesgang umfasst, vorzugsweise in der Form von nachfragegerechten getaktete Sequenzen eines Basistaktes von 72 Minuten und deren ganzzahligen Bruchteilen davon, beispielsweise einer Sequenz von 0936 Uhr bis 1536 Uhr mit einem Basistakt von 72 Minuten und einer Sequenz von 1648 Uhr bis 1748 Uhr mit einem Taktabstand von jeweils 12 Minuten.
42. Verfahren zur Optimierung der Nachhaltigkeit von Eisenbahnverkehrsnetzen im allgemeinen sowie der Transporteffizienz und Betriebsstabilität im Eisenbahnpersonenverkehr im besondern nach einem der Ansprüche 1 bis 40, dadurch gekennzeichnet, dass das Fahrplanangebot wenigstens zwei spezifisch getaktete Fahrplan- Scharen von verschiedenen Taktabständen über den Tagesgang umfasst, vorzugsweise in der Form von nachfragegerechten getakteten Fahrplan- Scharen eines Basistaktes von 72 Minuten und deren ganzzahligen Bruchteilen davon, beispielsweise einer ausgedünnten Fahrplan- Schar von 0936 Uhr bis 1536 Uhr mit einem Basistakt von 72 Minuten und einer verdichteten Fahrplan- Schar von 1648 Uhr bis 1748 Uhr mit einem Taktabstand von 12 Minuten.
43. Verfahren zur Optimierung der Nachhaltigkeit von Eisenbahnverkehrsnetzen im allgemeinen sowie der Transporteffizienz und Betriebsstabilität im Eisenbahnpersonenverkehr im besondern nach einem der Ansprüche 1 bis 40, dadurch gekennzeichnet, dass das Fahrplanangebot wenigstens zwei geographisch spezifische Gebiete mit verschiedenen Taktabständen über den Tagesgang umfasst, vorzugsweise in der Form eines Basistaktes von 72 Minuten mit geographisch unterschiedlichen ganzzahligen Bruchteilen davon, beispielsweise einem ersten Gebiet mit einem Basistakt von 72 Minuten und einem zweiten Gebiet mit einem Taktabstand von jeweils 24 Minuten.
44. Verfahren zur Optimierung der Nachhaltigkeit von Eisenbahnverkehrsnetzen im allgemeinen sowie der Transporteffizienz und Betriebsstabilität im Eisenbahnpersonenverkehr im besondern nach einem der Ansprüche 1 bis 40, dadurch gekennzeichnet, dass das Fahrplanangebot wenigstens zwei geographisch spezifische Gebiete mit verschiedenen Taktscharen über den Tagesgang umfasst, vorzugsweise in der Form eines Basistaktes von 72 Minuten mit geographisch unterschiedlichen ganzzahligen Bruchteilen davon, beispielsweise einem ersten Gebiet mit einer Taktschar von 72 Minuten und einem zweiten Gebiet mit einem Taktschar von jeweils 24 Minuten.
45. Verfahren zur Optimierung der Nachhaltigkeit von Eisenbahnverkehrsnetzen im allgemeinen sowie der Transporteffizienz und Betriebsstabilität im Eisenbahnpersonenverkehr im besondern nach einem der Ansprüche 1 bis 40, dadurch gekennzeichnet, dass das Fahrplanangebot wenigstens zwei um einen Bruchteil des Basistaktes phasenverschobenen Teilnetze über den Tagesgang umfasst, vorzugsweise mit einer Phasenverschiebung von der Hälfte des kleinsten Taktabstandes, entsprechend 6 Minuten bei einem Taktabstand von 12 Minuten, beispielsweise in der Form einer nachfragegerechten geographischen Mischung verschiedener Taktabstände in Kombination mit einer Phasenverschiebung, um sowohl die auftretenden Lastgradienten auf verschiedenen Linien zu senken als auch die Verbindungssicherheit zu erhöhen.
46. Verfahren zur Optimierung der Nachhaltigkeit von Eisenbahnverkehrsnetzen im allgemeinen sowie der Transporteffizienz und Betriebsstabilität im Eisenbahnpersonenverkehr im besondern nach einem der Ansprüche 1 bis 40, dadurch gekennzeichnet, dass das Fahrplanangebot wenigstens zwei um einen Bruchteil des Basistaktes phasenverschobenen Taktscharen über den Tagesgang umfasst, vorzugsweise mit einer Phasenverschiebung von der Hälfte des kleinsten Taktabstandes, entsprechend 6 Minuten bei einem Taktabstand von 12 Minuten, beispielsweise in der Form einer nachfragegerechten geographischen Mischung verschiedener Taktscharen in Kombination mit einer Phasenverschiebung, um sowohl die auftretenden Lastgradienten auf verschiedenen Linien zu senken als auch die Verbindungssicherheit zu erhöhen.
47. Verfahren zur Optimierung der Nachhaltigkeit von Eisenbahnverkehrsnetzen im allgemeinen sowie der Transporteffizienz und Betriebsstabilität im Eisenbahnpersonenverkehr im besondern nach einem der Ansprüche 1 bis 46, dadurch gekennzeichnet, dass das Fahrplanangebot über wenigstens einen Tagesgang im Laufe einer Woche selektiv variiert sowie nachfragegerecht gestaltet und optimiert werden kann.
48. Verfahren zur Optimierung der Nachhaltigkeit von Eisenbahnverkehrsnetzen im allgemeinen sowie der Transporteffizienz und Betriebsstabilität im Eisenbahnpersonenverkehr im besondern nach einem der Ansprüche 1 bis 46, dadurch gekennzeichnet, dass das Fahrplanangebot über wenigstens einen Wochengang im Laufe eines Monats oder über wenigstens einen Monatsgang im Laufe eines Jahres selektiv variiert sowie nachfragegerecht gestaltet optimiert werden kann.
49. Fahrplan als Mittel zur erfindungsgemässen Optimierung der Nachhaltigkeit eines Eisenbahnverkehrsnetzes im allgemeinen sowie der Transporteffizienz und Betriebsstabilität im Eisenbahnpersonenverkehr im besondern nach ei-

nem der Ansprüche 1 bis 48, dadurch gekennzeichnet, dass der Fahrplan sowohl als selektiv variabler Taktfahrplan konstruierbar, einführbar und betreibbar ausführbar ist, als auch als eine beliebige Schar von zeitlich und geographisch verschiedenen, sowohl bezüglich Basistaktzeiten als auch bezüglich Abfahrzeiten oder Taktreihenfolge und Taktfrequenzen beliebig dehnbaren Taktfahrplänen, welche vorzugsweise nach den Kriterien einer Reduktion der resultierenden Lastgradienten und der dadurch induzierten Energieverbräuchen sowie mit dem Ziel einer ökonomischen und ökologischen Sitzplatzauslastung, beispielsweise in der idealtypischen Form einer selektiven Taktverdichtung jeweils in Zeiten hohen Passagieraufkommens in Kombination mit einer selektiven Taktausdünnung jeweils in Zeiten tiefen Passagieraufkommens optimierbar sind, sodass ein nachfrageorientiertes Fahrangebot erstellbar und somit ein nachhaltiger Betriebsablauf durchführbar ist.

50. Mittel zur erfindungsgemässen Optimierung der Nachhaltigkeit eines Eisenbahnverkehrsnetzes im allgemeinen sowie der Transporteffizienz und Betriebsstabilität im Eisenbahnpersonenverkehr im besondern nach einem der Ansprüche 1 bis 48, dadurch gekennzeichnet, dass über geeignete Sensoren die anfallenden Sitzplatzbelegungen pro Wagen oder Zugs- Komposition laufend erfassbar, speicherbar und auswertbar sind, vorzugsweise in der Form von Sensoren, welche eine anonyme Erfassung der Sitzplatzbelegung ermöglichen, beispielsweise auf Infrarotbasis, oder auf Ultraschallbasis, oder auf der Basis eines Sitzbelegungssensores, oder durch vertikal über dem Sitz angeordnete, gezielt anonymisierende Webcams.
51. Anwendung der erfindungsgemässen Verfahren entweder als ganzheitliches flächendeckendes Verfahren zur Optimierung des Schweizer oder Europäischen terrestrischen Eisenbahnverkehrsnetzes insbesondere zur Steigerung dessen Interoperabilität und Energieeffizienz, oder als regionales Verfahren zur Optimierung eines regionalen terrestrischen Verkehrsnetzes oder gewisser Teile davon, vorzugsweise jeweils in zwei Phasen, kurzfristig über einen selektiv variablen Taktfahrplan und mittelfristig ergänzend über eine gedehnte Basistaktzeit, wahlweise in Kombination mit geographischer Variationen, beispielsweise als Multitaktfahrplanschar auf gewissen Verkehrsachsen oder einzelnen Linien.
52. Einsatz der erfindungsgemässen Mittel entweder flächendeckend zur Optimierung des Schweizer oder Europäischen terrestrischen Eisenbahnverkehrsnetzes insbesondere zur Steigerung dessen Interoperabilität und Energieeffizienz, oder regional zur Optimierung eines regionalen terrestrischen Verkehrsnetzes oder gewisser Teile davon, vorzugsweise kurzfristig in der Form eines selektiv variablen Taktfahrplanes und mittelfristig ergänzend über eine gedehnte Basistaktzeit und einer partiellen Entschleunigung des Betriebsablaufes, sowie auch in Kombination mit weiteren erfindungsgemässen Massnahmen wie dem Betrieb verschiedener zeitlich verschobenen sowie bezüglich Basistakten und Taktfolgen partiell bewusst inhomogenen Taktfahrplänen, beispielsweise als Multitaktfahrplanschar auf gewissen Verkehrsachsen.

Zugpassagiere im Tagesablauf zwischen 5 und 24 Uhr

Prozentanteile des Personenverkehrsaufkommens pro Stunde; Belegung der Züge in Zürich HB.

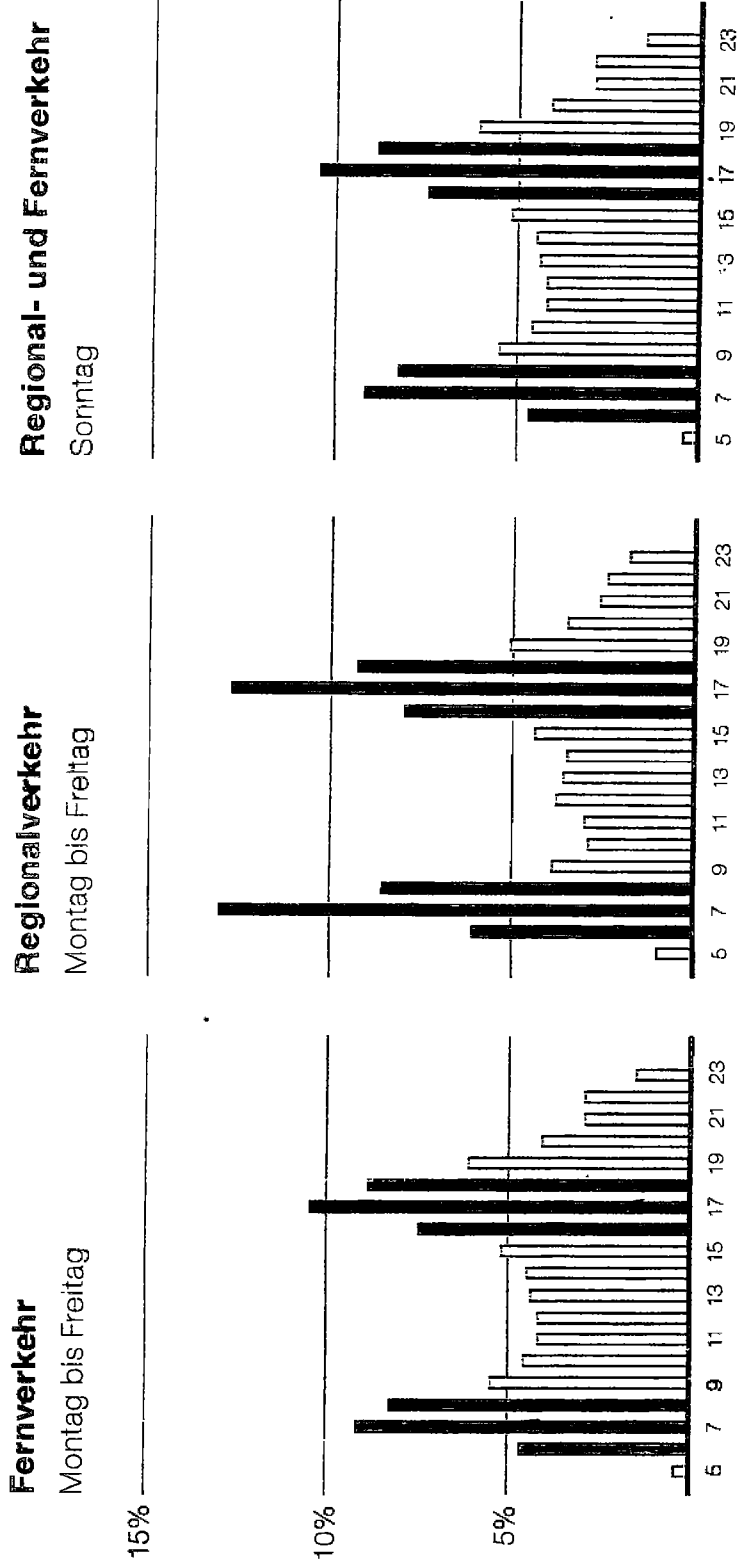


Fig. 1

Zugpassagiere im Tagesablauf zwischen 5 und 24 Uhr

Prozentanteile des Personenverkehrsaufkommens pro Stunde; Belegung der Züge in Zürich HB.

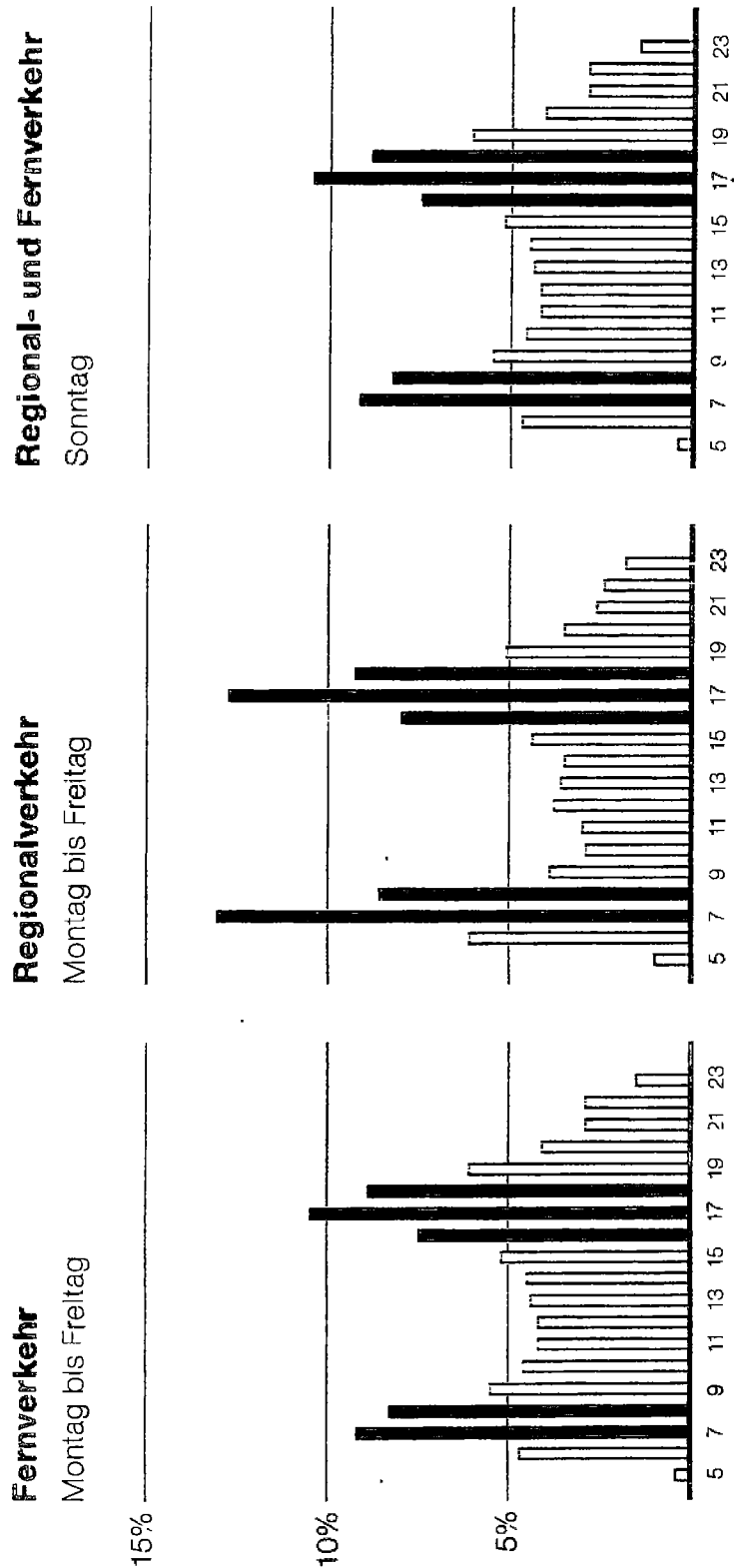


Fig. 2

Zugpassagiere im Tagesablauf zwischen 5 und 24 Uhr

Prozentanteile des Personenverkehrsaufkommens pro Stunde; Belegung der Züge in Zürich HB.

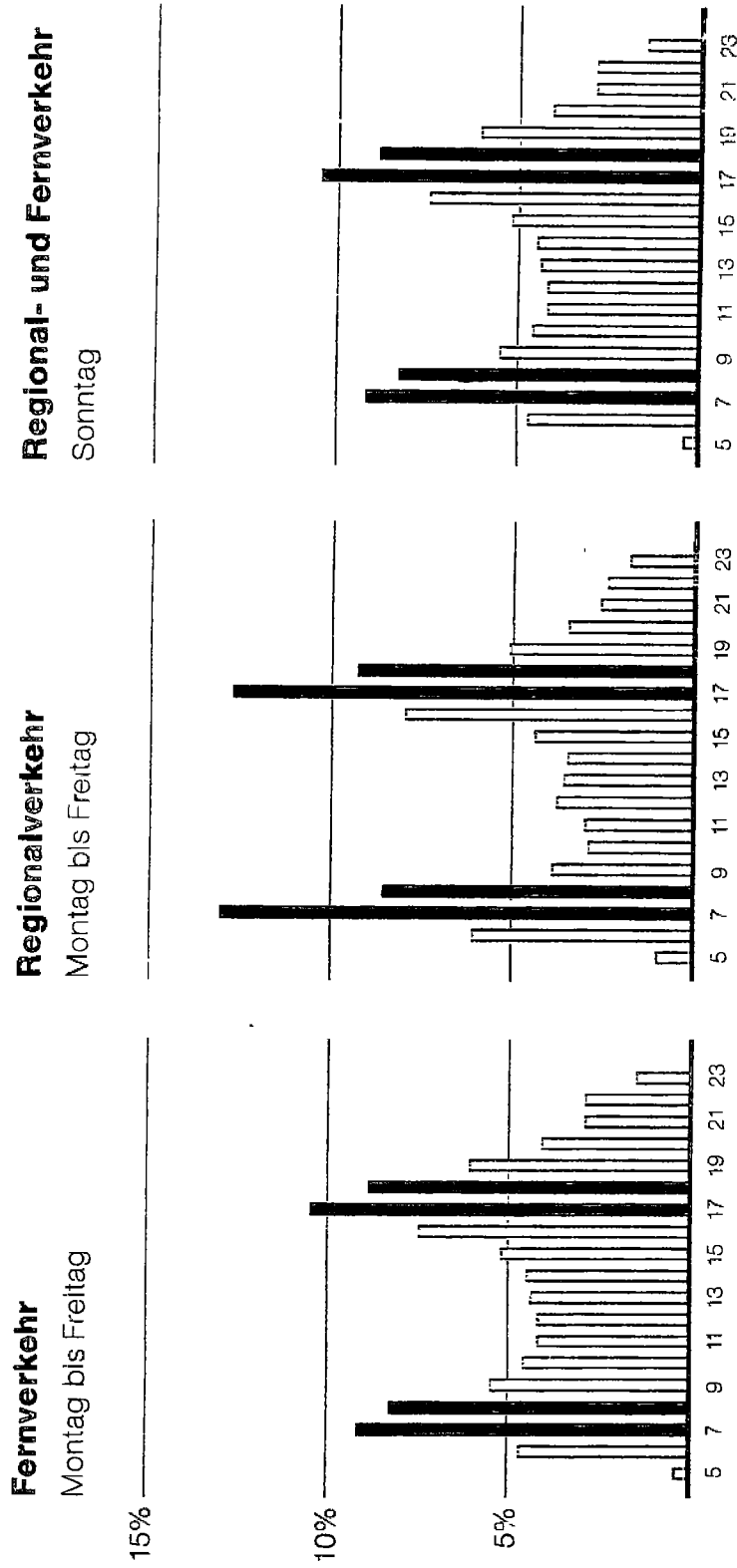


Fig. 3

Zugpassagiere im Tagesablauf zwischen 5 und 24 Uhr

Prozentanteile des Personenverkehrsaufkommens pro Stunde; Belegung der Züge in Zürich HB.

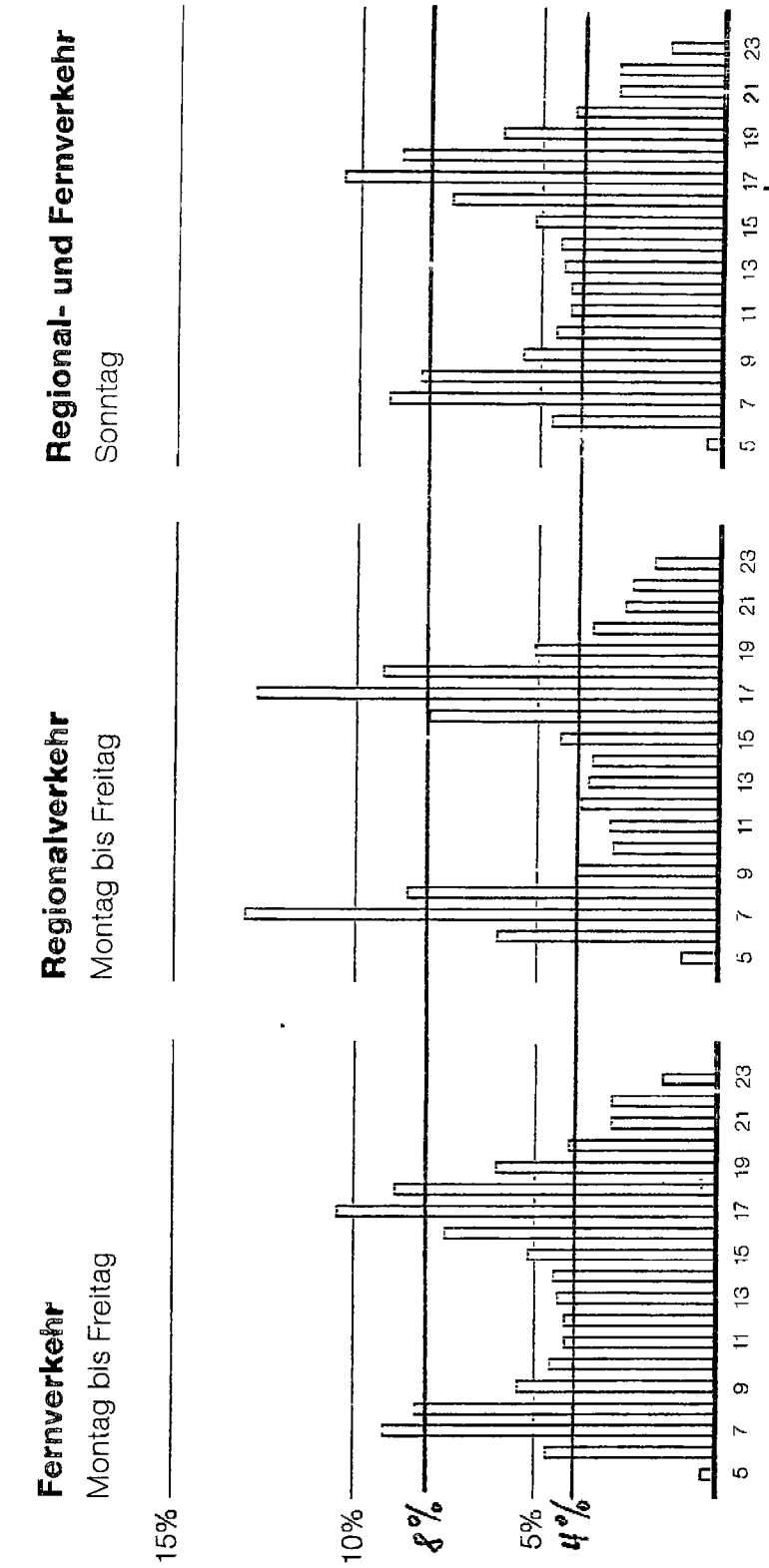


Fig. 4

Zugpassagiere im Tagesablauf zwischen 5 und 24 Uhr

Prozentanteile des Personenverkehrsaufkommens pro Stunde; Belegung der Züge in Zürich HB.

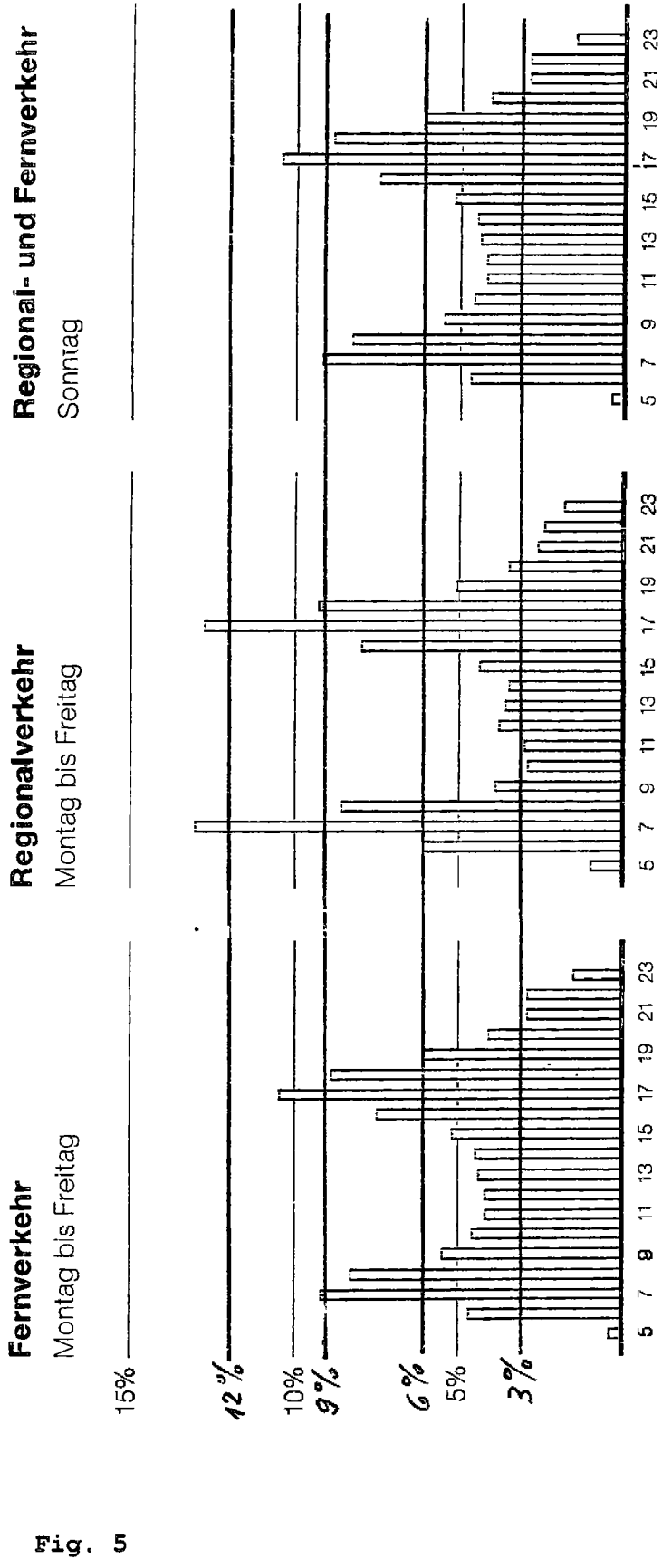


Fig. 5

Fahrzeiten	Taktfahrplan konventionell 1/2 Stundentakt		Szenario 1 Symmetrische Taktausdünnung		Szenario 2 Asymmetrische Taktausdünnung		Szenario 3 Kombination selektiver Takt-Verdichtung/ausdünnung		Szenario 4 Nachfrageoptimiert Sitzplatz Takt-Verdichtung/ausdünnung	
	Anzahl Fahrten		Anzahl Fahrten		Anzahl Fahrten		Anzahl Fahrten		Anzahl Fahrten	
00.00 bis 01.00 Uhr	0		0		0		0		0	
01.00 bis 02.00 Uhr	0		0		0		0		0	
02.00 bis 03.00 Uhr	0		0		0		0		0	
03.00 bis 04.00 Uhr	0		0		0		0		0	
04.00 bis 05.00 Uhr	0		0		0		0		0	
05.00 bis 06.00 Uhr	2		1		1		1.50		1	
06.00 bis 07.00 Uhr	2		2		1		1.50		2	
07.00 bis 08.00 Uhr	2		2		2		3.00		3.00	
08.00 bis 09.00 Uhr	2		2		2		1.50		2	
09.00 bis 10.00 Uhr	2		1		1		1		1	
10.00 bis 11.00 Uhr	2		1		1		1		1	
11.00 bis 12.00 Uhr	2		1		1		1		1	
12.00 bis 13.00 Uhr	2		1		1		1		1	
13.00 bis 14.00 Uhr	2		1		1		1		1	
14.00 bis 15.00 Uhr	2		1		1		1		1	
15.00 bis 16.00 Uhr	2		1		1		1		1	
16.00 bis 17.00 Uhr	2		2		2		1.50		2	
17.00 bis 18.00 Uhr	2		2		2		3.00		3.00	
18.00 bis 19.00 Uhr	2		2		2		1.50		2	
19.00 bis 20.00 Uhr	2		1		1		1		1	
20.00 bis 21.00 Uhr	2		1		1		1		1	
21.00 bis 22.00 Uhr	2		1		1		1		1	
22.00 bis 23.00 Uhr	2		1		1		1		1	
23.00 bis 24.00 Uhr	0		0		0		0		0	
Total Anzahl Fahrten	36		24		23		24.5		26	
Einsparung zu Konventio	0.00%		33,33%		36,11%		31,94%		27,78%	

Fig. 6

CH 718 904 A2

Effektive Fahrzeiten SVTFP Selektiv variabler Taktfahrplan

Basistakt 72`	Takt 72`	1/6 Takt + 12`	1/3 Takt + 24`	1/2 Takt + 36`	2/3 Takt + 48`	5/6 Takt + 60`
00.00						
01.12						
02.24						
03.36						
04.48	04.48					
06.00	06.00		06.24		06.48	
07.12	07.12	07.24		07.48		08.12
08.24	08.24		08.48		09.12	
09.36	09.36					
10.48	10.48					
12.00	12.00					
13.12	13.12					
14.24	14.24					
15.36	15.36		16.00		16.36	
16.48	16.48	17.00		17.24		17.48
18.00	18.00		18.24		18.48	
19.12	19.12					
20.24	20.24					
21.36	21.36					
22.48	22.48					
24.00	24.00					
Anzahl Fahrten	17	2	4	2	4	2
Total Anzahl Fahrten SVTFP			31			

Vergleich:

Total Anzahl Fahrten durchgehender
Halbstundentakt von 0500 bis 2400 39

Total Anzahl Fahrten durchgehender
Viertelstundentakt von 0500 bis 2400 77

Fig. 7

CH 718 904 A2

Effektive Fahrzeiten SVTFP Selektiv variabler Taktfahrplan

Basistakt 72`	Takt 72`	1/6 Takt + 12`	1/3 Takt + 24`	1/2 Takt + 36`	2/3 Takt + 48`	5/6 Takt + 60`
00.00						
01.12						
02.24						
03.36						
04.48	04.48					
06.00	06.00		06.24		06.48	
07.12	07.12	07.24	07.36	07.48	08.00	08.12
08.24	08.24		08.48		09.12	
09.36	09.36					
10.48	10.48					
12.00	12.00					
13.12	13.12					
14.24	14.24					
15.36	15.36		16.00		16.36	
16.48	16.48	17.00	17.12	17.24	17.36	17.48
18.00	18.00		18.24		18.48	
19.12	19.12					
20.24	20.24					
21.36	21.36					
22.48	22.48					
24.00	24.00					
Anzahl Fahrten	17	2	6	2	6	2
Total Anzahl Fahrten SVTFP			35			

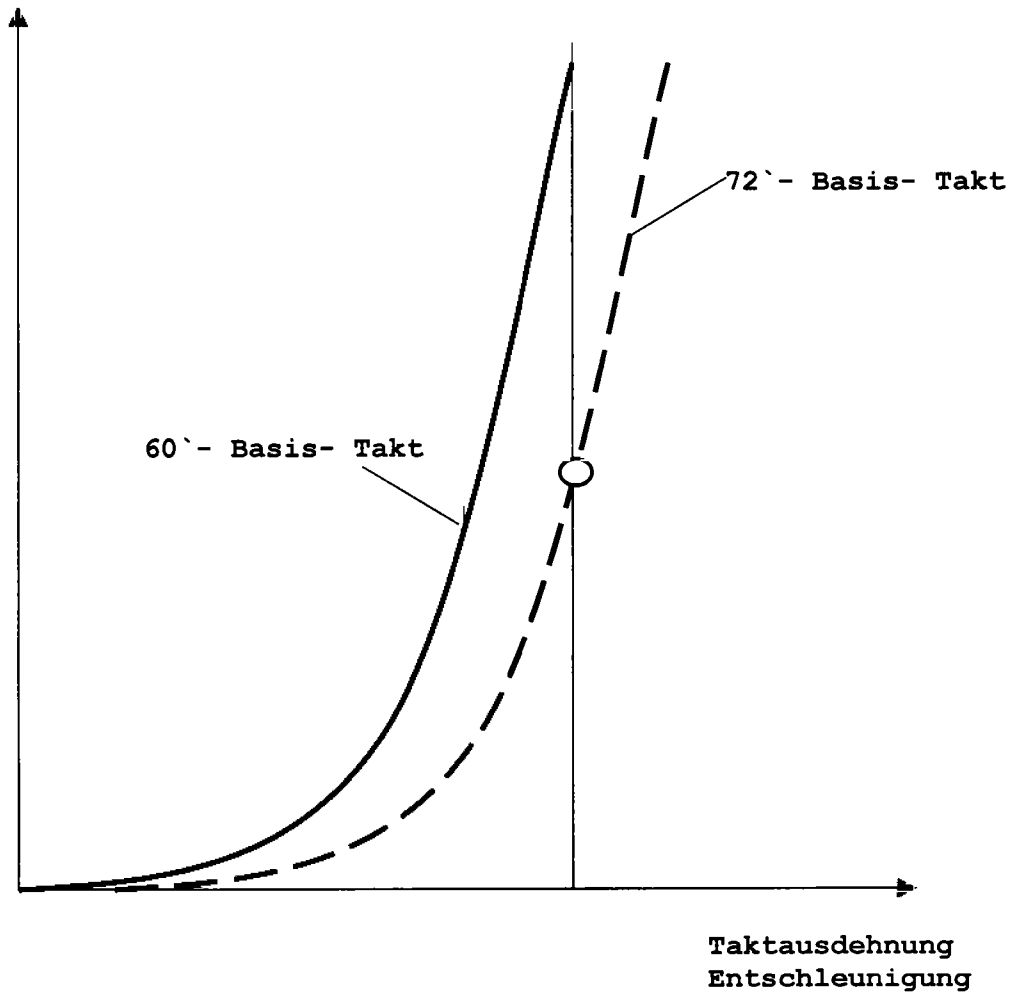
Vergleich:

Total Anzahl Fahrten durchgehender
Halbstundentakt von 0500 bis 2400 39

Total Anzahl Fahrten durchgehender
Viertelstundentakt von 0500 bis 2400 77

Fig. 8

Kosten



Quantitative Entwicklung der Personenverkehrs- Gesamtkosten

Fig. 9

Energieeinsparung

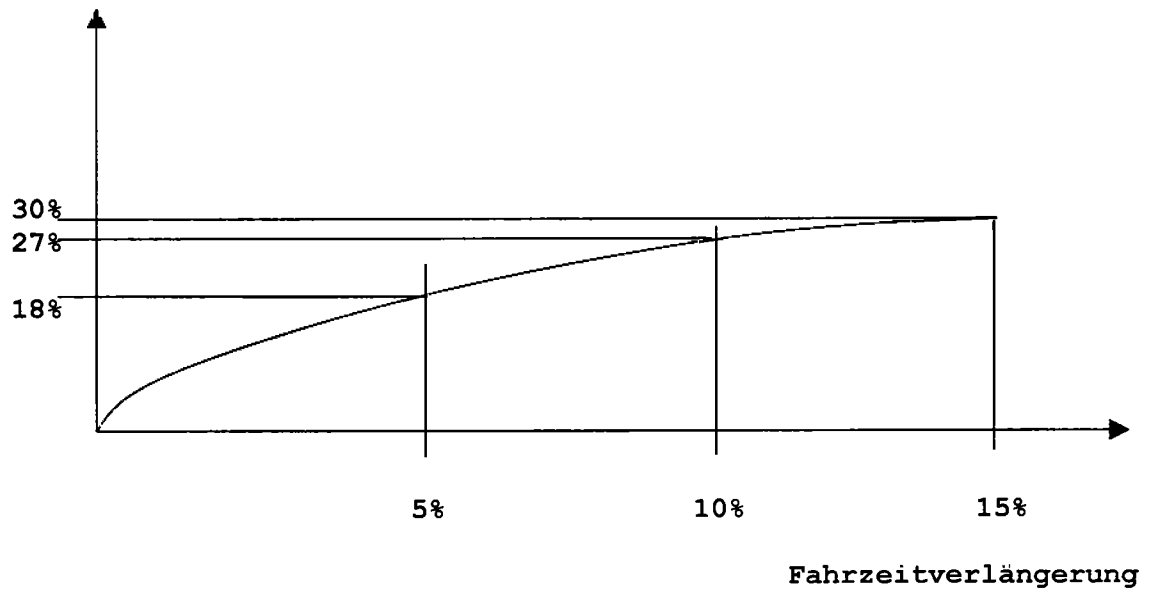


Fig. 10

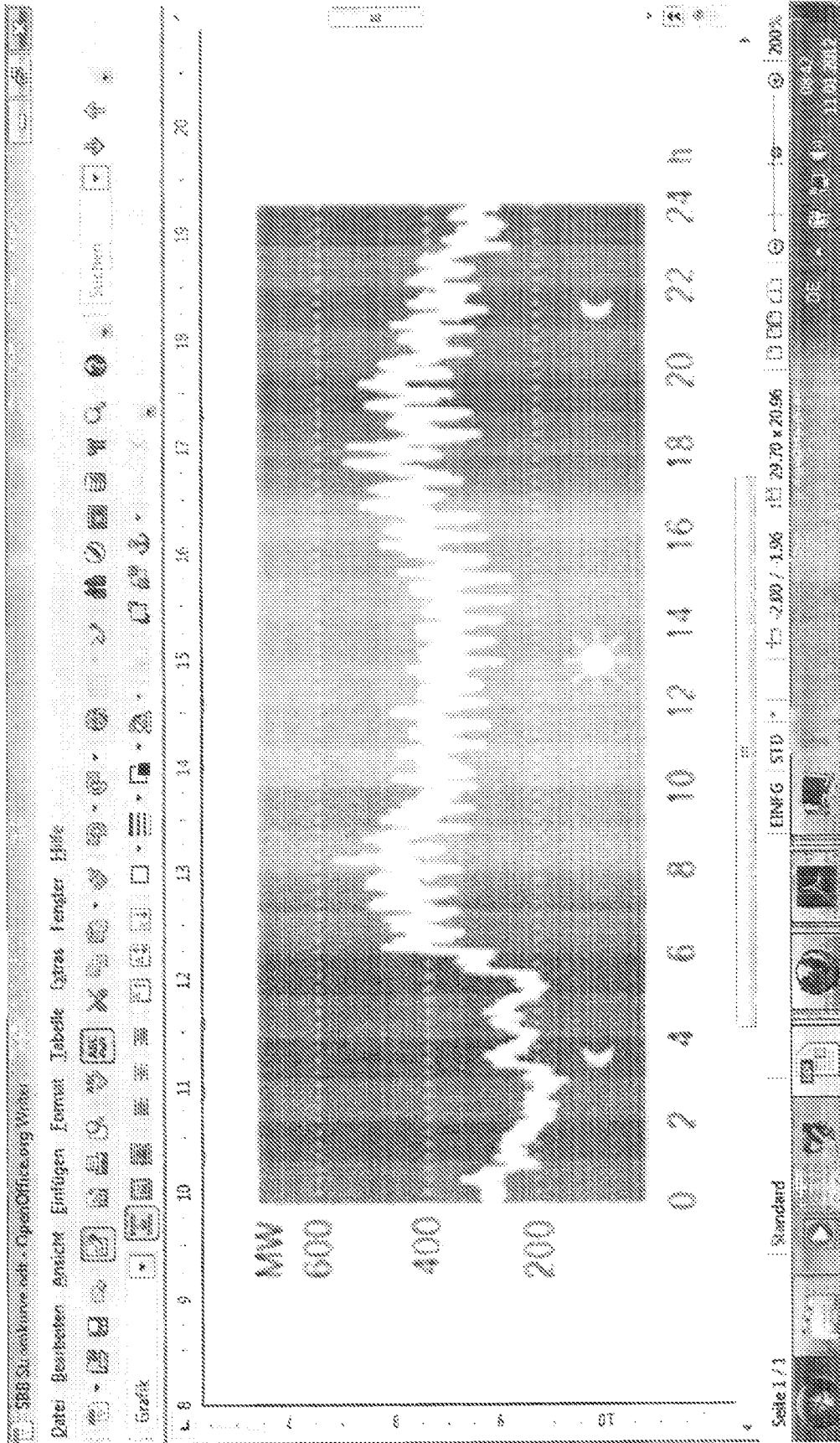
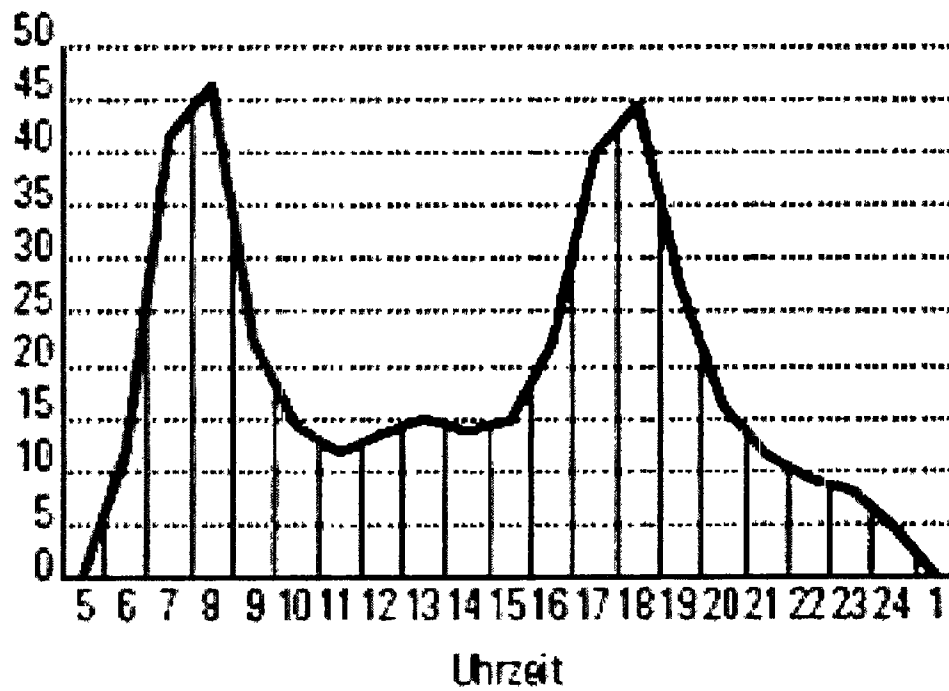


Fig. 11
38

Tägliche Frequenzen der S-Bahn

S-Bahn-Verkehr an der Stadtgrenze Zürich 2010,

Anzahl Fahrgäste, in Tausend



QUELLE: ZVV

NEZ-INFOGRAPHIK / tcf

Fig. 12

CH 718 904 A2

Variationen und Scharen verschiedener Basistakten für Taktfahrpläne

Basistakt 63`	Basistakt 64`	Basistakt 65`	Basistakt 66`	Basistakt 70`	Basistakt 72`	Basistakt 75`
00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00
01.03	01.04	01.05	01.06	01.10	01.12	01.15
02.06	02.08	02.10	02.12	02.20	02.24	01.30
03.09	03.12	03.15	03.18	03.30	03.36	03.45
04.12	04.16	04.20	04.24	04.40	04.48	05.00
05.15	05.20	05.25	05.30	05.50	06.00	06.15
06.18	06.24	06.30	06.36	07.00	07.12	07.30
07.21	07.28	07.35	07.42	08.10	08.24	08.45
08.24	08.32	08.40	08.48	09.20	09.36	10.00
09.27	09.36	09.45	09.54	10.30	10.48	11.15
10.30	10.40	10.50	11.00	11.40	12.00	12.30
11.33	11.44	11.55	12.06	12.50	13.12	13.45
12.36	12.48	13.00	13.12	14.00	14.24	15.00
13.39	13.52	14.05	14.18	15.10	15.36	16.15
14.42	14.56	15.10	15.24	16.20	16.48	17.30
15.45	16.00	16.15	16.30	17.30	18.00	18.45
16.48	17.04	17.20	17.36	18.40	19.12	20.00
17.51	18.08	18.25	18.42	19.50	20.24	21.15
18.54	19.12	19.30	19.48	21.00	21.36	22.30
19.57	20.16	20.35	20.54	22.10	22.48	23.45
21.00	21.20	21.40	22.00	23.20	24.00	01.00
22.03	22.24	22.45	23.06	00.30	01.12	02.15
23.06	23.28	23.50	00.12	01.40	02.24	03.30
00.09	00.32	00.55	01.18	02.50	03.36	04.45
01.12	01.36	02.00	02.24	04.00	04.48	06.00
02.15	02.40	03.05	03.30	05.10	06.00	
03.18	03.44	04.10	04.36	06.20		
04.21	04.48	05.15	05.42			
05.24	05.52	06.20	06.48			
06.27	06.56					

Fig. 13

Variationen und Scharen verschiedener Taktabstände für Taktfahrpläne
am Beispiel des 72- Minuten Basistaktes

72	36											
72	48	24										
72	54	36	18									
72	60	48	36	24	12							
72	63	54	45	36	27	18	9					
72	64	56	48	40	32	24	16	8				
72	66	60	54	48	42	36	30	24	18	12	6	
72	68	64	60	56	52	48	44	40	36	32	28	24.....

Fig. 14