



Peter Walter VEIT, Dipl.-Ing. Dr. techn., Jahrgang 1959 aus Graz, studierte Wirtschaftsingenieurwesen-Bauwesen an der TU-Graz. Nachdem er drei Jahre als Studienassistent am Institut für Werkstoffkunde, Materialprüfung und Festigkeitslehre tätig war, wechselte er nach Abschluß des Studiums im Jahr 1987 an das Institut für Eisenbahnwesen, wo er seitdem als Universitätsassistent beschäftigt ist und 1992 promovierte.

Sein Hauptaufgabengebiet betrifft Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen im Verkehrswesen unter spezieller Berücksichtigung des Eisenbahnwesens.

Die Wirtschaftlichkeit hoher Geschwindigkeiten im Eisenbahnwesen Österreichs

Die österreichische Verkehrspolitik räumt zufolge der Umweltproblematik dem Bahnausbau (wieder) eine höhere Priorität als dem Straßenbau ein. Diese erhöhte Bedeutung des Verkehrsmittels Eisenbahn sowohl für den Personennahverkehr als auch den Güterverkehr zeigt sich an der großen Zahl der Aus- und Neubauvorhaben der österreichischen Bundesbahnen (ÖBB). Damit erhält die Frage nach einer aus wirtschaftlichen Überlegungen anzustrebenden Höchstgeschwindigkeit hohe Aktualität.

Rahmenbedingungen in Österreich

Ziel der Überlegungen ist es, die Kostenwirksamkeit von Geschwindigkeitserhöhungen im Eisenbahnwesen Österreichs darzustellen. Dazu werden die Transportkosten (öS/Zugkm) als Funktion der betrieblichen Höchstgeschwindigkeit unter Berücksichtigung der spezifischen Situation Österreichs in bezug auf die Topographie, die Siedlungsstruktur und das Vorschriftenwesen kalkuliert.

Durch die Struktur Österreichs erhält die **Netzwerk** des Systems Eisenbahn besonderes Gewicht. Diesem Markterfordernis kann mit einem Taktverkehrskonzept in sehr guter Weise entsprochen werden, das die Anforderungen an Geschwindigkeiten jedoch maßgeblich beeinflusst. In Österreich stehen Höchstgeschwindigkeiten bis 250 km/h in Diskussion, höhere Geschwindigkeiten scheitern sowohl an der topographischen Situation als auch an der Kleinheit des Landes.

Den technischen Möglichkeiten und der Situation Österreichs entsprechend werden im folgenden Höchstgeschwindigkeiten zwischen 140 km/h und 250 km/h betriebswirtschaftlich bewertet. Dabei wird die Mindestgeschwindigkeit

(= Güterzuggeschwindigkeit) ebenfalls variiert, und zwar im Bereich von 80 km/h bis 120 km/h, da in Österreich auch in Zukunft Mischverkehr vorgesehen ist.

Die Bedeutung der Geschwindigkeitsauswahl

Das System Eisenbahn ist ein in sich und mit seiner Umgebung stark vernetztes System (Abb. 1).

Neben dem System Verkehrsmarkt ist das System Eisenbahn dargestellt. Dieses kann in drei Untersysteme gegliedert werden, die Systeme Betrieb, Technik und Wirtschaft. Die Aufgabe des Betriebs ist die Produktion (das Erstellen und Realisieren des Fahrplanes), die Technik ist für die Erstellung der Produktionsmittel zuständig (Beschaffung und Erhaltung von Fahrzeugen und Strecke), das System Wirtschaft

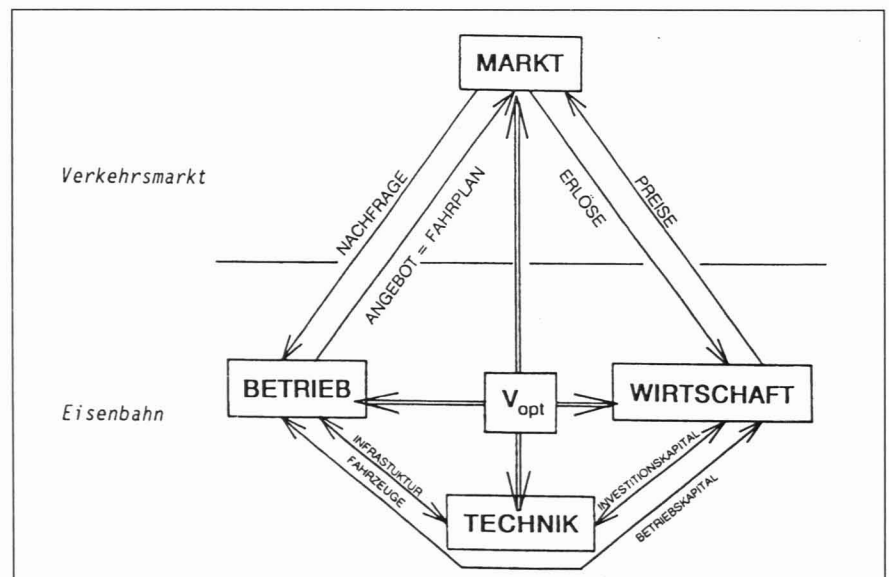


Abb. 1: System „Eisenbahn und Verkehrsmarkt“

schaft für die Verwaltung und Zuteilung der finanziellen Mittel.

Überlegt man nun die Auswirkungen von Geschwindigkeitserhöhungen, wird deutlich, daß eine sich ändernde Geschwindigkeit alle Systeme beeinflusst: schnelleres Fahren bringt mehr Marktattraktivität, ändert Fahrpläne, Dienstpläne und Umlaufpläne, stellt neue Anforderungen an die Technik und alle diese Auswirkungen führen zu geänderten Kostenstrukturen.

Vorgangsweise zur Bestimmung einer optimalen Höchstgeschwindigkeit

Die Überlegungen müssen daher alle beschriebenen Bereiche, also Markt (Nachfrage), Betrieb (Sicherungstechnik, Streckenleistungsfähigkeit, Energiebedarf, Produktivitätssteigerung und Zusatzverkehre) und Technik (Trassierung, Ober- und Unterbau, das rollende Material und die dazugehörigen Erhaltungskonzepte) mit ihren kostenrelevanten Auswirkungen umfassen.

Das Ergebnis der jeweiligen Betrachtungen sind eindimensionale Funktionen ($f=f(V)$), die technische, betriebliche und rechtliche Auswirkungen einer Geschwindigkeitserhöhung darstellen. Schließlich werden diese Funktionen monetär bewertet, also zu Kostenfunktionen der Einzelauswirkungen umgewandelt. Im letzten Schritt werden die einzelnen Kostenfunktionen mit Hilfe einer Transportkostenrechnung als Mengen- und Gewichtungsfunktion, zur Ergebnisfunktion

- **Kosten der Zugkilometer in Abhängigkeit**
- **von der Höchstgeschwindigkeit**

zusammengeführt. Liegen damit Transportkosten als Funktion der Höchstgeschwindigkeit vor, kann mit Hilfe einer geschwindigkeitsabhängigen Erlösfunktion eine Break-Even-Analyse zur Darstellung der wirtschaftlichen Geschwindigkeitsbereiche erfolgen.

Marktwirksamkeit von Geschwindigkeitserhöhungen

Geschwindigkeitserhöhungen führen zu kürzeren Fahrzeiten. Da für den Kunden die Haus-zu-Haus-Reisezeit und nicht die Fahrzeit relevant ist, kann eine Abschätzung der Marktwirksamkeit nur unter Berücksichtigung des Anteils der Fahrzeit an der Gesamtreisezeit für die verschiedenen Verkehrsarten erfolgen.

Da der Anteil der Fahrzeit an der Gesamtreisezeit im Güterverkehr nur

rund 15 % beträgt, ergibt eine Erhöhung der Güterzuggeschwindigkeit von 80 km/h auf 100 km/h bzw. 120 km/h – unter Berücksichtigung der durchschnittlichen Transportweite im Güterverkehr Österreichs von 202 km – lediglich Verkürzungen der Haus-zu-Haus-Reisezeit von maximal 4 %, ein Wert der ein Ansetzen von Mehrverkehr aus dem Titel Geschwindigkeitserhöhung als Einzelmaßnahme im Güterverkehr nicht rechtfertigt.

Glücklicherweise stellt sich die Situation im Personenverkehr anders dar. Hier beträgt die Fahrzeit im allgemeinen mehr als 50 % der Gesamtreisezeit. Damit kann dem schnelleren Fahren durch Verkürzung der Haus-zu-Haus-Reisezeit sehr wohl Mehrverkehr durch Änderung des Modal Split und induzierten Neuverkehr zugerechnet werden.

keitsniveau im allgemeinen und dem Geschwindigkeitsunterschied von langsamen und schnellen Zügen im speziellen. Berechnungen zeigen, daß die erreichbare Streckenleistungsfähigkeit mit wachsendem Geschwindigkeitsunterschied der Züge abnimmt (Abb. 2). Das Niveau der Kapazität hängt dabei wesentlich von der Geschwindigkeit des langsamsten Zuges ab. Der Berechnung der Kapazitäten in Abb. 2 sind Güterzuggeschwindigkeiten von 80 km/h (Kurve A), 100 km/h (Kurve B) und 120 km/h (Kurve C) zugrunde gelegt.

Kostenrelevant wird die Änderung der Streckenleistungsfähigkeit, wenn sie das Führen weiterer Züge, die von der Nachfrage her gerechtfertigt wären, tatsächlich limitiert. In diesem Fall verringert sich bei Hebung der Strecken-

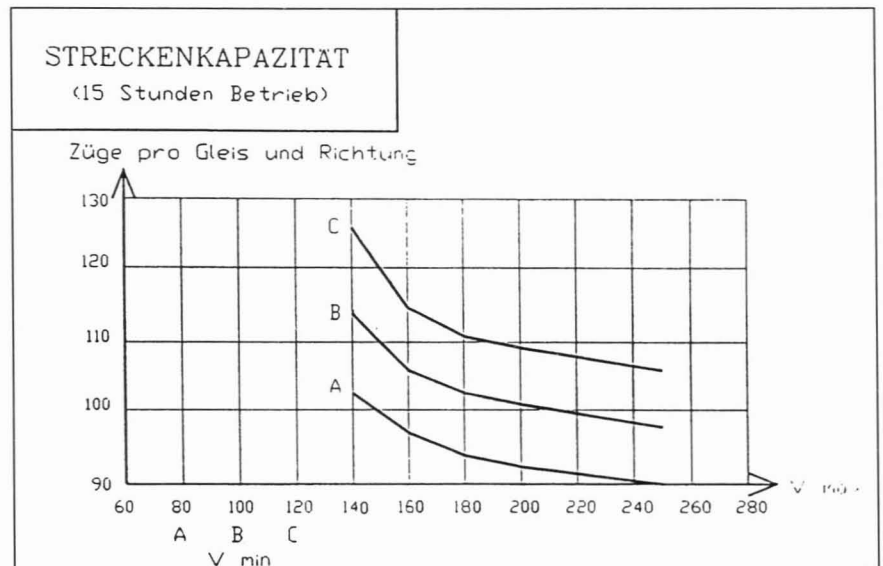


Abb. 2: Streckenleistungsfähigkeit als Funktion unterschiedlicher Fahrgeschwindigkeiten

Als geschwindigkeitsabhängige Erlösfunktion wird dabei eine Elastizitätsfunktion verwendet, die den Verkehrszuwachs als Funktion der eingesparten Fahrzeit bezogen auf die Istfahrzeit und die Istverkehrsmenge angibt.

Betriebliche Auswirkungen einer Geschwindigkeitserhöhung

Die Wahl der **Sicherungstechnik** wird im wesentlichen von der angestrebten betrieblichen Höchstgeschwindigkeit bestimmt. Das heutige optische Signalsystem wird für Geschwindigkeiten über 160 km/h als nicht geeignet betrachtet. In Österreich ist für höhere Geschwindigkeiten Linienzugbeeinflussung vorgesehen.

Einer der bedeutendsten Einflüsse ist die Abhängigkeit der **Streckenleistungsfähigkeit** vom Geschwindig-

keitsniveau im allgemeinen und dem Geschwindigkeitsunterschied von langsamen und schnellen Zügen im speziellen. Berechnungen zeigen, daß die erreichbare Streckenleistungsfähigkeit mit wachsendem Geschwindigkeitsunterschied der Züge abnimmt (Abb. 2). Das Niveau der Kapazität hängt dabei wesentlich von der Geschwindigkeit des langsamsten Zuges ab. Der Berechnung der Kapazitäten in Abb. 2 sind Güterzuggeschwindigkeiten von 80 km/h (Kurve A), 100 km/h (Kurve B) und 120 km/h (Kurve C) zugrunde gelegt.

Der Bedarf an **Fahrenergie** hängt im wesentlichen vom Luftwiderstand ab, der bei 200 km/h Zuggeschwindigkeit bereits 75 % des Gesamtwiderstandes ausmacht und mit dem Quadrat der Geschwindigkeit wächst. In der monetären Bewertung muß zudem der Energiemehrbedarf mit den höheren Stromkosten des Fremdstromes angesetzt werden, da bedeutende Kraftwerksbauten der ÖBB nicht in Sicht sind.



Durch erhöhte Fahrgeschwindigkeiten können die Produktionsmittel – Fahrzeuge, Fahrpersonal und Infrastruktur – je Zeiteinheit mehr Personen- oder Tonnenkilometer produzieren, die **Produktivität** steigt also an. Dabei ist zu beachten, daß die absolute Größe der Zeiteinsparung bei Steigerung der Geschwindigkeit um konstante Werte vom Ausgangsniveau der Geschwindigkeit abhängt, und umso kleiner ist, je größer die Ausgangsgeschwindigkeit bereits war. Die Zeiteinsparung kann mit Überschlagsformeln fahplanunabhängig abgeschätzt werden, jedoch darf diese Zeiteinsparung nicht zur Gänze als Rationalisierungspotential z.B. zur Bestimmung der Abnahme des erforderlichen Fahrzeugparks angesehen werden. Die Anpassungen der Umlauf-, Dienst- und Fahrpläne können nur einen Teil der Zeiteinsparung in Produktivitätssteigerung umsetzen.

Eine weitere betriebliche Abhängigkeit zur Geschwindigkeit ergibt sich über den **Haltestellenabstand**. Die erreichbaren Zeiteinsparungen begrenzen die Höchstgeschwindigkeiten in Abhängigkeit vom Haltestellenabstand. So sollte bei Halten alle 30 km eine Geschwindigkeit von 140 bis 160 km/h nicht überschritten werden. 200 km/h erlauben nennenswerte Zeiteinsparungen bei durchgehendem Fahren über zumindest 100 km, bei 250 km/h Fahrgeschwindigkeit sollte der Haltestellenabstand größer als 200 km sein. Werden Züge massiv beschleunigt, können sie daher nicht mehr an allen Bahnhöfen, die sie heute bedienen, halten. Dies führt zu einem Rückgang der Nachfrage oder erfordert zur Aufrechterhaltung der Bedienungsqualität **zusätzliche Verteilverkehre**, deren Kosten (oder der Nachfragerückgang) dann der Geschwindigkeitssteigerung anzulasten ist.

Technische Anforderungen bei Erhöhung der Fahrgeschwindigkeiten

Von den mannigfaltigen Abhängigkeiten der Trassierungsgrößen von der Entwurfsgeschwindigkeit seien beson-

ders der Mindestradius erwähnt. Dieser beträgt z.B. für 120 km/h 920 m, für 160 km/h 1650 m und für 200 km/h bereits 3000 m. Generell wird die Trassierung mit steigender Geschwindigkeit unflexibler und damit teurer. Einen strengen Zusammenhang Trassierungskosten zu Entwurfsgeschwindigkeit kann es wegen unterschiedlicher topographischer Verhältnisse und verschiedener Siedlungsstrukturen allgemeingültig nur sehr eingeschränkt geben. Literaturlauswertungen und eigene Trassierungen für verschiedene Geschwindigkeitsniveaus ein- und derselben Strecke (Süd-Ost-Spange im Abschnitt Graz – Klagenfurt – Italien) waren Eingangsgrößen für die anschließende Kalkulation. Für konkrete streckenspezifische Überlegungen müssen daher auch konkrete Trassenuntersuchungen ausgewertet werden.

Die technischen Erfordernisse an die **Fahrzeuge** weisen weitere wesentliche Geschwindigkeitsabhängigkeiten auf. Hier sei auf die Komponenten Drehgestelle, Bremstechnik, Druckertüchtigung, Aerodynamik, Lärmbekämpfung, Stromabnehmer, Antriebstechnik und Motoren und ihre Lagerung im Fahrzeug hingewiesen. Die Steigerung der Kosten bei den Wagen ist zu etwa 75 % auf die Druckertüchtigung zurückzuführen, bei Triebfahrzeugen teilen sich die Kostensteigerungen gleichmäßiger auf die Einzelmaßnahmen auf.

Kalkulation der Transportkosten

Mit diesen und weiteren monetär bewerteten Einzelauswirkungen von Geschwindigkeitserhöhungen kann die Kalkulation für die Kosten einer Zugfahrt geschwindigkeitsabhängig erfolgen. Das Rechenmodell dafür ist die Transportkostenrechnung der ÖBB.

Die Transportkostenrechnung ist eine Vollkostenrechnung, die die Gesamtkosten einer Zugfahrt – unterteilt in eine Reihe von Einzelpositionen – darstellt. Diese Kostenpositionen sind singulär von Zugkilometern, Gesamtbruttotonnenkilometern, beförderten Personen oder Tonnen, Fahrzeit, Arbeitszeit oder

Betriebszeit, Verschubstunden oder Achskilometern abhängig, und auch ihr variabler Kostenanteil ist bekannt. Mit dieser Rechnung kann jeder beliebige Zug auf jeder Strecke kalkuliert werden. Als Basiskalkulation wurde der österreichische Durchschnittsschnellzug für eine Reiseweite von 200 km, einem Besetzungsgrad von 60 % und einer Höchstgeschwindigkeit von 140 km/h ausgewertet. Da die einzelnen Auswirkungen von Geschwindigkeitserhöhungen nun bekannt sind, gelingt es, die Transportkosten geschwindigkeitsabhängig durch entsprechendes Aufwerten der einzelnen Kostenpositionen darzustellen. Besonderer Wert wurde dabei auf die Möglichkeit gelegt, Kostensprünge der Eingangsfunktion in der Ergebnisfunktion darstellen zu können. Des Weiteren wurde der Haltestellenabstand für Geschwindigkeiten über 200 km/h variiert.

Die Kostenverläufe der Einzelpositionen (ös/Zugkilometer) zeigen sehr unterschiedliches Verhalten – alle denkbaren Auswirkungen treten dabei auf. So steigen die Energiekosten massiv an, Kosten der Bahnerhaltung, Bahnbewachung steigen ebenfalls, die Kosten der Abfertigung bleiben konstant und die Kosten für das Zugpersonal nehmen, bedingt durch die kürzere zeitliche Inanspruchnahme ab. Wesentlicher ist jedoch das Gesamtergebnis der Kalkulation (Tab. 1, Abb. 3), das ein relativ moderates Ansteigen der Kosten mit einer Ausnahme aufzeigt: einem deutlichen Kostensprung bei Überschreiten der Geschwindigkeit von 160 km/h.

Die Aufteilung in fixe und variable Kostenanteile erwies sich dabei als praktisch geschwindigkeitsunabhängig.

Die Kostenfunktion ist charakterisiert durch:

- einen bedeutenden Kostensprung bei Überschreiten der Geschwindigkeit von 160 km/h.
- Die Kostensprünge der Eingangsfunktionen bei 200 km/h scheinen im Gesamtergebnis jedoch praktisch nicht auf.

GESCHWINDIGKEIT km/h HALTESTELLENABSTAND km	140 50	160 50	160+α 50	180 50	200 50	200 100	200+α 50	200+α 100	250 100	250 200
Summe öS/km %	100,00	102,24	120,95	122,89	125,83	123,67	126,60	123,73	125,97	121,73
Infrastruktur öS/km %	100,00	107,26	121,67	127,44	133,69	133,69	134,78	134,78	139,13	139,13
Betrieb öS/km %	100,00	99,11	120,50	120,05	120,93	117,43	121,50	116,85	117,77	110,89

Tabelle 1: Kalkulation der Einzelzugfahrt bezogen auf die Kostensituation eines Schnellzuges mit einem V_{max} von 140 km/h

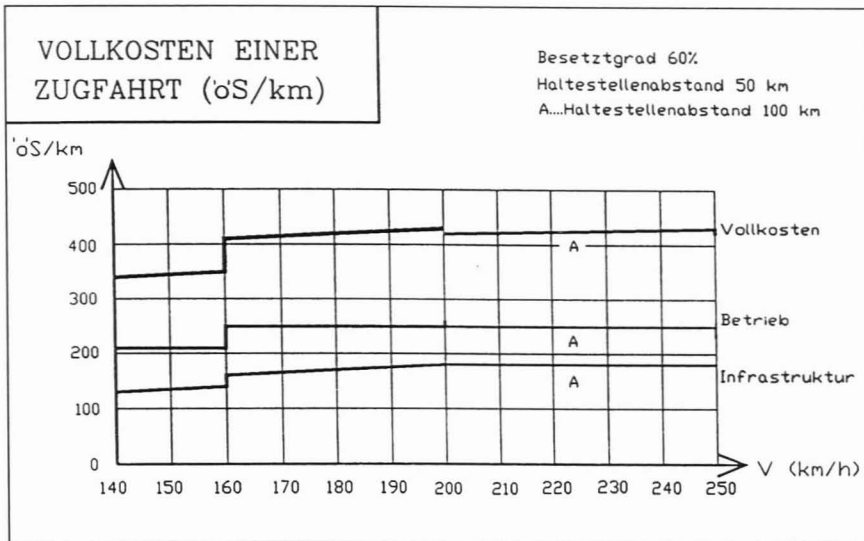


Abb. 3: Kosten der Zugfahrt (öS/Zugkm) in Abhängigkeit von der Höchstgeschwindigkeit

– Abgesehen von diesen Kostensprüngen steigen die Kosten relativ gering bei Anheben der Geschwindigkeit.

Der Kostensprung bei Überschreiten von 160 km/h

Die Erklärung dieses Kostensprunges gerade bei 160 km/h findet sich auch in der Entwicklungsgeschichte des österreichischen Eisenbahnwesens. Lange Zeit – vom Ende der Monarchie bis zum Beginn des Projektes „Die neue Bahn“ – beschränkten sich die ÖBB (oder wurden beschränkt) auf das Ertüchtigen des Bestandes der Infrastruktur und auch der Fahrzeugpark weist ein beträchtliches Alter auf. Es zeigte sich, daß wesentliche Anlagen und Fahrbetriebsmittel bis zu eben dieser Geschwindigkeit ertüchtigt werden können. Darüber hinaus sind jedoch neue technische Lösungen und somit Großinvestitionen erforderlich. Dieser Technologiesprung drückt sich im dargestellten Kostensprung (Tab. 2) aus.

Infrastruktur

Im Bereich Infrastruktur zeigt sich der Kostensprung im **Oberbau, Sicherungsdienst, dem Fahrweg in den Bahnhöfen und der Elektrifizierung**. Geringfügige Kostenänderungen ergeben sich zudem bei allen gewichtsabhängigen Erhaltungskosten, da ab 160 km/h andere Wagen eingesetzt werden müssen, die bedingt durch gesteigerte technische Anforderungen schwerer sind. Im **Oberbau** ergeben sich steigende Kosten durch Verwenden des

schwereren Oberbaues (UIC 60-Schienen auf Betonschwellen), der bedeutende Kostensprung der **Sicherungstechnik** ist auf den Einbau von Linienzugbeeinflussung ab 160 km/h zurückzuführen. Im **Bahnhofsbereich** ist erstens zumindest auf den Durchgangsgleisen ebenfalls der schwere Oberbau vorzusehen und zweitens sind durch das Verbot von Bahnsteigkanten an Durchgangsgleisen weitere Gleise und Weichen vorzusehen. Für die **Elektrifizierung** sind verringerte Mastabstände und das Verbot des Überspannens mehrerer Gleise kostenwirksam.

Betrieb

Im Betrieb verursachen vor allem die teureren **Fahrbetriebsmittel** den Kostensprung. So steigen die Positionen Wagenuntersuchung (Bremsproben etc.), Wagenerhaltung und -erneuerung und sämtliche Kosten der Triebfahrzeuge. Ebenso steigen durch die schwereren Züge die Energiekosten.

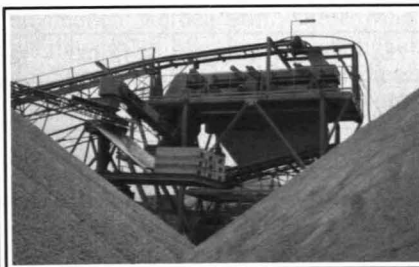
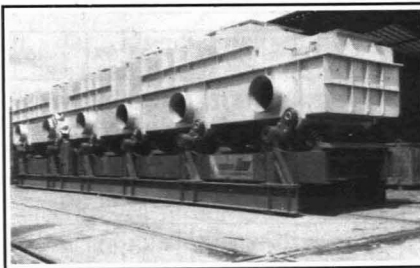
Der Kostensprung bei Überschreiten von 200 km/h

Es gibt Kostenpositionen, die auf das Überschreiten von 200 km/h reagieren. Im wesentlichen sind das Positionen der Fahrzeuge, da die Infrastrukturanlagen, die für Geschwindigkeiten über

Kosten	160 km/h	160+α km/h
Infrastruktur	100 %	113 %
Betrieb	100 %	122 %
Vollkosten	100 %	118 %

Tabelle 2: Kostensprung bei 160 km/h

ZUR ROHSTOFF-AUFBEREITUNG



**MASCHINEN
UND
ANLAGENBAU**



BINDER & CO. AG, Postfach 71, A - 8200 Gleisdorf,
Tel.: 03112-2136-0*, Tlx: 311551 bg a, Fax: 03112-2136-300



160 km/h vorgeschrieben werden, im großen und ganzen den Bereich bis mindestens 250 km/h abdecken. Bei den Fahrzeugen ist 200 km/h die sich in aller Welt herauskristallisierende Grenzgeschwindigkeit, ab der nur mehr Triebzüge zum Einsatz kommen. Diese in ihrer Anschaffung teureren Züge bieten aber auch Rationalisierungsmöglichkeiten. So wird der Verschiebung ein nicht mehr kostenrelevanter Faktor und die wesentlich bessere aerodynamische Ausgestaltung der Züge durch Wegfall der Zugänglichkeit der Kupplungen und andere mögliche Formgebung der Triebköpfe (Keilformen des ICE, TGV ...) erlaubt eine Senkung des Energiebedarfs. Diese Einsparungen egalisieren den Kostensprung, der durch neue Fahrzeuge eintritt, wenn die Fahrzeuge entsprechend genutzt werden.

kann nur bei Nutzung der Rationalisierungspotentiale, die sich durch höhere Geschwindigkeiten ergeben, im Optimalfall erreicht werden.

So sind Kostensenkungen im Personal-sektor für die Zugfahrt nur erreichbar, wenn durch optimierte Dienstpläne des Personals die Verkürzung der Fahrzeit tatsächlich zu einer Verkürzung der Arbeitszeit des Fahrpersonals (Triebfahrzeugführer, Zugbegleiter) führt. Dadurch können erst die Potentiale an Produktivitätssteigerung wirksam werden.

Ebenso verhält sich die Situation bei den Fahrzeugen, jedoch sind die Auswirkungen hier noch krasser. Gelingt es nicht, kürzere Fahrzeiten für die gleichen Entfernungen in eine Steigerung der Jahreslaufleistungen der Fahrzeuge und damit eine Senkung der erforderlichen Einheiten umzusetzen,

steigen die Kosten bei Geschwindigkeitssteigerungen wesentlich stärker an.

Sensitivitätsüberlegungen

Da die **Auslastung** (Produktivität), ob das nun die erreichbare Streckenleistungsfähigkeit, die Jahreslaufleistungen von Fahrzeugen oder die Produktivität des Personals ist, einen derart wesentlichen Einfluß auf die Kostenfunktion ausübt, wurde eine Sensitivitätsanalyse erstellt. Verschlechtert man die Ausnutzung der Strecke (Abnahme um 15 %), der Fahrzeuge (nur geringe Steigerung der Jahreslaufleistung bei schnellerem Fahren) und des Personals (nur teilweises Nutzen der sich bei schnellerem Fahren bietenden Produktivitätssteigerungen) wirkt sich dies massiv auf das Endergebnis (Tab. 3) aus.

Gesamtkostenverlauf

Die Gesamtkosten einer Zugfahrt steigen mit der Fahrgeschwindigkeit relativ schwach an (Ausnahme: Kostensprung bei 160 km/h). Die Begründung liegt in den Einsparungspotentialen, die sich primär durch die Produktivitätssteigerung der eingesetzten Fahrzeuge und des Personals (Steigerung der produzierten Personen- oder Tonnenkilometer pro Zeiteinheit) ergeben.

Das Ergebnis, „die Gesamtkosten steigen im Vergleich zur Geschwindigkeit unterproportional an“, ist damit jedoch keine sich einstellende Selbstverständlichkeit, sondern

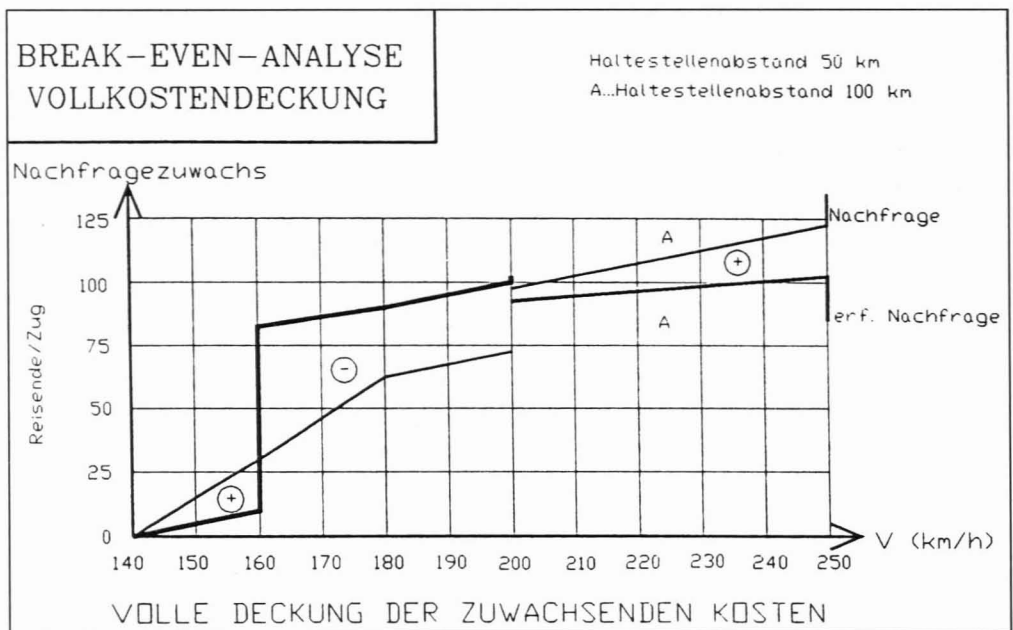


Abb. 4: Break-Even-Analyse, Vollkostendeckung

GESCHWINDIGKEIT km/h HALTESTELLENABSTAND km	140 50	160 50	160+α 50	180 50	200 50	200 100	200+α 50	200+α 100	250 100	250 200
Differenz in % im Vergleich zur Kalkulation mit günstigeren Produktivitätswerten										
Summe	+ 5,0%	+ 6,7%	+ 9,8%	+ 11,2%	+ 12,0%	+ 12,9%	+ 12,3%	+ 13,6%	+ 13,9%	+ 16,7%
Infrastruktur	+ 13,1%	+ 13,6%	+ 13,2%	+ 13,3%	+ 13,3%	+ 13,3%	+ 13,2%	+ 13,2%	+ 13,0%	+ 13,0%
Betrieb	± 0,0%	+ 2,1%	+ 7,1%	+ 9,9%	+ 11,1%	+ 12,7%	+ 11,7%	+ 13,8%	+ 14,7%	+ 19,6%
Differenz in % im Vergleich zum Istzustand (V = 140 km/h, IST-Produktivitätswerte)										
Summe	+ 5,0%	+ 9,1%	+ 32,8%	+ 36,7%	+ 40,9%	+ 39,7%	+ 42,2%	+ 40,5%	+ 43,5%	+ 42,0%
Infrastruktur	+ 13,1%	+ 21,8%	+ 37,7%	+ 44,4%	+ 51,5%	+ 51,5%	+ 52,6%	+ 52,6%	+ 57,2%	+ 57,2%
Betrieb	± 0,0%	+ 1,2%	+ 29,8%	+ 31,9%	+ 34,4%	+ 32,3%	+ 35,7%	+ 33,0%	+ 35,0%	+ 32,6%

Tabelle 3: Ergebnis der Sensitivitätsuntersuchung



Diese Ergebnisse unterstreichen nochmals die Wichtigkeit, mit Erhöhung der Geschwindigkeit auch die sich dadurch bietenden Produktivitätssteigerungen zu realisieren.

Break-Even-Analyse zur Abschätzung des für das Eisenbahnwesen Österreichs optimalen Geschwindigkeitsniveaus

Der letzte Schritt zur Abschätzung eines wirtschaftlich optimalen Geschwindigkeitsniveaus ist es, die Erlösfunktion und die Kostenfunktion im Rahmen einer Break-Even-Analyse gegenüberzustellen. Setzt man die Einnahmen pro Personenkilometer (Personenfernverkehr inkl. staatliche Abgeltungen = 0,92 öS/km) an, kann man aus den Kilometermehrkosten bei Hebung der Geschwindigkeit jene Anzahl an Kunden berechnen, die erforderlich wären, um die zusätzlichen Kosten zu decken. Für die realisierbaren Fahrzeitverkürzungen bei Geschwindigkeitssteigerungen der verschiedenen Züge werden zu erwartende Nachfragesteigerungen bestimmt und die Break-Even-Analyse (Abb. 4) durchgeführt.

Diese Abschätzung geht von einer Vollkostendeckung der Zusatzkosten aus. Damit würde bei Geschwindigkeitssteigerung sich das Betriebsergebnis in Absolutwerten nicht ändern, der Kostendeckungsgrad sogar steigen, da die Zusatzkosten zu 100 % erwirtschaftet werden (Istkostendeckungsgrad im Personenfernverkehr ÖBB 1989: 83,2 %). Man sieht, daß ein Heben der Geschwindigkeit auf 160 km/h wirtschaftlich sinnvoll wäre. Die durch das Überschreiten dieser Geschwindigkeit anfallenden Mehrkosten könnten allerdings erst bei Steigerung der Geschwindigkeit auf 200 km/h (und gleichzeitigem Vergrößern des Haltestellenabstandes auf 100 km) abgedeckt werden.

Schlußfolgerungen

Für das Eisenbahnwesen Österreichs ist eine durchgehende Höchstgeschwindigkeit von 160 km/h für Personenfernzüge die wirtschaftlich günstigste Option. Eine derartige Geschwindigkeitserhöhung im Eisenbahnbetrieb ist in der Lage, die wirtschaftliche Situation der ÖBB zu verbessern.

Im Bereich Güterverkehr beeinflusst eine Geschwindigkeitserhöhung nur einen geringen Teil der Gesamttransportdauer. Hier ist derzeit (1991) orga-

nisatorischen Maßnahmen zur Verkürzung der Manipulationszeiten der Vorzug zu geben.

Die Berechnungen zeigen den dominanten Einfluß der Produktivität. Nur wenn es gelingt, die Rationalisierungspotentiale durch erhöhte Geschwindigkeit in erhöhte Produktivitätswerte umzusetzen, kann die Hebung der Wirtschaftlichkeit tatsächlich erreicht werden.

Ein Anheben der Geschwindigkeit auf 160 km/h ist mit Ausnahme der Notwendigkeit bedeutender Streckenaus- und -neubauten ohne grundlegende technisch innovative Veränderungen möglich. Um konkurrenzfähige Reisezeiten (die kleiner oder zumindest gleich den Reisezeiten des Individualverkehrs auf Autobahnen sein sollten) mit einer Höchstgeschwindigkeit von 160 km/h zu erreichen, muß diese Geschwindigkeit über weite Strecken durchgehend gefahren werden können, wodurch die Notwendigkeit von Streckenaus- und -neubauten unterstrichen wird.

Wird die Geschwindigkeit von 160 km/h überschritten, nimmt man eine deutliche Kostensteigerung in Kauf, die von der Nachfragesteigerung erst bei Geschwindigkeiten von rund 200 km/h ausgeglichen werden kann. Dadurch ergibt sich ein unwirtschaftlicher Bereich für Geschwindigkeiten von 160 km/h bis etwa 200 km/h. Für die Wahl der Höchstgeschwindigkeit einer konkreten Strecke über 200 km/h sind neben Machbarkeitsuntersuchungen zur Linienführung Überlegungen zum Taktverkehrskonzept und genaue auch internationale Nachfrageanalysen erforderlich, deren Ergebnisse in die Wirtschaftlichkeitsrechnung eingehen müssen.

Als weiteres Ergebnis wurde erkannt, daß auf Strecken mit hochwertigem Personenverkehr und langsamem Güterverkehr bei Betrieb nahe der Streckenleistungsfähigkeit die Geschwindigkeit des langsamsten Zuges angehoben werden soll. Diese Maßnahme erhöht die Leistungsfähigkeit der Strecke und ist bei Annahme dieser Zusatzkapazität zu heutigen Durchschnittsauslastungen bereits wirtschaftlich.

Die Ergebnisse der Wirtschaftlichkeitsüberlegungen sollten nicht singular betrachtet werden. Unter den vielfältigen Systembeziehungen sollen besonders auf Zusammenhänge der Systeme „Wirtschaft“, in der Ausformung der wirtschaftlich anzustrebenden Geschwindigkeit, „Betrieb“, mit

dem Ergebnis eines angestrebten Taktfahrplanes und „Technik“, als daraus resultierende Streckenaus- und -neubauvorhaben hingewiesen werden. Diese Abhängigkeiten erlauben eine wechselseitige iterative Annäherung (Markt -“ angestrebter Taktfahrplan -“ erforderliche Streckenausbauten -“ wirtschaftlich anzustrebende Geschwindigkeit -“ Markt -“ anzustrebender Taktfahrplan -“ ...) an ein Gesamtoptimum.

Streckenspezifische Wirtschaftlichkeitsüberlegungen zur Wahl der Entwurfsgeschwindigkeit sollten dabei schon in die ersten Trassenüberlegungen einfließen. Dadurch könnte erreicht werden, daß ein wirtschaftlich günstiges Geschwindigkeitsniveau auch taktkompatibel wird, und so ein Kosten-Nutzen-Optimum langfristig realisierbar wird.

Literatur

VEIT, Peter W.: Kostenwirksamkeit von Geschwindigkeitserhöhungen im Eisenbahnwesen Österreichs, Diss., TU Graz, 1991.

