

akzent

Rolf Schönknecht

Schneller – aber wie?



Rolf Schönknecht

Schneller – aber wie?

Urania-Verlag Leipzig Jena Berlin

Autor: Dr.-Ing. Rolf Schönknecht
Universität Rostock

Illustrationen: Wolfgang Parschau

1. Auflage 1976

1.-30. Tausend. Alle Rechte vorbehalten

© Urania-Verlag Leipzig/Jena/Berlin

Verlag für populärwissenschaftliche Literatur, Leipzig, 1976

VLN 212-475/32/76 · LSV 3809

Lektor: Ewald Oetzel

Umschlagreihenentwurf: Helmut Selle

Typografie: Helmut Selle

Printed in the German Democratic Republic

Gesamtherstellung: GG Interdruck Leipzig

Best.-Nr. 653 382 2

EVP 4,50 Mark

Inhalt

Technik kontra Zeit 7

Von der Postkutsche zum Düsenflugzeug 13

Auf den Antrieb kommt es an! 23

Die Schifffahrt bleibt zurück 31

Schiffe mit zwei Schwimmkörpern 36

U-Schiffe mit Nuklearantrieb 39

Gleiten oder fliegen? 43

Fliegen, aber auf dem Wasser 45

Mit Gebläseluft übers Wasser 56

Fliegende Schiffe am Horizont 67

Wie schnell

kann man auf Schienen fahren? 70

Die Grenzen der Zweischienenbahn 73

Betonbahnen statt Stahlschienen 77

Schnellbahnen der Zukunft 77

Auf Schienen kann man auch schweben 82

Magnetfelder sind eine gute Stütze 91

In Rohren kann man auch fliegen 97

Straßenverkehr – erst sicherer, dann schneller 104

Leitschienenautobahn 107

Autos auf Paletten 108

Auf Luftkissen quer durchs Land 110

Innerstädtische Verkehrssysteme 111

Die Zeit vergeht nicht wie im Fluge 116

Kommt das Luftschiff wieder? 122

Technik kontra Zeit

Von einem gutfunktionierenden und hochentwickelten Verkehrswesen erwartet man Zuverlässigkeit und Schnelligkeit. Erfolgt gelegentlich die Fahrt zum Arbeitsplatz oder zum Urlaubsort nicht planmäßig, treffen benötigte Versorgungsgüter verspätet ein oder werden Transportmittel für den Güterversand nicht rechtzeitig bereit gestellt, so wird aus derartigen Störungen mitunter geschlußfolgert, daß unsere Transportsysteme gerade noch den Anforderungen von heute, aber wohl nicht mehr denen von morgen entsprechen.

Mitteilungen über völlig neuartige Transportmittel, vor allem mit höheren Geschwindigkeiten, erwecken nicht selten die Vorstellung, daß allerorts nach revolutionierenden Lösungen gesucht wird. Zu ihnen gehören Magnetkissenbahnen, Luftkissenschiffe, Kabinentaxis und Überschallflugzeuge, um nur einige der noch nicht üblichen Transportsysteme zu nennen, die sich beträchtlich von den uns vertrauten Eisenbahnen, Schiffen, Straßenfahrzeugen und Flugzeugen unterscheiden.

Jahrtausende standen den Menschen zur Beförderung von Gütern nur Flöße, Einbäume oder primitive Boote, Lastträger, Rollen, Schlitten oder Karren zur Verfügung. Muskelkraft und Wind boten sich bis ins 19. Jahrhundert hinein als die einzigen Energiequellen im Transport an. So waren lange Zeit für den Landverkehr das Rad und für den Wasserverkehr das Segel – prinzipiell unverändert – die bestimmenden transporttechnischen Erfindungen. Das Segel begann bereits vor etwa hundert Jahren seine Bedeutung in der Schifffahrt zu verlieren (wenn man davon absieht, daß es im Segelsport weiterhin in hohem Ansehen

steht). Wird es dem Rad nun in einigen Jahrzehnten gleichfalls so ergehen?

Das jahrtausendalte Prinzip des Rollens und das damit verbundene Radreibungsprinzip sind das Kernstück der Vortriebstechnik aller Landtransportmittel. Es vermindert in beachtlichem Maße den transportenergetischen Auf-



Städtischer Nahverkehr mit vollautomatischen Schnellbahnen



wand vergleichsweise zum Schleifen oder Rutschen durch den viel kleineren Reibungskoeffizienten der rollenden Bewegung gegenüber den anderen Bewegungsarten. Nun zeigt sich aber, daß für die wachsenden Geschwindigkeitsanforderungen der Landfahrzeuge, insbesondere der Eisenbahnen, der Rollreibungs- und der Luftwiderstand zum Hindernis weiterer Geschwindigkeitssteigerungen werden. Fliegen wäre ein Ausweg, aber nicht der einzige und bestimmt nicht immer der beste. Um die Reibung zur Fahrbahn aufzuheben, genügt es bereits, zu schweben. So gibt es Projekte und Versuchsausführungen neuartiger Transportmittel, die nicht nur ohne Räder, sondern sogar gänzlich ohne rotierende Bauteile schwebend über die Fahrbahn hinwegjagen. Eine Magnetkissenbahn stellt die praktische Ausführung dieses Prinzips dar. Es wäre aber im höchsten Maße undialektisch, aus diesen Betrachtungen vorherrschende Tendenzen abzuleiten.

Unsere gegenwärtige Verkehrstechnik zu Lande und zu Wasser ist vom Prinzip her teilweise noch durch Ergebnisse der industriellen Revolution des 19. Jahrhunderts geprägt. Allerdings erweist sie sich in der Ausführung und Leistungsfähigkeit den Fahrzeugen aus jener Zeit als weitaus überlegen. So ist es auch nicht verwunderlich, daß uns ein Schiff vom Beginn unseres Jahrhunderts, ein Auto der dreißiger Jahre oder ein Flugzeug aus den fünfziger Jahren museal erscheinen würde, sollte man ihm im Verkehrswesen heute begegnen. Aber auch als diese Fahrzeuge noch modern waren – sowie in den davorliegenden

Zeiten –, gab es Projekte und Experimente zur Entwicklung neuer Transportmittel, die teilweise selbst unserer heutigen Wirklichkeit vorgreifen. Dabei ist es gar nicht nötig, Jules Verne zu bemühen; denn Autos und Lokomotiven mit Strahltriebwerken oder Raketen anzutreiben sind Gedanken, die bereits in der ersten Hälfte unseres Jahrhunderts zu Experimenten Anlaß gaben.

Wissenschaft und Technik entwickeln sich in Abhängigkeit von den Bedürfnissen der Menschen, die ihrerseits auch durch den Stand von Wissenschaft und Technik bestimmt werden. Der Nutzeffekt dieser Wechselbeziehungen wird für die Gesellschaft immer größer, wenn sie frei von Unterdrückung, Ausbeutung und Manipulation ist. Sowohl in den sozialistischen als auch in den kapitalistischen Ländern entstehen im Zuge der wissenschaftlich-technischen Revolution immer neue Ideen zur Vervollkommnung und Weiterentwicklung der Produktionsmittel. Davon ist das Transportwesen nicht ausgenommen. Es ist dabei offensichtlich, daß aus den hochentwickelten kapitalistischen Ländern die Meldungen über Projekte zur Einführung neuer Transportsysteme viel häufiger und zahlreicher sind als vergleichsweise aus sozialistischen Staaten. Wie ist das zu werten? Als Ausdruck eines von kapitalistischen Ideologen oft strapazierten angeblichen »technologischen Vorsprungs«? Eine Antwort darauf ergibt sich aus der Situation im Verkehrswesen der kapitalistischen Industriestaaten. In ihnen verschärft sich der Konkurrenzkampf zwischen den verschiedenen Verkehrsträgern und zwischen den einzelnen Transportunternehmen immer mehr. Mit allen Mitteln suchen die Fahrzeug- und Transportmittelhersteller Marktpositionen zu erringen und zu halten. Nicht selten werden Transportsysteme angeboten, die ihre Entstehung dem Konkurrenzkampf rivalisierender Monopolgruppen verdanken. Die Zielstellung ist hier maximale Profiterwirtschaftung.

Demgegenüber ist es die immer bessere Befriedigung der ständig steigenden materiellen und kulturellen Bedürfnisse der Menschen, die die Länder der sozialistischen Staatengemeinschaft veranlaßt, vor allem auch der Verkehrstechnik und Verkehrsorganisation große Aufmerksamkeit zu widmen. Durch die Planmäßigkeit und Proportionalität der

Entwicklung der gesamten Volkswirtschaft und durch die Gestaltung eines einheitlichen sozialistischen Verkehrswesens wird es in der sozialistischen Gesellschaft keine Überraschungen durch das Versagen herkömmlicher Transportsysteme oder die plötzliche Einführung völlig neuartiger Transportmittel geben. Kontinuität der Entwicklung und Langfristigkeit in der Planung schützen die sozialistische Gesellschaft vor unbedachten und übereilten Neuerungen ebenso wie vor dem unzulässigen Verharren auf veralteter Technik. Aus der Einsicht in gesellschaftliche Entwicklungsprozesse auf der Grundlage des Marxismus-Leninismus wird der wissenschaftlich-technische Fortschritt langfristig geplant.

Projekte neuer verkehrstechnischer Lösungen sind stets danach zu beurteilen, inwieweit sie den gesellschaftlichen Anforderungen und Bedürfnissen entsprechen. Das setzt jedoch die Kenntnis darüber voraus, was zu verbessern und wofür grundsätzlich Neues erforderlich ist. Wenn z. B. zur Erzielung höherer Geschwindigkeiten solche Transportmittel wie Luftkissen- und Magnetkissenbahnen, schwebende und fliegende Autos, Luftkissen- und Tragflügelschiffe, Überschallflugzeuge u. a. m. genannt werden, so sollte nicht übersehen werden, daß auch die bisher übliche Transporttechnik weiterhin eine Rolle spielen wird. Oder genügen der moderne Schnelltriebwagen, das schnittige Automobil und das Düsenflugzeug nicht mehr den Reisebedürfnissen? Sind der Containerzug und das große, schnelle Seefrachtschiff den Anforderungen nicht mehr gewachsen? Sind die bisherigen Transportmittel an den technisch-physikalischen Grenzen angelangt, die von dem jeweils genutzten Wirkprinzip vorgegeben sind? Auf diese und ähnliche Fragen gilt es Antworten zu finden, bevor man neuere Lösungen diskutiert.

Mitunter stellen Journalisten oder Verkehrswissenschaftler in ihren Publikationen die Frage nach den Zukunftschancen unserer derzeitigen Verkehrsmittel, die oftmals mit der Bezeichnung »konventionell« bedacht werden. In der Tat gibt es Hunderte neuartiger Projekte und Erfindungen, deren Urheber allesamt nur zu gern den »konventionellen« Fahrzeugen keine Zukunftsaussichten mehr einräumen möchten. Zweifellos werden Wissen-

schaft und Technik künftig in weitaus stärkerem Maße als heute für die Lösung eines jeden gesellschaftlichen Bedürfnisses zahlreiche neue Möglichkeiten anbieten. Ohne die Schwierigkeiten zu verkennen, immer noch etwas Neues zu erfinden, ist es aber weitaus komplizierter und vor allem verantwortungsvoller, aus dem großen Angebot technischer Lösungen die für die Gesellschaft nützlichsten auszuwählen.

Zu leicht ist man auch geneigt, neuartigen Dingen, die aus dem gewohnten Alltagsbild noch herausragen, die Bezeichnung des Unkonventionellen zu verleihen. Haben sie sich dauerhaft eingeführt, sind sie konventionell. Ist beispielsweise eine Rohrleitung für Transportzwecke etwas Unkonventionelles? Seit Jahren in Städten für die Gas- und Wasserversorgung, für die Abwasseraufnahme und über weite Strecken zum Erdöl- und Erdgastransport verwandt, ist sie im Prinzip etwas durchaus Konventionelles. Sicherlich lautet die Einschätzung aber anders, wenn die Rohrleitung dem Feststofftransport oder gar der Personenbeförderung dienen soll. Hier ist es der Verwendungszweck, der einem an und für sich bekannten Transportmittel die Bezeichnung des Unkonventionellen verleiht. Wird aber ein Bus für den Stadtverkehr statt mit einem Verbrennungsmotor durch einen rotierenden Kreisel angetrieben, oder ein PKW erhält statt eines Vergasermotors einen elektrischen Antrieb, so ist es der Antrieb, der für diesen Zweck durchaus nicht als üblich zu betrachten wäre. Seltener ist es das ganze Transportmittel, das nicht mehr in den Rahmen des Herkömmlichen paßt, wie beispielsweise ein Luftkissenfahrzeug, das weder im Wasser schwimmt oder auf dem Lande fährt noch in der Luft fliegt, sondern über der Gleitfläche schwebt. Ein ganz anderer Gesichtspunkt bei der Unterscheidung in konventionelle und unkonventionelle Technik ist der Zeitpunkt, an dem der Übergang des Unkonventionellen zum Konventionellen erfolgt. Auf den sowjetischen Binnenwasserstraßen und Küstengewässern sind Tragflügel-schiffe bereits ein gewohnter Anblick. Sie befördern jährlich mehrere Millionen Fahrgäste. In der DDR, wie auch in vielen anderen europäischen Ländern, gehören diese Fahrzeuge noch zu den seltenen oder gar unbekanntem

Erscheinungen im Verkehrswesen. Für andere Verkehrsmittel ließen sich ähnliche Beispiele anführen.

Mit diesen Bemerkungen soll nur angedeutet werden, daß es sehr viele Kriterien gibt, nach denen Transportmittel in übliche und nichtübliche, also in konventionelle und unkonventionelle, zu unterscheiden wären. Eine strenge Zuordnung ist sicherlich kaum möglich, und jeder Versuch wird die Kritik derer hervorrufen, die eine Einteilung nach anderen Gesichtspunkten vorgenommen wissen wollen.

Was ist es nun, das uns mit dem Althergebrachten nicht mehr zufrieden sein läßt?

Sozialer Fortschritt und das Anwachsen der Bevölkerung führen zu einer gewaltigen Steigerung des Reiseverkehrs. Die enorme Ausweitung der Produktion hat einen schnell steigenden Gütertransport zur Folge. Da Verkehrsmittel und -anlagen äußerst teure und vor allem langlebige Produktionsmittel sind, kann nicht früh genug die Frage nach der Art und Weise der Anpassung des Verkehrswesens an die wachsenden gesellschaftlichen Bedürfnisse gestellt werden.

Zu vermeiden sind einseitig orientierte Betrachtungs- und Bewertungsweisen. Dem Verkehrswesen kommt die Aufgabe zu, im Rahmen der gesellschaftlichen Arbeitsteilung Güter zu transportieren und Personen zu befördern. Die Erfüllung dieser Aufgabe möchte nicht nur schnell, sondern auch mit möglichst geringem Aufwand und schließlich vor allem sicher erfolgen. Diese drei Grundforderungen, *sicher*, *rentabel* und *schnell*, bestimmen von jeher die Zielstellung zur Entwicklung der Verkehrstechnik und sind nicht losgelöst voneinander zu behandeln. Darauf hinzuweisen ist an dieser Stelle besonders wichtig, da in den weiteren Betrachtungen die Geschwindigkeit der Fahrzeuge in ihrer bisherigen Entwicklung sowie in ihrem weiteren möglichen Verlauf im Vordergrund steht.

Von der Postkutsche zum Düsenflugzeug

Bei jedem einmal eingeführten Transportmittel, angefangen von der Postkutsche bis zum Düsenflugzeug, ist stets das Bestreben vorhanden, im Rahmen des angewendeten

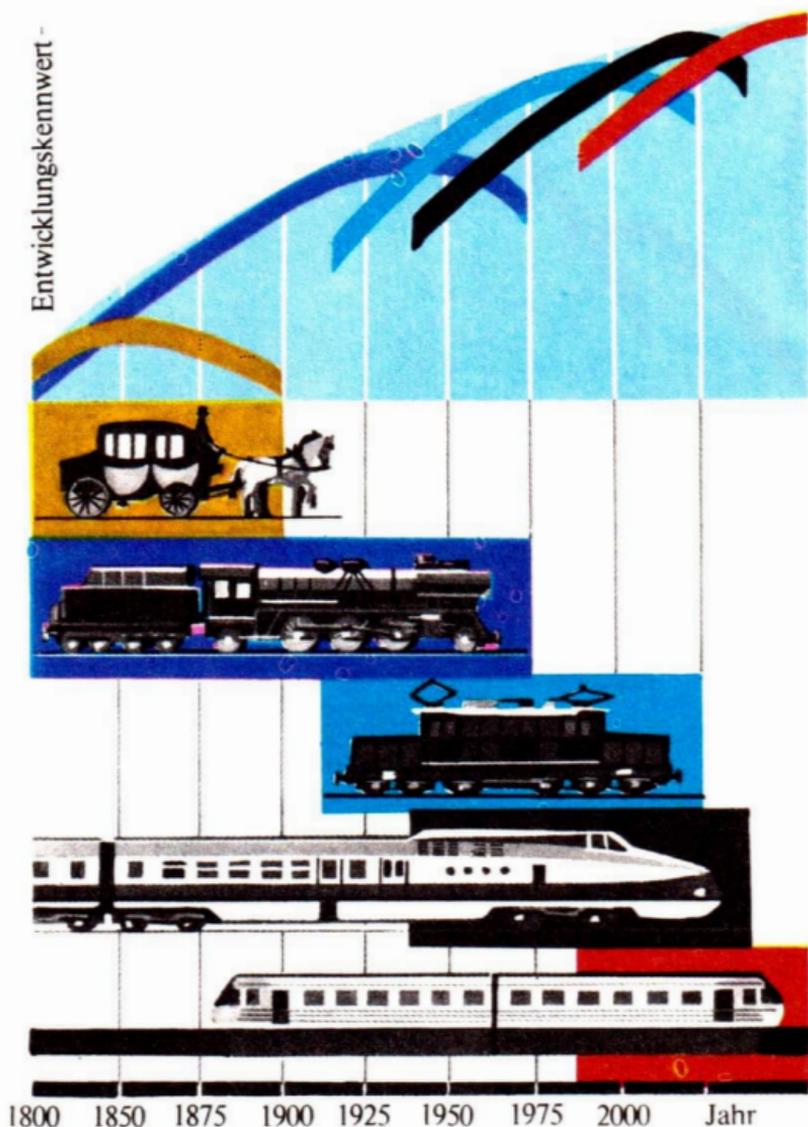
Wirkprinzips die höchstmögliche Geschwindigkeit zu erreichen. Dazu dienen Verbesserungen in der Konstruktion, in der Formgebung, in der Fertigung, in der Betriebstechnik und vor allem die Nutzung neuer Energiequellen. Sind aber die damit verbundenen Möglichkeiten ausgeschöpft, kommt es zur Entwicklung und Anwendung gänzlich neuer transporttechnischer Lösungen, die wiederum einen Geschwindigkeitsanstieg erlauben. Für jedes Arbeitsverfahren und ebenso auch für jedes Transportverfahren ist historisch zu belegen, daß zur Zeit seiner höchsten Entwicklungsstufe, die keine weitere Zunahme seiner Effektivität erwarten läßt, bereits ein neues Verfahren zur Einführung gelangt, das das alte nach einigen Jahren ablöst.

Lange bevor die Postkutsche und die Pferdebahn ihre höchste Entwicklungsstufe erreicht hatten, kam die Dampflok auf. Anfangs zumindest nicht ernst genommen, bestimmte sie über mehr als hundert Jahre das Bild der Eisenbahn. Aber schon in den dreißiger Jahren unseres Jahrhunderts konnte man Elektroloks, Dieseltriebwagen und Dieselloks auf den Schienenwegen begegnen. Sie lösten jedoch erst in unseren Tagen die Dampflok ab. Und wiederum gibt es schon heute Projekte und Experimente für völlig neuartige Bahnen, obgleich wir wissen, daß Elektro- und Dieselzüge noch lange nicht am Kulminationspunkt ihrer Entwicklung angelangt sind. Fraglich ist nur, ob ihnen wie der Dampflok eine mehr als hundertjährige Herrschaft auf dem Schienennetz gewährt sein wird.

Neben technischen und ökonomischen Merkmalen ist es vor allem die Geschwindigkeit in Verbindung mit dem Antriebssystem, die Postkutschen, Dampfzüge, Triebwagen, Luftkissen- oder Magnetkissenbahnen voneinander unterscheidet. Trägt man einen für diese Transportmittel charakteristischen Leistungskennwert, der auch ihre ökonomische Bedeutung zum Ausdruck bringt, über den Jahreszahlen auf, so ergeben sich parabelförmige Kurven. Diese Kurven lehnen sich an eine Umhüllende an, die selbst letztlich einer Parabel entspricht. Aus einer derartigen Darstellung können interessante Aussagen zur Forschung und Entwicklung sowie zur Prognosearbeit entnommen werden.

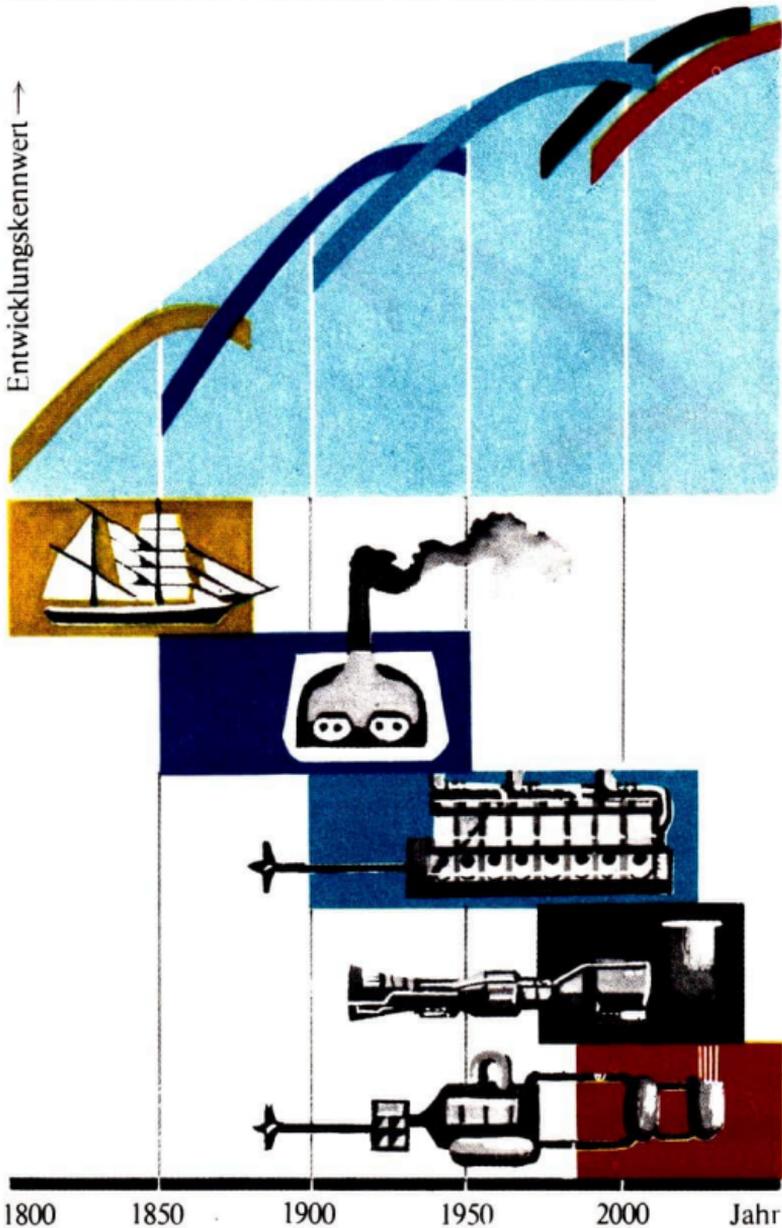
Ähnliche Entwicklungstrends sind gleichfalls für andere Verkehrsträger, z. B. Schiffe oder Flugzeuge, aufzuzeigen. Interessant ist bei derartigen Untersuchungen, daß die Ablösung eines Transportmittels durch ein anderes mit der

Entwicklungstendenzen bei Dampflok, Elektrolok, Triebwagenzügen sowie Luftkissen- und Magnetkissen-Fahrzeugen (zum Vergleich: Postkutsche)



Absicht, höhere Geschwindigkeiten zu erzielen, allgemein mit dem Übergang zu einem anderen Antriebssystem verbunden ist. Mit einem neuen Antriebssystem wird gewissermaßen ein neues Wirkprinzip genutzt. Es gestattet

Entwicklungstendenzen der Schiffsantriebe (Segel, Dampfmaschine, Dieselmotor, Gasturbine und Kernkraftanlage)



höhere Geschwindigkeiten, bessere ökonomische Ergebnisse, eine höhere Leistungsfähigkeit oder mehr Sicherheit bzw. insgesamt eine höhere Effektivität.

So läßt sich auch in der Seeschifffahrt diese komplexe Wirkung der Veränderung der Antriebssysteme nachweisen. Gemessen am Bedeutungsumfang hinsichtlich ihrer Verbreitung oder Verwendung, weist der Entwicklungsstand der Schiffsantriebe prinzipiell keinen anderen Verlauf als der Geschwindigkeitstrend auf.

Selbstverständlich sind Geschwindigkeitssteigerung und Veränderungen des Antriebssystems immer nur als Teilaspekte eines komplexen Entwicklungsprozesses aufzufassen. Sie ordnen sich aber in eine allgemeine Zielstellung ein, die darauf orientiert, mit den eingesetzten materiellen und personellen Mitteln ein immer höheres Ergebnis zu erhalten. Anders gesagt, das Verhältnis von Nutzen zu Aufwand soll ständig größer werden.

Es würde aber bedeuten, Illusionen nachzugehen, wollte man annehmen, daß moderne und schnelle Transportmittel billiger sein müßten als ihre Vorgänger. Gerade das Gegenteil ist der Fall: Sie sind teurer. Deshalb sind sie den konventionellen Transportsystemen auch nur dann überlegen, wenn der mit ihnen zu erzielende Nutzen schneller steigt als der Aufwand.

Was Geschwindigkeit und Sicherheit dem einzelnen und der Gesellschaft erbringen, läßt sich meist nicht in nüchternen Zahlen belegen. Geschwindigkeit und Sicherheit im Verkehrswesen gehören zu den sich immerfort höher entwickelnden Bedürfnissen der Menschen. Aber so, wie die Bedürfnisse im real Möglichen – durch den Entwicklungsstand der Produktivkräfte und die Produktionsverhältnisse entscheidend bestimmt – ihre jeweiligen Grenzen finden, werden auch Geschwindigkeit und Sicherheit der Transportmittel notwendigerweise stets, den jeweiligen Möglichkeiten entsprechend, gestaltet werden. Sicherlich galt es auch den Menschen früherer Epochen als erstrebenswert, Personen und Güter schnell von einem zum anderen Ort zu befördern. Aber Muskelkraft und Wind reichten als Energiequellen nicht aus, um mit Hilfe eines Transportmittels einem Fußgänger oder einem Reiter zu enteilen. Ob Ochsenkarren oder PferdeKutsche,

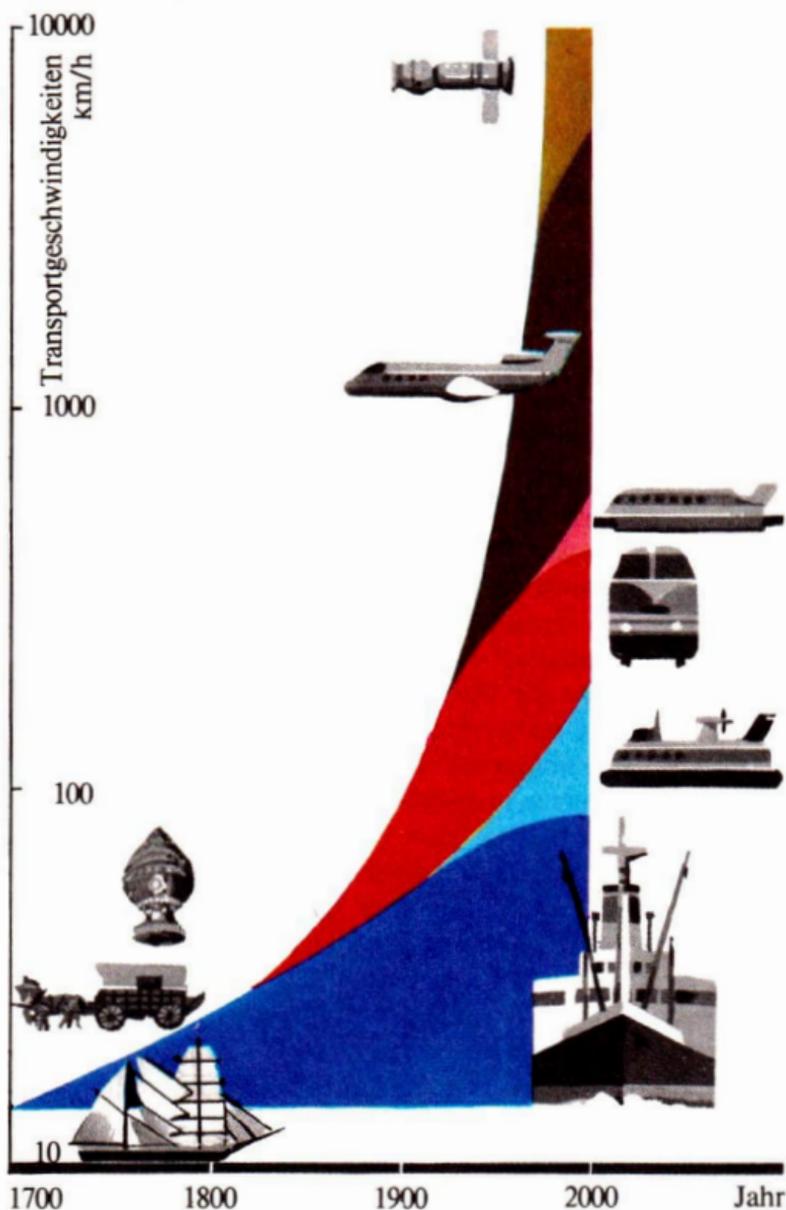
treibende oder getreidelte Binnenschiffe, Ruder- oder Segelschiffe – ihre Leistungsfähigkeit war über Jahrhunderte und sogar Jahrtausende hinweg fast unverändert gering. Nehmen wir die Geschwindigkeit als stets herausragenden Parameter der Transportmittel, so blieb sie in der langen Menschheitsgeschichte bis zum Beginn des 19. Jahrhunderts nahezu gleich. Tausende Jahre waren nötig, um von 10 auf 20 km/h zu kommen. Aber schon in den folgenden hundert Jahren ging es im Zuge der industriellen Revolution stürmisch voran. 40 km/h zu Wasser und 70 km/h zu Lande ließen Länder und Kontinente näher aneinanderrücken. Und es bedurfte keiner weiteren fünfzig Jahre, um mit einem Düsenflugzeug 1000 km/h zu fliegen. Der Überschallpassagierflug mit 2000 bis 3000 km/h steht bevor, und alles wird himmelhoch von Raumschiffen übertroffen, die sich mit mehr als 40 000 km/h aus dem Schwerefeld der Erde entfernen.

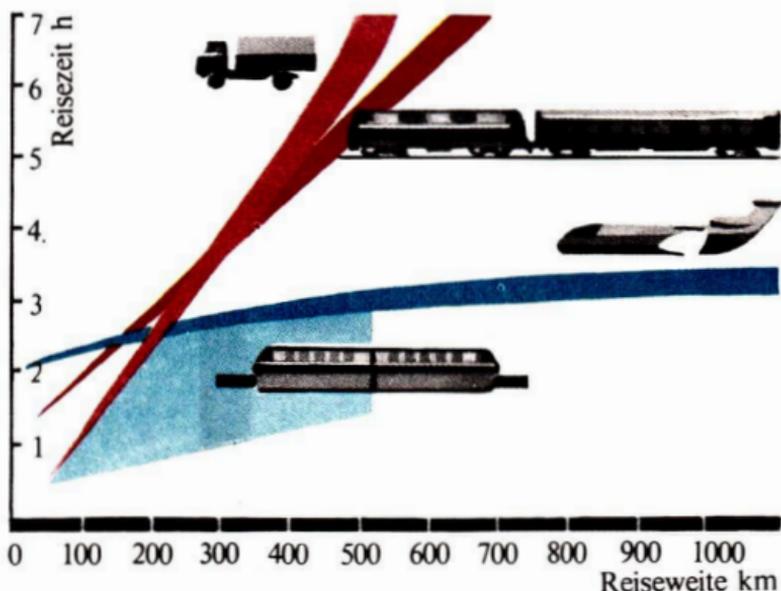
So gigantisch ist die Entwicklung vorangeschritten! Und wenn wir dann in den Bus oder die Straßenbahn steigen, um zur Arbeit zu gelangen, so fahren viele dieser Transportmittel nicht schneller als vor fünfzig Jahren. Ja, es gibt Fälle, in denen das Gegenteil zu verzeichnen ist. Im Verkehrschaos westlicher Großstädte z. B. haben zu den Verkehrsspitzenzeiten PKW und Busse Mühe, dem Tempo eines Fußgängers zu folgen. Oder nehmen wir den Luftverkehr. Um 2000 km zu fliegen, bleibt man etwas über zwei Stunden in der Luft. Mindestens die gleiche Zeit braucht man, um vom Zentrum einer Großstadt ins Flugzeug und vom Ankunftsort des Flugzeuges in umgekehrter Richtung zum Zentrum zu gelangen. Diese Diskrepanz wird beim Einsatz von Überschallflugzeugen noch größer.

Die Fahrgeschwindigkeit eines Transportmittels übt zweifellos eine große psychologische Wirkung aus. Wer möchte nicht schnell von einem Ort zum anderen gelangen? Gerade dieser Aspekt wird ja auch von Verkehrsbetrieben und Reisebüros zu Reklamezwecken benutzt. Was jeden Reisenden aber letztlich interessiert, ist die Reisezeit von Haus zu Haus. Eine den gesamtgesellschaftlichen und individuellen Bedürfnissen entsprechende Gestaltung des gesamten Verkehrswesens ist ausschlaggebend für eine wesentliche Verbesserung in dieser Hinsicht. Was nützt

das schnellste Verkehrsmittel, wenn trotz des riesigen Aufwandes keine entscheidende Zeitersparnis gegenüber den in einem System zweckmäßig miteinander verbundenen herkömmlichen Verkehrsmitteln herauspringt? Dazu

Entwicklung der Fortbewegungsgeschwindigkeiten in den Jahren von 1700 bis 2000





Reisezeiten von Haus zu Haus mit Kraftfahrzeug, Eisenbahn, Flugzeug und neuartigen Transportmitteln

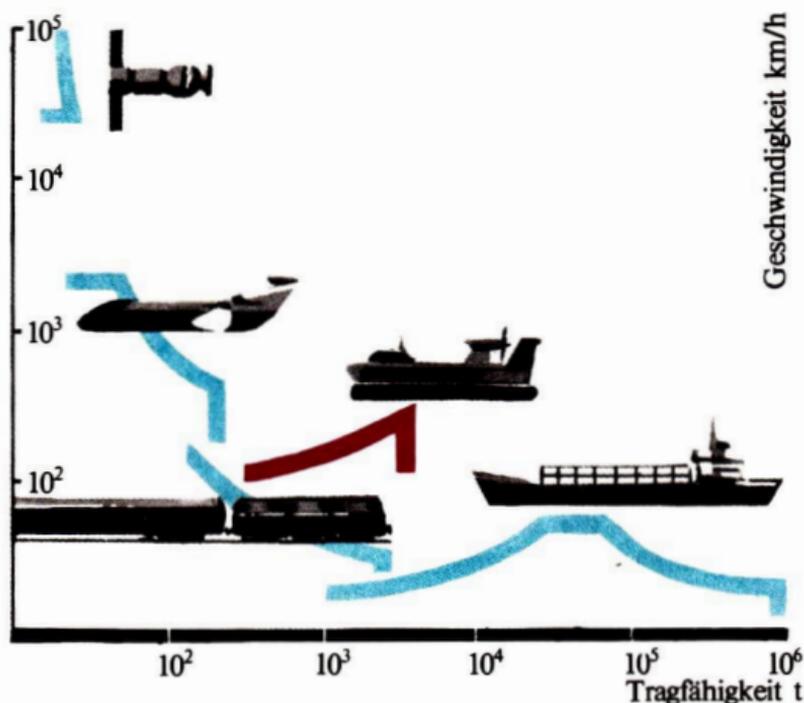
kommt noch ein anderer, entscheidender Gesichtspunkt: Mit dem Wachsen der kulturellen Bedürfnisse und dem Wunsch zur noch zweckvolleren Freizeitgestaltung sind die Menschen immer weniger geneigt, ihre Freizeit in überfüllten Transportmitteln zu verbringen.

Sehen wir uns die Möglichkeiten von Eisenbahnen und Flugzeugen an, so ist die Reisezeit bei großen und sehr großen Entfernungen relativ niedrig, aber bei kleinen und mittleren Entfernungen noch viel zu hoch. Der Hauptstrom der Reisenden bewegt sich ja im Nahverkehr sowie im Kurz- und Mittelstreckenverkehr mit Entfernungsbereichen bis etwa 400 km. Um eine Entfernung von 400 km/h zu überwinden, waren die Menschen vor 150 Jahren mit einer Reisezeit von »nur« 15 bis 20 Stunden sicherlich einverstanden. Heute sind uns aber 6 Stunden für die gleiche Entfernung zu viel.

Für die Bewältigung der daraus erwachsenden Aufgaben des Verkehrswesens werden große Anstrengungen unternommen. Dabei muß nicht immer gleich an die Entwicklung neuartiger Transportmittel gedacht werden.

Auch die Vervollkommnung der bekannten und mitunter sogar nur die Verbesserung der Organisation können schon bedeutende Erfolge bringen. Um Neues einzuführen, muß man stets erst die Grenzen des Vorhandenen kennen. Für den Reisenden ist es ja auch nicht nur die Reisezeit, die er als Qualitätsmerkmal eines Transportsystems verbucht, sondern es kommen noch Abfahrtsfolge, Fahrkomfort und viele kleine Dinge hinzu. Vor allem ist die Abfahrtsfolge von großer Bedeutung; denn was nutzt es, wenn eine Strecke von 300 km in 2 bis 3 Stunden zu bewältigen ist, aber das Verkehrsmittel nur alle 6 Stunden fährt und der Reisende gerade eine Abfahrt verpaßt hat? Geringe Reisezeit muß auch mit dichter Abfahrtsfolge gepaart sein. Ist nun das einzelne Schnelltransportmittel schon teuer, so kommt noch die Notwendigkeit hinzu, mehrere davon bereithalten zu müssen, so daß der finanzielle und materielle Aufwand rasant ansteigen.

Es kann hier die gesamte Problematik lediglich kurz angedeutet werden. Nur muß man sie sich vor Augen führen, wenn Projektanten z. B. elegante Schnellbahnsysteme anbieten, die unsere heutigen Eisenbahnen völlig in den Schatten zu stellen scheinen. Andererseits werden sie in die Konzeptionen zur Gestaltung künftiger Verkehrslösungen immer mehr einbezogen. Obgleich auch im Reiseverkehr die Frage nach dem Aufwand für schnellere und bequemere Transportmittel gestellt wird, so wird doch an ihr nicht alles entschieden. Zeitersparnis durch schnelleres Fahren, Fliegen oder Schwimmen für Millionen Menschen ist schließlich ein großer Gewinn. Und eine Stunde sinnvoll genutzter Freizeit für den einzelnen läßt sich wohl auch nicht in Mark und Pfennig ausdrücken. Im Gütertransport möchte man allerdings die Formel »Zeit ist Geld« durch die Formel »Geschwindigkeit kostet Geld« ergänzen. Allerdings ist damit nicht gesagt, daß die Transportmittel für den Gütertransport nicht schneller zu werden brauchten. Gelangen die Güter rascher an ihren Bestimmungsort, binden sie weniger Umlaufmittel. Sie werden schneller produktionswirksam oder dem Verbraucher eher zugeführt. Bei hochwertigen Industrieausrüstungen kann jeder Tag, um den die Produktion früher aufgenommen wird, beträchtlichen volkswirtschaftlichen



Erreichbare Geschwindigkeit und Tragfähigkeit verschiedener herkömmlicher Transportmittel sowie von Raumschiffen und zukünftigen Luftkissenschiffen

Nutzen bringen. Voraussetzung ist nur, daß der Preis für die höhere Geschwindigkeit diesen Effekt nicht wieder aufhebt. Deshalb gilt es, auch nach Möglichkeiten zur Verringerung des Transportaufwandes zu suchen. Von seiten des Verkehrswesens und der fahrzeugbauenden Industrie wird dem mit immer größeren Transportmitteln begegnet, d. h. vor allem größer in bezug auf die Tragfähigkeit und das Laderaumvolumen. Ein größeres Fahrzeug ist zwar absolut teurer als ein kleineres, jedoch im Verhältnis zur beförderten Ladung relativ billiger.

Im Straßenverkehr und bei den Eisenbahnen sind allerdings der Größenentwicklung ziemlich enge Grenzen gesetzt. Demgegenüber sind der Luftverkehr und erst recht die Seeschifffahrt weit geringeren Beschränkungen unterworfen.

In unserer Skizze überdecken die einzelnen Verkehrsmittel mit ihren Geschwindigkeiten und Tragfähigkeiten

ganz bestimmte Felder. Darin gibt es jedoch Lücken, die von neuartigen Transportmitteln ausgefüllt werden könnten, sofern dafür ein gesellschaftliches Bedürfnis besteht.

Auf den Antrieb kommt es an!

Es wird oftmals versucht, durch technische Kennwerte die Transportmittel untereinander zu vergleichen. Das ist natürlich nur bei gegeneinander austauschbaren Transportmitteln sinnvoll und in allen anderen Fällen ohne praktischen Wert – es sei denn zu dem Zweck, sich ein Bild des Nutzen-Aufwand-Verhältnisses bei den einzelnen Transportmitteln zu verschaffen. Beliebte ist die Bildung solcher Kennwerte wie der spezifischen Antriebsleistung in PS pro t Ladung oder der spezifischen Transportleistung in tkm pro PSh.

In Anbetracht dessen, daß die Verkehrsmittel einen bedeutenden Posten in der volkswirtschaftlichen Energiebilanz verbuchen können, ist es wichtig zu wissen, wie sich die einzelnen Transportmittel in dieser Hinsicht verhalten.

Spezifische Antriebsleistung je Tonne Ladung und stündliche Transportleistung verschiedener Transportmittel je PS Antriebsleistung

	PS/t	tkm/PS h
	0,2 ... 2,5	30 ... 300
	0,3 ... 1,0	20 ... 30
	2,0 ... 5,0	20
	10,0 ... 12,0	5
	300,0 ... 1000,0	1

Um 1 t Ladung zu befördern, bedarf es bei einem Flugzeug einer installierten Antriebsleistung von 300 bis 1000 PS und noch weitaus mehr bei schnellen Passagierflugzeugen oder bei Hubschraubern. Selbst bei dem schnellsten Containerschiff sind dafür nur 2 bis 2,5 PS erforderlich. Aber was besagt das schon? Das Flugzeug ist ja auch um ein vielfaches schneller als das Schiff. Interessanter ist der spezifische Energiebedarf. 1 t Ladung 1 km weit zu befördern, verlangt im Flugzeug etwa 1 PS_h und in schnellen Containerschiffen nur etwa 0,04 PS_h.

Auch diese Werte zu beeinflussen, d. h. vor allem den spezifischen Energiebedarf niedrig zu halten, ist ein wesentliches Anliegen bei der Weiterentwicklung der Transporttechnik. Selbst wenn bei modernen Transportsystemen die Energiekosten nicht den Hauptanteil der Beförderungskosten ausmachen, ist es dennoch eines der wichtigsten Anliegen, mit Energie zu sparen bzw. mit dem Energieangebot einen maximalen Effekt zu erzielen. Dieser Grundsatz muß stets beachtet werden, da mit jedem schnelleren Transportmittel zwangsläufig auch ein höherer Energiebedarf verbunden ist. Beispielsweise werden bei der Eisenbahn zur Beförderung von 1 t Ladung etwa 2 PS verlangt, wenn sie mit einer Geschwindigkeit von etwa 50 km/h fährt. Es sind aber bereits 5 PS für 1 t Ladung erforderlich, wenn die Fahrgeschwindigkeit 100 km/h betragen soll. Weitaus größer noch sind die Unterschiede in der Schifffahrt. Ein normales Handelsschiff benötigt für 1 t Ladung bei etwa 20 km/h rund 0,25 PS. Für eine doppelt so hohe Geschwindigkeit werden aber schon 2 PS, also achtmal soviel, verlangt.

Die im Fahrzeug zu installierende Antriebsleistung und damit die benötigte Transportenergie wachsen stets schneller als die gewünschte Geschwindigkeitszunahme.

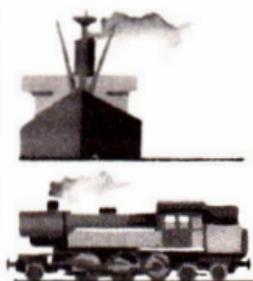
Die Bereitstellungsmöglichkeiten für die benötigte Energiemenge und ihre Umwandlung in Bewegungsenergie sind vorrangig zu lösende Probleme jeder verkehrstechnischen Entwicklung zur Erzielung höherer Geschwindigkeiten. Wodurch sich letztlich die verschiedenen Arten der Transportmittel in ihren Entwicklungsstadien unterscheiden, das läßt sich im wesentlichen durch das Energiesystem und durch das Antriebssystem charakterisieren.

Energiesystem

Antriebssystem

Transportmittel

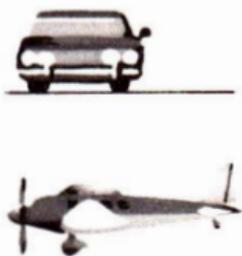
Kohle → Dampf



Kohle → Dampf →
Elektrizität



flüssige Kraftstoffe



flüssige Kraftstoffe



feste oder flüssige
Kraftstoffe



Beziehungen zwischen der Entdeckung und Nutzung von Energiequellen, den damit möglichen Antriebssystemen und den daraus entwickelten Transportmitteln

Wie im Energiesystem die Umwandlung fester, flüssiger oder gasförmiger bzw. auch nuklearer Primärenergie in elektrische, mechanische, hydraulische oder pneumatische Gebrauchsenergie erfolgt und wie schließlich diese durch das Antriebssystem zur Fortbewegung genutzt wird, das ist stets kennzeichnend für den Entwicklungsstand der Transportmitteltechnik.

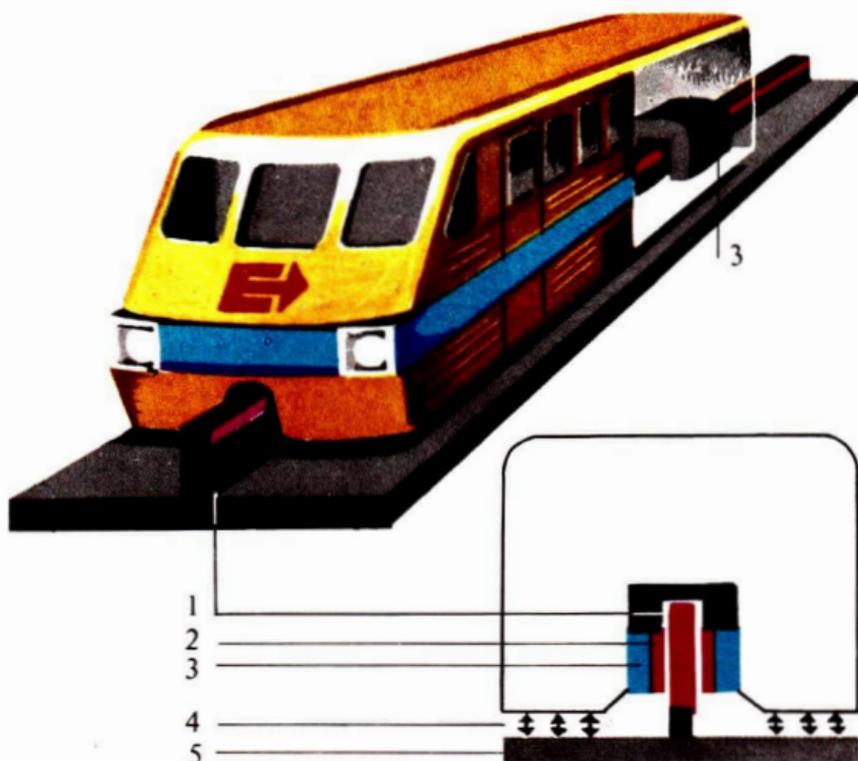
Aus der Erschließung neuer Energiequellen und Energieformen folgt die Entstehung neuer Antriebssysteme, die ihrerseits zur Entwicklung neuer Transportsysteme führen.

Die Umwandlung der in der Kohle gebundenen Energie in Dampf ermöglichte den Bau von Dampfmaschinen, die Dampflokomotiven zuließen. Aus der direkten Umwandlung chemisch gebundener Energie flüssiger Brennstoffe in die Energieform strömender Gase entstanden das Strahltriebwerk und damit das Düsenflugzeug. Die Beispiele ließen sich fortsetzen, sollten aber nur dazu dienen, den Zusammenhang zwischen Energiequellen, Antriebssystemen und Transportmitteln aus historischer Sicht aufzuzeigen.

Das heute große Angebot verschiedenster Energie- und Antriebssysteme läßt zahlreiche Kombinationen zu, die gleichfalls zu neuen Projekten inspirieren.

Luftkissen- und Magnetkissenbahnen gleiten berührungsfrei über oder unter ihrer Fahrbahn entlang. Um aber eine Fortbewegung zu erzielen, und zwar mit einer sehr hohen Geschwindigkeit, muß Antriebsenergie in Vortrieb umgewandelt werden. Radantriebe scheiden selbstverständlich aus. Es liegt nahe, deshalb zunächst an Flugzeugantriebe, Propeller oder Düsen, zu denken. Ganz sicher kann eines dieser erprobten und betriebssicheren Antriebssysteme gewählt werden. In Versuchsausführungen, z. B. beim Aerotrain, ist das ja auch geschehen. Eine zukunftssträchtige Lösung stellen sie für Schnellbahnen jedoch nicht dar, da auf diese Weise Umweltbelästigungen durch Lärm, Staub und Verbrennungsgase nicht zu vermeiden wären.

Lag in den letzten Jahrzehnten das Schwergewicht auf der Entwicklung und Vervollkommnung von Antriebssystemen mit der direkten Umwandlung flüssiger Treibstoffe

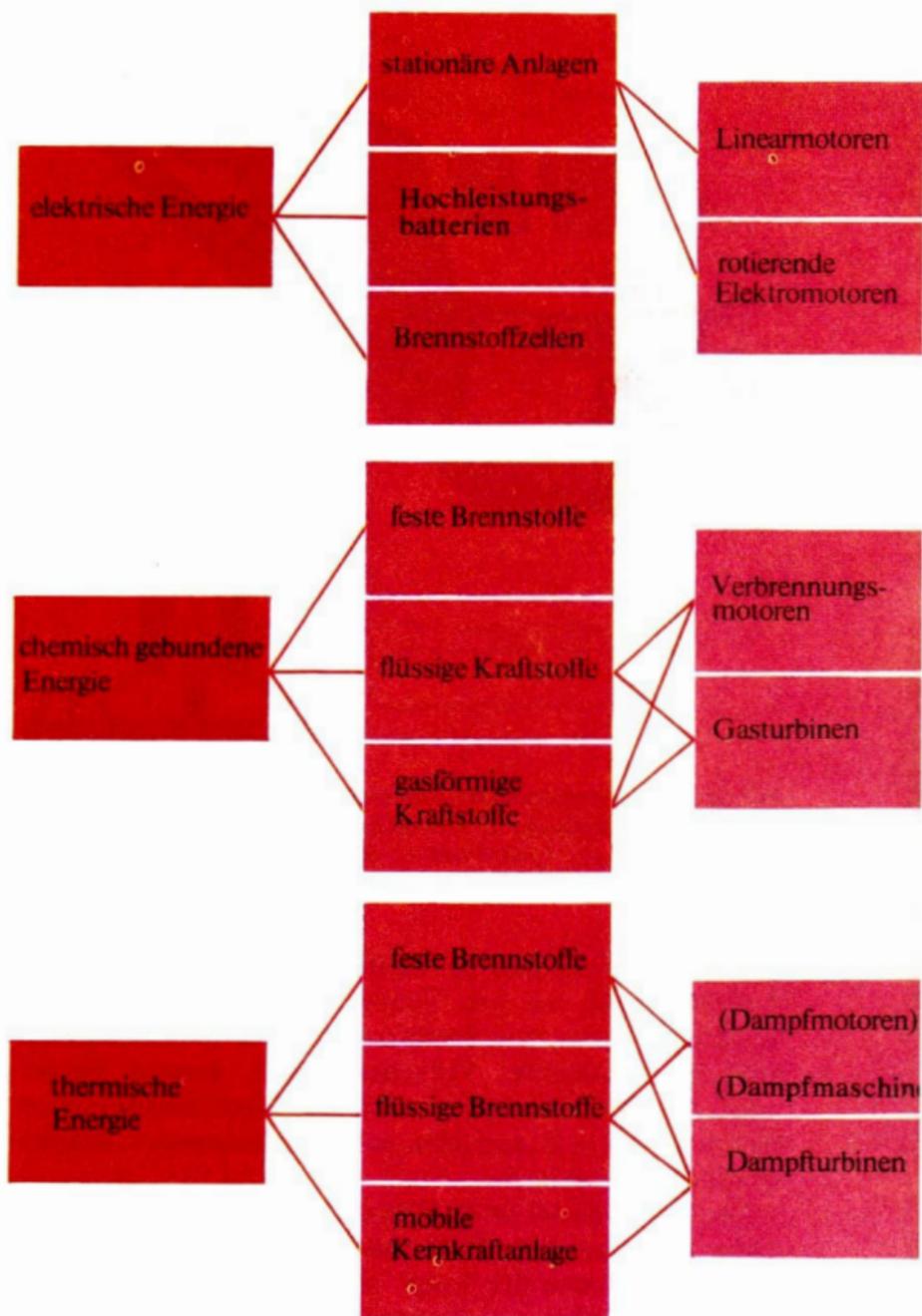


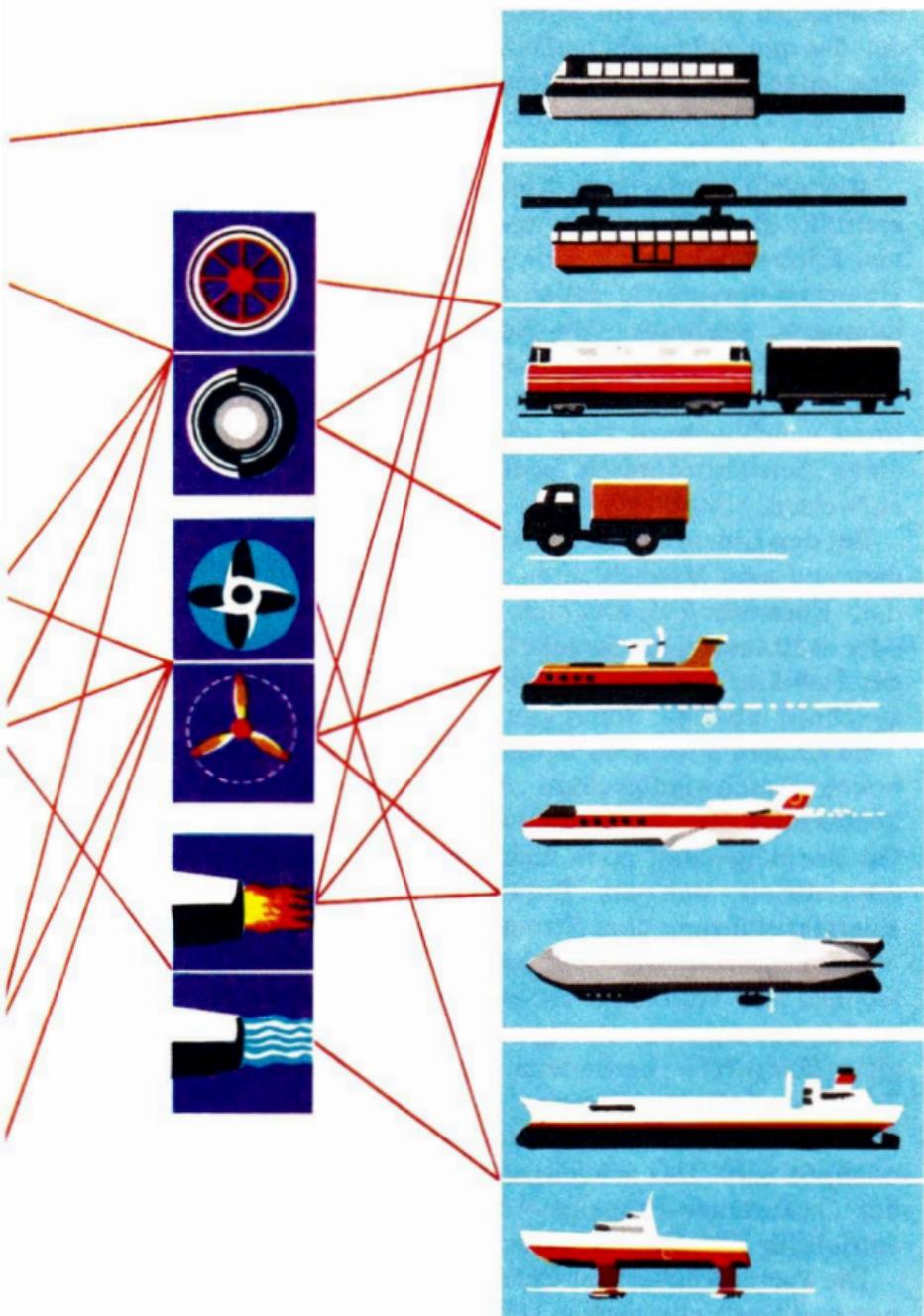
Prinzip und Grundarten des Linearantriebs

1 – Induktionsschiene, 2 – Induktionseinrichtung am Fahrzeug, 3 – Primärteil des Linearantriebs (im Zug befestigt), 4 – tragendes Luftkissen, 5 – Gleitschiene

in Gebrauchsenergie, so dürften die immer strengeren Anforderungen an den Schutz unserer Umwelt neue Maßstäbe setzen. Der Elektroantrieb für Kraftfahrzeuge und innerstädtische Verkehrssysteme kommt immer mehr ins Gespräch. Aber auch für Schnellbahnsysteme bieten neuartige E-Antriebe, wie der Linearantrieb, unkonventionelle Lösungen.

Der Linearantrieb ist im Prinzip ein in eine Ebene verlagter Elektromotor. Stellt man sich vor, daß der Stator plattgedrückt und der Rotor in eine Scheibe verwandelt wird, die zwischen den Statorteilen längs verschiebbar ist, so hat man das Bauprinzip des Linearantriebs. Das Wirkprinzip beruht darauf, daß sich bei Zuführung eines Mehrphasenstromes zu den beiden Hälften der Wicklungen des





*Bekannte Kombinationen von Energie-, Antriebs- und Vortriebs-
systemen zu Transportmitteln*

ehemaligen Stators ein sinusförmiges Magnetfeld ausbildet, das nun nicht mehr umläuft, sondern gleitet. Bringt man eine leiter- oder scheibenförmige Platte in dieses Magnetfeld, so wirkt auf diese ein elektromagnetischer Schub, und die Platte bewegt sich.

Mit einem derartigen Linearmotor wird der Vorteil erreicht, Zugkräfte direkt und ohne Zwischenschaltung von Triebwerken zu erzielen. Verschleiß und mechanische Übertragungsverluste fallen fort. Dennoch ist der Wirkungsgrad gegenüber dem Rotationsmotor geringer. Das hängt mit dem notwendigen Luftspalt zwischen Motor und Reaktionsschiene zusammen. Dieser ist bei Rotationsmotoren gleichbleibend klein, muß aber bei Linearmotoren einen betriebstechnisch bedingten größeren Spielraum aufweisen.

Bei den Linearmotoren sind grundsätzlich zwei Bauformen und zwei Möglichkeiten der Induktion zu unterscheiden. Entweder befindet sich der Induktor am Fahrzeug, oder er ist fest an der Strecke installiert. Des weiteren kann der Induktor mit der Reaktionsschiene asynchron oder synchron arbeiten. Somit gibt es vier Grundbauarten.

Besondere Probleme bereitet die Stromzuführung bei hohen Geschwindigkeiten. Am günstigsten wäre eine kontaktlose Energieübertragung, die jedoch heute für hohe Geschwindigkeiten noch nicht beherrscht wird. Deshalb konzentriert sich die Entwicklung zunächst auf die Energiezuführung über Stromschienen.

Die Linearmotortechnik bietet sich für die Transporttechnik sehr vorteilhaft an; denn im allgemeinen handelt es sich hier um eine vorwiegend geradlinige Antriebsbewegung. Das trifft im besonderen Maße für Schnellbahnen zu. Es ist deshalb zu erwarten, daß gerade für zukünftige Schnellbahnsysteme der Linearmotor große Bedeutung erlangen wird. Das schließt allerdings nicht aus, daß auch der Gasturbinen-Propeller-Antrieb oder gar der Düsenantrieb für Fernbahnen weiterentwickelt werden.

Die Vielzahl bekannter Energiequellen, Antriebsmaschinen und Vortriebssysteme läßt außerordentlich zahlreiche Kombinationen zu. Allein daraus ergibt sich die Begründung dafür, daß immer wieder neue Projekte auftauchen, die jedoch für den, der sich mit den Kombinationsmöglich-

keiten vertraut gemacht hat, nicht mehr überraschend sind. Die in der Abbildung dargestellten Kombinationsmöglichkeiten erfassen nur die, die bereits üblich sind. Es gibt aber noch eine ganze Reihe darin nicht enthaltener Antriebsmöglichkeiten, die theoretisch denkbar und vielleicht auch einmal praktisch durchführbar sein werden.

Die Schifffahrt bleibt zurück

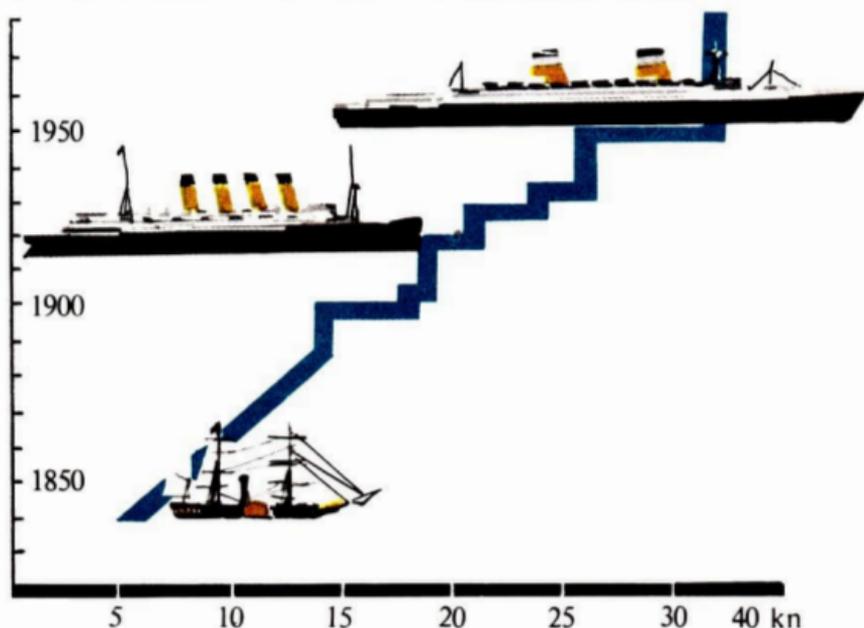
Seit fast 150 Jahren bleibt die Schifffahrt mit ihren Geschwindigkeiten hinter denen der anderen Verkehrsmittel zurück. Ein Grund, für dieses wohl älteste Verkehrsmittel der Menschheit nach Möglichkeiten zur Geschwindigkeitssteigerung zu suchen! Aber wo sind diese zu finden? Natürlich in der Verringerung des Schiffswiderstandes und in der Erhöhung der Antriebsleistung. Jahrzehntlang konzentrierte sich die Schiffbauforschung auf die Ermittlung günstigster Schiffskörperformen und optimaler Propellerentwürfe. Das Ergebnis war eine permanente Geschwindigkeitssteigerung in der Seeschifffahrt – allerdings mit Zuwachsraten, die im Schneckentempo voranschritten, wenn man sie denen anderer Verkehrsmittel gegenüberstellt.

Über etwa hundert Jahre vollzog sich eine Jagd nach Geschwindigkeitsrekorden in der Seeschifffahrt. Der Kampf ums »Blaue Band« auf der Paradestrecke der Passagierschifffahrt zwischen Europa und Nordamerika war zu einem nationalen Anliegen der führenden Schifffahrtsländer geworden. Allerdings ging es dabei weniger um den technischen Fortschritt oder gar um das Wohl der Völker als vielmehr um Profit. Diese Rekordfahrten der großen Passagierschiffe überdeckten auch den Strom des Elends von Europa nach Amerika, den riesigen Strom der Auswanderer auf den Zwischendecks mittelklassiger Fahrgastschiffe, denen die alte Heimat unter der Herrschaft des Kapitals kein Ein- und Auskommen mehr bieten konnte. Mit ihren Passagegebühren bezahlten sie den Luxus und den Aufwand der Paradestücke der großen Passagierschiffsreedereien. Und was kam dabei heraus? Um 1840 wurde das »Blaue Band« an die »Britannia« für

eine Durchschnittsgeschwindigkeit von 10,7 kn (etwa 19,8 km/h) vergeben. Noch schnellere Schiffe wurden gebaut, und 1907 kam mit der »Mauretania« ein Rekordhalter auf, der sich über zwanzig Jahre mit etwa 26 kn alle Konkurrenten fernhalten konnte. In den dreißiger Jahren ging der Wechsel schneller vonstatten. Die »Queen Mary« war in der Vorkriegszeit mit 30,6 kn zur Spitze vorgedrungen. Nach dem zweiten Weltkrieg gab es einen neuen Vorstoß zu höheren Geschwindigkeiten. Die »United States« verschaffte sich 1952 mit 36 kn (etwa 67 km/h) den Ruhm, schnellstes Passagierschiff im Kampf um das »Blaue Band« geworden zu sein. Sie könnte es noch heute und sicherlich noch lange Zeit sein, würde sie noch fahren.

Die Rekordjagd der Passagierschiffe ist uninteressant geworden; ihr fehlt die ökonomische Basis. Deshalb wird nicht einmal mehr die Absicht geäußert, noch schnellere Passagierschiffe zu bauen. Der Auswandererstrom ist seit langem versiegt. Das »Land der unbegrenzten Möglichkeiten« ist selbst schon seit Jahrzehnten für Millionen von

Entwicklungsstufen der Passagierschiffsgeschwindigkeiten (1 kn = 1852 m/h) im Kampf um das »Blaue Band«: »Britannia« (1840), »Mauretania« (1907) und »United States« (1952)





Fahrgastschiff vom Typ »Iwan Franko«

Menschen zum »Land des unbegrenzten Elends« geworden.

Und wer über den Atlantik reist, der benutzt heute meist das Flugzeug. Erstmals 1961 überschritten auf der Nordatlantikroute die Beförderungszahlen des Luftverkehrs die der Schifffahrt.

Dennoch ist die Zahl der Seefahrgastschiffe wieder im Steigen begriffen, jetzt aber als Forderung des wachsenden Tourismus. Die modernen Seefahrgastschiffe sind zwar nicht mehr so groß und so schnell wie die der dreißiger Jahre, dafür aber besser dem zunehmenden Bedürfnis nach Erholung auf dem Meer angepaßt.

Mit den Veränderungen in der Passagierschifffahrt ist jedoch der Wunsch nach höheren Geschwindigkeiten auf dem Wasser nicht verschwunden. Ende der sechziger Jahre setzte nämlich ein neuer Anlauf zu höheren Schiffsgeschwindigkeiten ein. Diesmal ging er von den Containerschiffen aus. Selbst die schnellsten Containerschiffe liegen jedoch mit ihren Geschwindigkeiten noch unter der des schnellsten Fahrgastschiffes. 1971 lag der Geschwindigkeitsrekord für Frachtschiffe bei 27 kn. Er konnte bis 1973 auf 33 kn erhöht werden. Es ist aber fraglich, ob diese Entwicklung anhalten wird. Dagegen sprechen z. B. die

1973 in den kapitalistischen Ländern so gewaltig gestiegenen Heizöl- und Dieselölpreise. Aber unabhängig davon gilt es zu bedenken, daß bei Geschwindigkeiten über 25 kn ein sehr rapider Zuwachs an Antriebsleistung erforderlich wird. Schließlich gibt es dann auch eine physikalische Grenze für die Erhöhung der Schiffsgeschwindigkeiten, die normale Schiffe nicht überschreiten können.

Jedes im Wasser fahrende Schiff schiebt eine Welle vor sich her, die immer größer wird, je höher die Schiffsgeschwindigkeit ist. In Abhängigkeit von der Schiffgröße bzw. der Schiffslänge tritt einmal der Zustand ein, daß der Wellenwiderstand so groß wird, daß er eine weitere Geschwindigkeitssteigerung nicht mehr zuläßt. Das ist die Ursache dafür, daß die Schifffahrt ein so relativ langsamer Verkehrsträger auch künftig bleiben wird. Diese Geschwindigkeiten sind ziemlich exakt zu berechnen. In Abhängigkeit von der Schiffslänge können Schiffe mit schlanken Schiffskörpern die in der folgenden Tabelle aufgeführten ungefähren Höchstgeschwindigkeiten erreichen.

Höchstgeschwindigkeiten der Seeschiffe in Abhängigkeit von der Schiffslänge

Schiffslänge: m	100	200	300	400	500
Geschwindigkeit in km/h	39	55,5	68,5	80	89

Selbst den größten Schiffen wird also verwehrt bleiben, jemals das Tempo eines D-Zuges zu erreichen. Dennoch ist nicht zu verkennen, daß mit der Schiffsgößenzunahme gegenüber den heute fahrenden Schiffen noch weitere Steigerungen der Geschwindigkeiten durchaus möglich sind.

Andererseits ist in zahlreichen Fällen der Bedarf auf kleinere Schiffe ausgerichtet, wie z. B. im Fährverkehr. Eine Erhöhung der Fahrgeschwindigkeiten durch den Einsatz größerer Schiffe scheidet hier von vornherein aus.

Das alles gilt aber nur für Seeschiffe. Binnenschiffe – unabhängig davon, wie lang sie auch sein mögen – finden

ihre Geschwindigkeitsgrenzen schon sehr viel früher. Je nach der Tiefe der Wasserstraße und je nach dem Querschnitt des zu befahrenden Kanals sind die ungefähren erreichbaren Geschwindigkeiten in der folgenden Tabelle aufgeführt.

Höchstgeschwindigkeiten der Binnenschifffahrt in Abhängigkeit von der Wassertiefe

Wassertiefe in m	3	4	5	6	7
Geschwindigkeit in km/h	14	16,5	19	20	21

Da die Binnenwasserstraßen allgemein weniger als 5 m Wassertiefe aufweisen und nicht zu erwarten ist, daß sich daran viel ändern wird, befindet sich die Binnenschifffahrt seit Jahren bereits am Ende ihrer Geschwindigkeitsentwicklung.

In Kanälen liegen die erreichbaren Geschwindigkeiten bei gleicher Wassertiefe noch niedriger, als in der obigen Übersicht angegeben. Alle Versuche des Schiffbaus, die Formen der Schiffskörper weiter zu vervollkommen, haben keine praktische Auswirkung, die Geschwindigkeitsgrenzen der Schiffe zu überschreiten.

Es gibt jedoch drei grundsätzliche Möglichkeiten, zu anderen Arten der Fortbewegung in der Schifffahrt zu kommen, die höhere Geschwindigkeiten ermöglichen könnten. Diese sind von der Einrumpfbauweise der Schiffe zur Mehrumpfbauweise überzugehen oder statt an der Trennlinie zwischen Luft und Wasser unter der Wasseroberfläche oder über der Wasseroberfläche zu fahren.

Alle drei Möglichkeiten sind bereits in verschiedenen Varianten untersucht und teilweise erprobt bzw. sogar schon in die Praxis eingeführt. Im Hinblick auf die Erzielung höherer Geschwindigkeiten sind sie jedoch sowohl im Aufwand als auch im Erfolg sehr unterschiedlich zu bewerten. Zu beachten ist außerdem, daß die Verwendungsmöglichkeiten beschränkt sind.

Schiffe mit zwei Schwimmkörpern

Mehrrumpfschiffen liegt ein Prinzip zugrunde, das von den Bewohnern der Ostküste Indiens und Polynesiens bereits vor Jahrhunderten genutzt wurde. Ihre Katamarane waren schnelle und außerordentlich seetüchtige Boote.

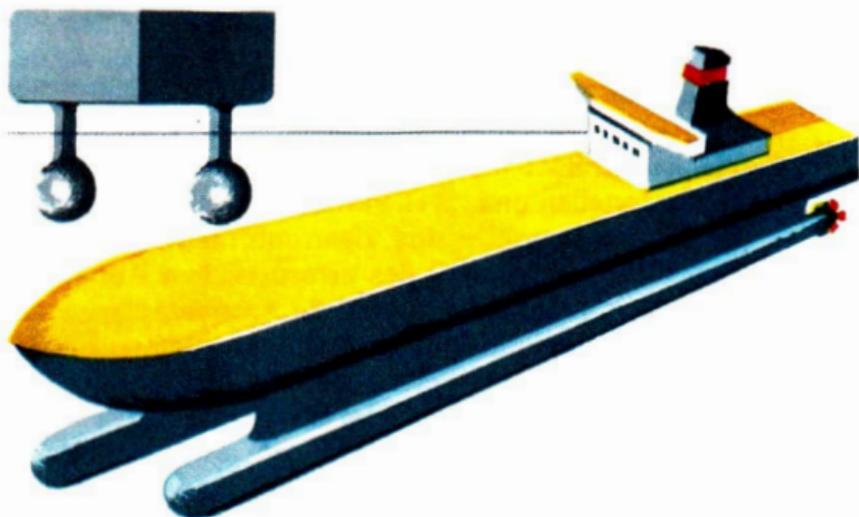
Die Bezeichnung Katamaran bezieht sich auch heute noch auf all die Wasserfahrzeuge, die zwei parallel zueinander angeordnete und miteinander verbundene Schwimmkörper aufweisen. Bei Hochseesegeljachten ist diese Bauweise schon häufiger zu beobachten. Noch selten ist sie in der Handelsschiffahrt anzutreffen. Es hat zwar seit mehr als hundert Jahren nicht an Versuchen gefehlt, Schiffe dieser Bauweise für die Personenbeförderung oder den Gütertransport zu bauen und zum Einsatz zu bringen, jedoch war ihnen kein Erfolg beschieden.

Praktische Bedeutung erlangten Katamarane erst mit dem ersten Katamaranfrachter der Welt, der im Jahre 1961 auf der sowjetischen Schiffswerft in Gorki gebaut wurde. Inzwischen wurden nicht nur weitere Projekte für Fahrgastkatamarane, sondern auch für Fischereikatamarane und solche für die technische Flotte bereits verwirklicht.

In diesem Zusammenhang ist jedoch zu vermerken, daß nur ein Teil dieser Fahrzeuge mit dem Ziel zur Erreichung höherer Schiffsgeschwindigkeiten entworfen wurde. Bei der anderen Gruppe, wie Fischereifahrzeugen und Schif-

Fahrgastkatamaran »Kosmos« für den Einsatz auf sowjetischen Binnenwasserstraßen





Prinzip eines »Trisec«. Mit Mehrumpfschiffen dieser Konstruktion werden Geschwindigkeiten von mehr als 40kn erwartet.

fen der technischen Flotte, wird mit dieser Bauweise die Absicht verfolgt, den Schiffen eine höhere Stabilität, d. h. höhere Sicherheit gegen Kentern, zu verleihen.

Für unsere Darstellung sind nur Katamarane von Interesse, die schneller als gewöhnliche Schiffe sein sollen, so z. B. der sowjetische Fahrgastkatamaran »Kosmos«, der auf den Binnenseen mit 35 km/h schneller ist als die Einrumpf-Fahrgastschiffe. Ein anderes Beispiel ist der aus Norwegen bekannt gewordene »Westamaran«. Mit einer speziellen Doppelrumpfbauweise soll dieses 142 Personen Platz bietende Fahrzeug sogar über 50 km/h fahren können. Von weiterzuentwickelnden Fahrzeugen dieses Typs werden sogar 50 kn (über 90 km/h) erwartet. Übliche Fahrgastschiffe dieser Größenordnung bleiben mit 20 bis 25 km/h weit hinter diesen Geschwindigkeiten zurück.

Allerdings sind Katamarane infolge ihrer komplizierteren Bauweise gegenüber vergleichbaren Einrumpfschiffen sehr viel teurer. Hinzu kommt, daß der aus der Bauweise zu gewinnende Vorteil, durch geringeren Schiffswiderstand zu höheren Fahrgeschwindigkeiten zu gelangen, mit dem Anwachsen der Schiffsgrößen sehr schnell abnimmt. Inzwischen gibt es aber Vorstellungen und Projekte, die als Weiterentwicklungen des Katamarantyps

zu betrachten sind. Zu diesen gehören die unter den Bezeichnungen »Trisec« und »Sea Sulky« bekannt gewordenen Projekte. Es handelt sich dabei um eine Bauweise, bei der das Schiff aus drei voneinander sehr verschiedenen Elementen gebildet wird, aus einem Überwasserteil, zwei Unterwasserteilen und zwei Verbindungsteilen.

Die Unterwasserteile sind zigarrenförmige Schwimmkörper, die den Hauptteil des erforderlichen Auftriebes liefern sollen. In ihnen sind auch die Antriebsanlagen, die Brennstoffbunker und Ballastwassertanks untergebracht. Auf diesen Unterwasserteilen ruhen die Verbindungsteile, die das Überwasserteil tragen. Im Überwasserteil befinden sich Laderäume oder Fahrgastkabinen sowie auch Parkplätze für Kraftfahrzeuge. Mit Schiffen dieses Typs, von denen bisher nur Modelle existieren, erhoffen die Erfinder und Projektanten Geschwindigkeiten im Bereich von 40 bis 80 kn, das sind bis knapp 150 km/h. Inwieweit diese Hoffnungen berechtigt sind, läßt sich gegenwärtig nur schwer ermessen. Fest steht allerdings, daß z. B. mit der Bauweise eines »Trisec« schon viel günstigere Voraussetzungen für höhere Geschwindigkeiten gegeben sind als mit Katamaranen. Die Begründung dafür ist hier ebenfalls in der Beeinflussung des Wellenwiderstandes der Schiffe zu finden.

Dieser Wellenwiderstand hängt nun nicht nur davon ab, wie schlank ein Schiffskörper ist, sondern auch davon, wie tief er ins Wasser eintaucht. Es gibt die allgemeine Erkenntnis, daß der Widerstand gegenüber der Fortbewegung bei einem schwimmenden Körper um so geringer ist, je tiefer sich das im Wasser befindliche Schwimmkörpervolumen unter der Wasseroberfläche befindet. Will man nicht gleich zum Unterwasserschiff übergehen, so läuft die Verwirklichung dieser Erkenntnis auf die Trennung des Über- vom Unterwasserteil eines Schiffskörpers hinaus. Praktisch läßt sich die Idee nur in der Form eines Mehr-rumpfschiffes ausführen, da sonst keine Schiffsstabilität möglich wäre. Diese Zusammenhänge liegen dem »Trisec« als einer der möglichen Ausführungsvarianten zugrunde. Hinsichtlich des Bauaufwandes kann dieser »Trisec« erst von einer bestimmten Größe an, die vielleicht bei 30 000 bis 40 000 t Tragfähigkeit liegt, mit den konventionellen Schiffstypen konkurrieren. Ein »Trisec« dieser Größen-

ordnung braucht aber für eine Geschwindigkeit von 40 kn schon eine Antriebsleistung von etwa 250 000 PS. Noch höhere Geschwindigkeiten verlangen ein Mehrfaches dieser Antriebsleistung, für deren Realisierung es bislang in der Schifffahrt noch keine Möglichkeiten gibt.

Selbstverständlich werden diese Probleme in einem ganz anderen Licht zu sehen sein, wenn für die zivile Schifffahrt wirtschaftliche und sichere Kernkraftanlagen zur Verfügung stehen. Dann tritt das ein, was schon an anderer Stelle erörtert wurde: Ein neuer Energieträger mit einem neuen Prinzip zur Umwandlung von Primärenergie in Bewegungsenergie führt zur Entwicklung neuer Transportmittel. Der »Trisec« wird nur eine von vielen Varianten sein.

Bei der Verwirklichung des »Trisec«-Prinzips bereitet die Ausführung der Verbindungsteile besondere Schwierigkeiten. Sie sollen einerseits sehr schmal sein, damit der Wasserwiderstand gering ist. Sie müssen aber andererseits dick genug sein, um z. B. im Seegang eine ausreichende Stabilität des Schiffes zu sichern. Dadurch kann der obenerwähnte Effekt der Verlagerung des Schiffskörpervolumens tief unter die Wasseroberfläche nur teilweise genutzt werden. Aus diesem Grunde wäre es das Beste, man könnte auf Verbindungsteile überhaupt verzichten. In einem Gedankenmodell ist das ohne weiteres möglich. Werden den zigarrenförmigen Unterwasserteilen unseres »Trisec« die Möglichkeit zur Ladungsaufnahme und dem Überwasserteil ein Antrieb und eine Abstützung gegenüber der Wasseroberfläche gegeben, dann führt dieses Gedankenexperiment zum Unterwasserschiff einerseits und zum über die Wasseroberfläche dahinjagenden Oberflächenschiff. Von dem zuletztgenannten sind Ausführungen als Tragflügelschiffe und Luftkissenschiffe bekannt. Ehe zu diesen nähere Ausführungen folgen, wollen wir uns den Unterwasserschiffen zuwenden.

U-Schiffe mit Nuklearantrieb

Als in der Mitte der fünfziger Jahre Atomkraftantriebe für Kriegsschiffe diskutiert und schließlich später gebaut wurden, als Atom-U-Boote mit ihren langen Tauchfahrten

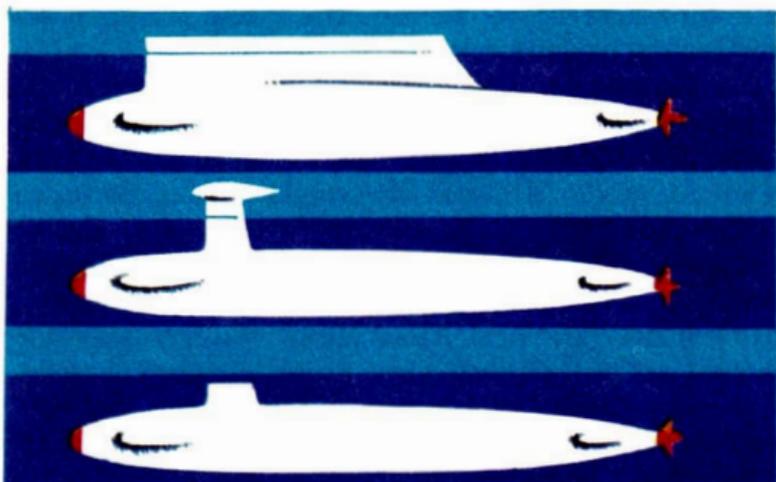
sowie der Unterquerung der Eiskappe des Nordpols Aufsehen erregten, schien es, als sei auch für die zivile Schifffahrt ein neuer Weg zur Erreichung höherer Geschwindigkeiten gewiesen.

Der Versuch, Unterwasser-Handelsschiffe einzusetzen, geht bis in die Zeit des ersten Weltkrieges zurück. 1916 hatte erstmals ein Unterwasser-Handelsschiff in zwanzig Tagen Fahrt die Strecke Europa-Nordamerika bewältigt. Dabei fuhr aber das 2000-t-Unterwasser-Handelsschiff des ehemaligen deutschen Kaiserreiches nur so lange unter Wasser, wie es notwendig war, die Blockade unentdeckt zu durchbrechen. Der weitaus größere Teil der Reise wurde in aufgetauchtem Zustand bewältigt. Von einem echten Unterwasser-Handelsschiff konnte weder von der Funktion noch von der Fahrweise her die Rede sein. Das war auch nicht anders bei den gelegentlich im zweiten Weltkrieg und danach eingesetzten U-Frachtern. Solange nur Dieselmotoren und Akkumulatoren für den Antrieb von U-Schiffen zur Verfügung standen, boten sich auch keine Möglichkeiten zum Bau echter Unterwasserschiffe, die die gesamte Reise im getauchten Zustand hätten bewältigen können.

Der Atomantrieb eröffnete der Unterwasserfahrt ganz neue Perspektiven. Obwohl die UdSSR und die USA über große Flotten atomgetriebener Kampf-U-Boote verfügen, gibt es den Typ des Unterwasserschiffes in der Handelsschifffahrt noch nicht. Dafür aber werden in der Fachpresse und in anderen Publikationen immer wieder Projekte von Unterwasser-Handelsschiffen vorgestellt oder Fragen nach den Zukunftsaussichten dieses Schiffstyps aufgeworfen.

Sieht man einmal von militärischen Interessen ab, so kann ein Unterwasser-Handelsschiff nur dann von praktischem Interesse sein, wenn es gegenüber dem normalen Handelsschiff Vorzüge aufweist. Diese können aber lediglich darin bestehen, daß die Fahrverhältnisse günstiger werden. Eine kurze Betrachtung der Widerstandsverhältnisse am getauchten Schiff gibt darüber Auskunft.

Bereits bei dem Prinzip des »Trisec« wurde darauf hingewiesen, daß durch das tiefere Eintauchen eines Schwimmkörpers unter die Wasseroberfläche der Fahr-



Prinzipdarstellung verschiedener U-Schiffstypen in Bezug zur Wasseroberfläche

widerstand verändert wird. Während ein Schiff an der Wasseroberfläche bei seiner Fahrt mit zunehmender Geschwindigkeit immer höhere Wellen erzeugt, für die ein großer Teil der Antriebsenergie aufzuwenden ist, treten diese Schiffswellen bei einem Unterwasserschiff nicht mehr auf. Voraussetzung dafür ist allerdings, daß es tief genug getaucht ist. Dazu sind Tauchtiefen zwischen 80 bis 100 m erforderlich. Bei geringen Tiefen, direkt unter der Wasseroberfläche, ist dieser Effekt noch nicht voll zu nutzen. Die Tauchtiefe der U-Schiffe spielt also eine wesentliche Rolle. Deshalb werden U-Schiffe in erster Linie nach ihrer Lage zur Wasseroberfläche voneinander unterschieden. Bedenkt man weiter, daß es gerade die Wellenbildung am fahrenden Schiff ist, die die physikalische Schranke bei der weiteren Erhöhung der Schiffsgeschwindigkeiten bildet, so scheint tatsächlich das tiefgetauchte U-Schiff einen Ausweg zu zeigen. Bestätigt wird das auch von den militärischen Atom-U-Booten, die unter Wasser nicht nur schneller als an der Wasseroberfläche sind, sondern in der Unterwasserfahrt auch allen Überwasserkriegsschiffen davonfahren. Unterwassergeschwindigkeiten von mehr als 40 kn (fast 75 km/h) sind bei diesen Schiffen keine Seltenheit. Nach theoretischen Betrachtungen wären auch Geschwindigkeiten von 60 kn (etwa

110 km/h) sicherlich erreichbar. Dafür sind allerdings gewaltige Antriebsleistungen zu installieren.

Als Beispiel sei das Projekt eines relativ kleinen U-Frachters genannt, der bei einer Wasserverdrängung von knapp 20 000 m³ rund 50 000 PS benötigen würde, um etwa 30 kn zu fahren. Obwohl ein vergleichbares normales Frachtschiff mindestens 75 000 PS für die gleiche Geschwindigkeit verlangen würde, so stellt die Größe der benötigten Antriebsleistung für U-Schiffe ein bedeutendes Problem dar. Mit dem Atomreaktor wurden zwar alle Fragen gelöst, die mit der Primärenergieversorgung zusammenhängen. Problematisch bleibt aber, daß die Antriebsanlage groß und schwer ist, ein erheblicher Sicherheitsaufwand betrieben werden muß und dadurch alles sehr teuer wird. Detaillierte Untersuchungen besagen, daß erst Schiffe von 100 000 t und mehr in den Bereich des wirtschaftlichen Interesses geraten. Soll aber ein U-Frachter von rund 100 000 m³ Wasserverdrängung etwa 40 kn fahren, so muß seine Antriebsanlage mit etwa 300 000 bis 400 000 PS die Leistung eines kleinen Kraftwerks aufweisen. Hinzu kommt noch, daß der Schiffskörper eines U-Schiffes, das in 100 bis 300 m Wassertiefe fahren soll, eine ganz andere Festigkeit aufweisen muß als der eines Schiffes an der Wasseroberfläche. Dort, wo wahlweise der Einsatz von U-Schiffen oder normalen Schiffen möglich ist, wird man auch künftig aus wirtschaftlichen Erwägungen heraus stets dem Schiff an der Wasseroberfläche den Vorzug geben.

Es erhebt sich nun grundsätzlich die Frage, wofür U-Schiffe überhaupt einzusetzen sind. Sieht man einmal von Kleinst-U-Booten ab, die als Touristenattraktion in einigen Gegenden mit noch klaren Gewässern zur Besichtigung der Unterwasserfauna bereitgehalten werden, so ist der Unterwassertransport für die Personenbeförderung völlig uninteressant. Die mit U-Schiffen gegenüber normalen Fahrgastschiffen zu erzielenden Geschwindigkeitsvorteile sind viel zu gering und die Unbequemlichkeiten einer Unterwasserreise viel zu groß, als daß jemals ein gesellschaftliches Interesse an der Personenbeförderung unter Wasser bestehen könnte. Und wie steht es mit der Beförderung von Gütern? Hochwertige, teure Güter auch auf dem

Seewege schnell zu befördern ist ein allgemeines Anliegen. Der Bau immer schnellerer Containerschiffe zeigt das. Ein U-Frachter würde einen erheblichen Geschwindigkeitsgewinn ermöglichen. Es gibt aber kaum Projekte für diesen Zweck; denn U-Frachter für Container oder andere Stückgüter lassen sich nur ungünstig be- und entladen. Die Zeitgewinne während der Fahrt würden durch längere Be- und Entladefristen wieder aufgezehrt werden. Weitaus wichtiger ist aber, daß bei einem U-Frachter zum Transport von Containern und Stückgütern das ganze Schiff als ein Druckkörper, ähnlich einem Kessel, auszubilden wäre. Nur bei einem U-Tanker wäre das nicht erforderlich, da das Öl in den Tanks über die Hülle des Schiffskörpers den äußeren Wasserdruck aufnimmt. Mit den U-Tanker-Projekten ist jedoch die Beziehung zur ursprünglichen Zielstellung, durch die Unterwasserfahrt die Geschwindigkeitsgrenzen der Schifffahrt zu durchbrechen, zumindest teilweise verlorengegangen; denn beim Öltransport kommt es nicht unbedingt auf Schnelligkeit an. Öl soll vor allem billig transportiert werden. Und das ist nur im sehr großen Erdöltanker bekannter Art möglich.

Mit diesen Betrachtungen wird offensichtlich, daß U-Schiffe keine allgemeine Lösung für eine schnellere Schifffahrt bieten.

Gleiten oder fliegen?

Die Überlegungen zur Erhöhung der Geschwindigkeiten in der Schifffahrt haben uns zunächst von der Wasseroberfläche in die Tiefe geführt. Obwohl sich damit Möglichkeiten zur Steigerung der Schiffsgeschwindigkeiten eröffnen, gibt es eine ganze Reihe von Beschränkungen und Nachteilen, die diesen Weg als wenig erfolgversprechend erscheinen lassen. Hinzu kommt, daß die absoluten Geschwindigkeitsgewinne mit etwa 20 bis 30 kn gegenüber den Überwasserschiffen nicht überwältigend sind. Außerdem bestehen auch nur bei sehr großen Mehrumpfschiffen oder U-Frachtern reale Aussichten auf einen wirtschaftlichen Betrieb. Für kleinere Fahrzeuge stellen diese Schiffstypen keine Lösung auf dem Wege zur höheren

Geschwindigkeit dar. Für diese ist der Weg nach oben, d. h. von der Wasseroberfläche hinauf in die Luft, der weitaus günstigere. Allgemein ist ja bekannt, daß die Dichte der Luft nur etwa ein Achthundertstel der des Wassers beträgt. Je »dünner« das Medium, von dem ein Fahrzeug umgeben wird, desto geringer ist auch sein Fortbewegungswiderstand.

Was liegt also näher als danach zu streben, Schiffe aus dem Medium Wasser in das Medium Luft zu überführen? Die energieaufwendige Wasserreibung und Wellenbildung im Wasser entfallen. Statt der durch die Wellenbildung bedingten physikalischen Geschwindigkeitsgrenze für Schiffe (s. Übersicht auf S.34) tritt erst die bei etwa 1000 km/h liegende Schallmauer als Beschränkung auf. Ein wahrhaft gewaltiger Sprung in den Möglichkeiten zur Steigerung der Schiffsgeschwindigkeiten!

Nur ganz so einfach ist die Sache nicht. Wasser hat gegenüber der Luft eine hervorragende Eigenschaft, auf die man auch künftig nicht verzichten möchte. Infolge seiner höheren Dichte trägt das Wasser sehr viel besser, und es besitzt dadurch eine gute Stützfunktion. Vom Wasser getragen und in der Luft bewegt, ist deshalb das Charakteristikum eines idealen Wasserfahrzeuges. Bei der Betrachtung der sich hier anbietenden Möglichkeiten begegnen wir zunächst dem Gleitboot. Das Prinzip des Gleitens auf dem Wasser ist sowohl bei Motorrennbooten als auch bei Schnellbooten der Seestreitkräfte zu beobachten. Es sind Wasserfahrzeuge mit flachem Boden, die sich mit zunehmender Geschwindigkeit infolge des dynamischen Auftriebs teilweise aus dem Wasser herausheben. Bei einer bestimmten Geschwindigkeit hat nur noch das Heck eine Berührung mit dem Wasser.

Das Boot gleitet über die Wasseroberfläche dahin und hat nur noch einen relativ geringen Wasserwiderstand zu überwinden. Sportboote, die als sogenannte 3-Punkt-Boote konstruiert sind und nur noch an 3 Punkten eine Wasserberührung haben, erreichen Geschwindigkeiten von mehr als 100 km/h.

Die bei den Seestreitkräften im Einsatz befindlichen Schnellboote weisen Maximalgeschwindigkeiten von 50 bis 60 kn auf, d. h. rund 100 km/h. Damit sind sie schneller

als jedes andere Verdrängungsschiff, sofern man die Atom-U-Boote außer acht läßt.

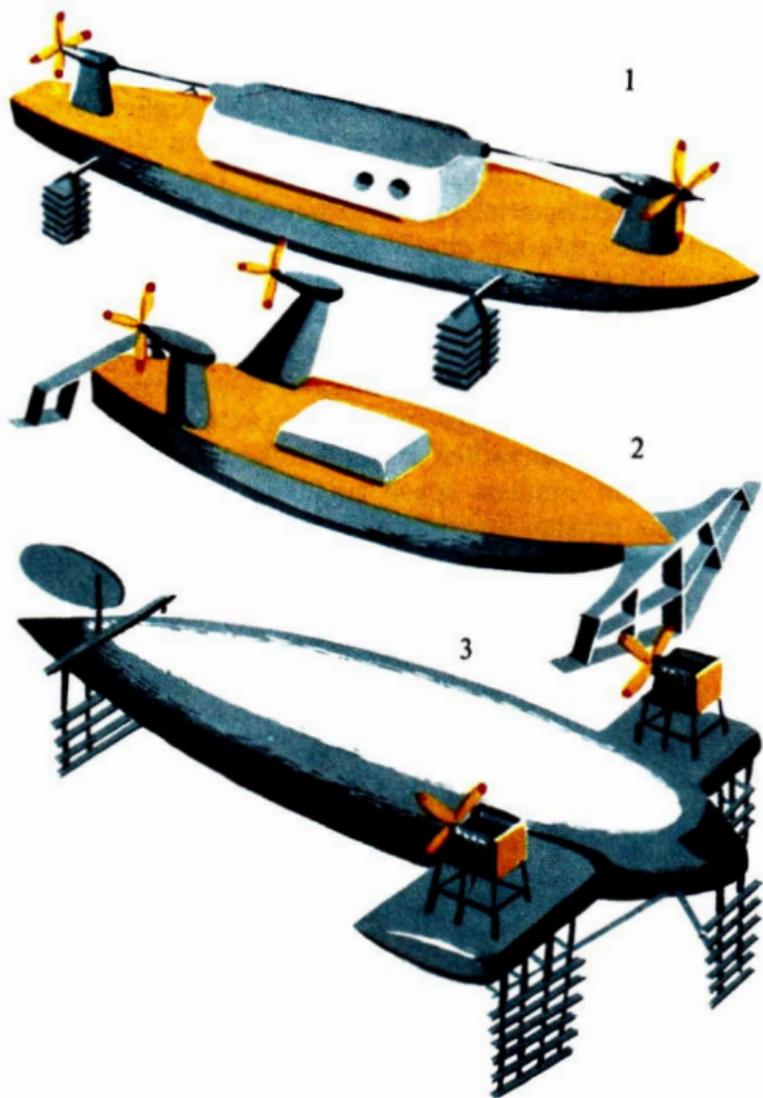
Bei der Aufzählung der Verwendungsmöglichkeiten für Gleitboote sei noch erwähnt, daß es auch Versuche mit Binnenfahrgastschiffen gegeben hat.

Mit raketengetriebenen Gleitbooten wurden Geschwindigkeitsrekorde auf dem Wasser aufgestellt, die wohl für nicht absehbare Zeiten von keinem anderen Typ eines Wasserfahrzeuges zu brechen sind. Allerdings haben derartige Rekordfahrten keinen praktischen Wert. Höchstgeschwindigkeiten mit Gleitbooten sind nur bei den bestmöglichen Witterungs- und Fahrwasserbedingungen zu erzielen. Wasserwellen können Rekordfahrten nicht nur unmöglich, sondern sogar zu einem lebensgefährlichen Ereignis werden lassen. Bewegte See oder treibende Gegenstände im Wasser sind unter praktischen Schiffs-fahrtsbedingungen stets einzukalkulieren, so daß sich dadurch für Gleitboote Einsatzbeschränkungen ergeben.

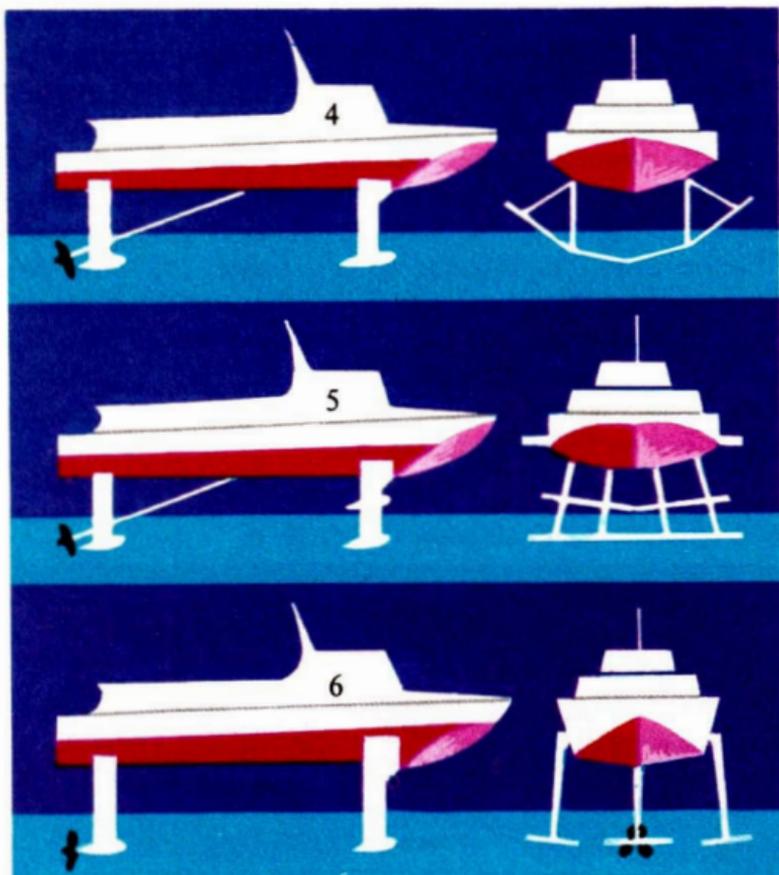
Fliegen, aber auf dem Wasser

Bedeutende Erfolge bei der Überwindung der Geschwindigkeitsschranken im Wasserverkehr wurden mit Tragflügelschiffen erzielt. Gedanken zur Entwicklung dieses Fahrzeugtyps lassen sich über mehr als hundert Jahre zurück verfolgen.

Bereits 1868 entwickelte der Franzose Farcot die Idee, einen Bootskörper mit einer Reihe von Tragflügeln oder geneigten Platten, die unter dem Bootskörper angebracht sind, während der Fahrt aus dem Wasser zu heben. Dieser folgten viele andere Ideen, und schon 1891 wurde in Frankreich nach Entwürfen des Comte de Lambert das erste Patent für ein Tragflügelboot erteilt. Sechs Jahre später gelangte das erste Boot mit einer Dampfmaschinenanlage zum Einsatz. Die für damalige Zeiten außerordentlich hohe Geschwindigkeit von 30 km/h bestätigte die Richtigkeit des Prinzips. Mehr aber auch nicht, denn eine Stabilität gegen Kentern war noch nicht gewährleistet. Das schaffte erst der italienische Ingenieur Enrico Forlanini, der 1905 auf einem 1,65 t schweren Trag-



flügelboot mit einem 75-PS-Luftschaubenantrieb die sehr beeindruckende Geschwindigkeit von 70 km/h erzielte. Aber schon im folgenden Jahr wurde auf einem anderen nur 1,5t schweren Tragflügelboot mit einem 100-PS-Luftschaubenantrieb die lange Zeit nicht übertroffene Geschwindigkeit von 90 km/h gefahren. 1918 gelang es, den Geschwindigkeitsrekord von Tragflügelbooten auf 61,5 kn oder 114 km/h hochzuschrauben. Aufgestellt wurde er in Nordamerika mit einem als »Hydrodrum« (Wassertonne)



Entwicklungsstadien der Tragflügelboote

1 – Versuchstragflügelboot Forlaninis (70 km/h), 2 – Versuchstragflügelboot aus dem Jahre 1906 (90 km/h), 3 – Darstellung eines »Hydrodrums« (Wassertonne), 4 – Tragflügelsystem, das die Wasseroberfläche durchstößt, 5 – Mehrstufiges Tragflügelsystem für Flachwasser, 6 – Tragflügelsystem mit vollgetauchten, automatisch verstellbaren Tragflügeln

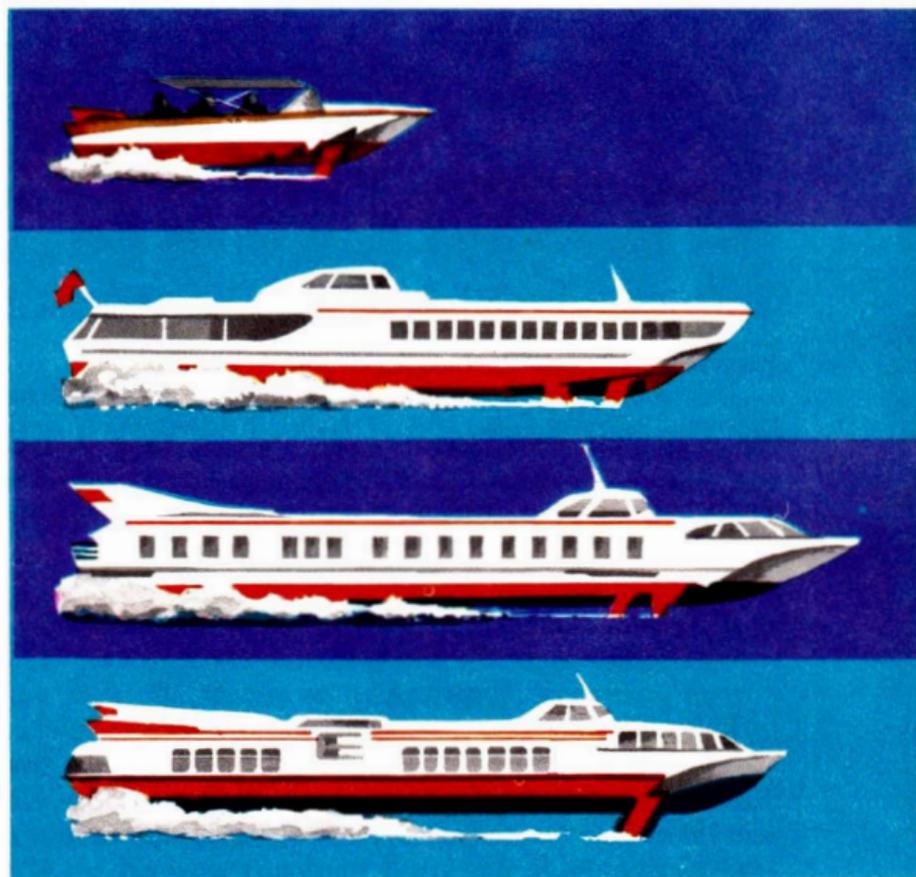
bezeichneten 5 t schweren Tragflügelboot, das mit 2 Flugzeugmotoren von je 35 PS ausgerüstet war. Etwa bis 1935 wurden zahlreiche Tragflügelboote gebaut, die aber nur zu Rekordfahrten oder für Sportzwecke geeignet waren.

Nach langjährigen Entwicklungsarbeiten auf der Schiffswerft Schertel-Sachsenberg in Roßlau wurden bis zum Jahre 1944 für die faschistische Kriegsmarine mehrere Tragflügelboote in der Größenordnung von 2,8 bis 80 t Wasserverdrängung gebaut.

Diese Tragflügelboote dienten als Aufklärer, Minenleger, Torpedoschnellboote und auch als Tankversorgungsschiffe. Ihre praktische Verwendung erstreckte sich jedoch lediglich auf Versuchseinsätze.

Einen entscheidenden Durchbruch für die zivile Verwendung erreichten Tragflügelboote erst nach dem zweiten Weltkrieg. Auf der Grundlage der ersten geschlossenen Theorie über Tragflügelboote, die schon 1935 von den sowjetischen Wissenschaftlern Keldily und Lawrentjew entwickelt worden war, schuf Alexejew, der in der Welt erfolgreichste Konstrukteur auf diesem Gebiet, völlig neue Tragflügelssysteme, die den besonderen Bedingungen der sowjetischen Flüsse entsprachen.

Einige sowjetische Tragflügelschiffe (Tafel I)



In den fünfziger Jahren begann auf den sowjetischen Binnenwasserstraßen der Einsatz von Tragflügelschiffen zur Personenbeförderung. Heute wird in der Sowjetunion mit den verschiedensten Tragflügelschiffstypen ein dem Umfang nach in der Welt einmaliger Schnellverkehr auf dem Wasser angeboten. Mit einer modernen Flotte von weit über tausend Tragflügelschiffen werden auf den europäischen, sibirischen und fernöstlichen Wasserwegen der UdSSR jährlich 3 bis 4 Millionen Fahrgäste befördert.

Das Prinzip der Tragflügelschiffe ist das gleiche wie das der Flugzeuge. Der Unterschied in der Dichte zwischen Wasser und Luft bietet jedoch den großen Vorteil, daß der mit einem durch das Wasser gleitenden Tragflügel erzielte

»Wolga«. Exportausführung von »Molnija«. Auf Binnengewässern für 6 Fahrgäste. Länge: 8,5 m. Masse: 1,88 t. Antrieb: 1 · 77 PS, Pkw-Motor, Propeller. 60 km/h (Dienstgeschwindigkeit)

»Raketa«. Auf Binnengewässern für 64 Fahrgäste. Länge: 26,9 m. Masse: 25,3 t. Antrieb: 1 · 850 PS, Dieselmotor, Propeller. 60 km/h

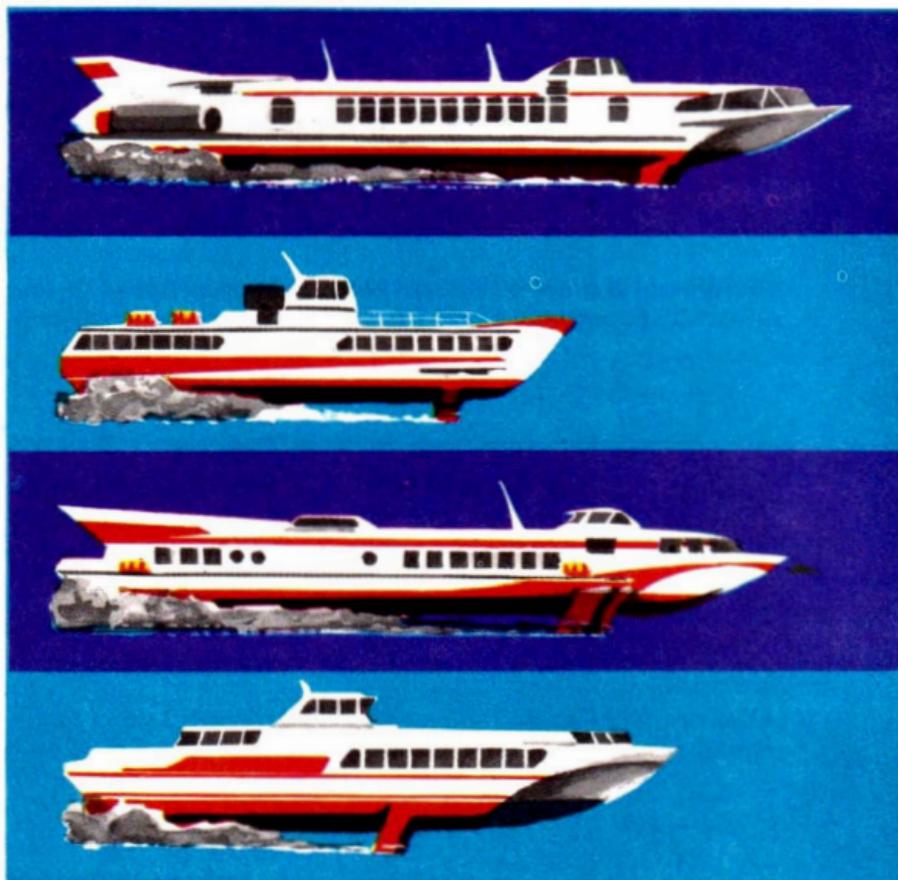
»Sputnik«. Auf Binnengewässern für 284 Passagiere. Länge: 47,9 m. Masse: 110 t. Antrieb: 4 · 850 PS, Dieselmotoren, 2 Propeller. 75 km/h

»Meteor«. Auf Flüssen und Seen für 150 Passagiere. Länge: 34,4 m. Masse: 52 t. Antrieb: 2 · 900 PS, Dieselmotoren, 2 Propeller. 65 km/h

Effekt viel bedeutender als in der Luft ist. Bekanntlich dienen die Tragflügel sowohl beim Flugzeug als auch beim Tragflügelsschiff dazu, eine aufwärtswirkende Kraft zu erzeugen. Dieser Auftrieb soll der Schwerkraft des Fahrzeuges entgegenwirken. Der Auftrieb eines Tragflügelprofils ist nun um so größer, je schneller dieses bewegt wird und je dichter das umgebende Medium ist. Da die Dichte des Wassers etwa dem 800fachen der Luft entspricht, kommt man bei Tragflügelbooten im Gegensatz zu Flugzeugen mit relativ kleinen Tragflügelflächen aus.

Für die Personenbeförderung sind die Tragflügelsschiffe deshalb so attraktiv, da sie in ihren Reisegeschwindigkeiten den Verkehrsmitteln zu Lande nicht nachstehen. Die

Einige sowjetische Tragflügelsschiffe (Tafel II)



Wirtschaftlichkeit des Betriebes ist gleichfalls gesichert, denn auf den großen sowjetischen Flüssen liegen die Selbstkosten beim Einsatz von Tragflügelschiffen für die Personenbeförderung noch unter denen der Eisenbahn oder des Kraftverkehrs. In der Ostsee wird z. B. die Route Leningrad–Tallin in vier Stunden befahren, etwas schneller als mit dem planmäßigen Schnellzug zwischen beiden Seehäfen.

Für nahezu jede Wasserstraße und jeden Verkehrsbedarf entstand in der Sowjetunion der geeignete Schiffstyp.

Boote des Typs »Wolga« wurden nach den USA, Großbritannien und anderen Ländern exportiert und sind z. B.

»Burewestnik«. Auf Binnengewässern für 150 Fahrgäste. Länge: 43,3 m. Masse: 67 t. Antrieb: 2 · 2700 PS, Gasturbinen, Wasserstrahl. 97 km/h

»Strela«. Auf hoher See und in Küstengewässern für 92 Passagiere. Länge: 24,3 m. Masse: 51 t. Antrieb: 2 · 1200 PS. Dieselmotoren, 2 Propeller. 74 km/h

»Kometa«. In Küstengewässern und auf See für 100 Passagiere. Länge: 35,2 m. Masse: 56 t. Antrieb: 2 · 900 PS, Dieselmotoren, 2 Propeller. 60 km/h

»Taifun«. Auf hoher See und in Küstengewässern für 90 Passagiere. Länge: 31,4 m. Masse: 65 t. Antrieb: 2 · 1750 PS, Gasturbinen. 70 km/h



Sowjetisches Tragflügelschiff »Taifun« (Schnitt)

1 – z-förmige Antriebswelle für langsame Fahrt, 2 – z-förmige Antriebswelle für volle Fahrt, 3 – Heckflügel, 4 – Dieselmotor für langsame Fahrt, 5 – Gasturbine, 6 – Dieselgeneratoren, 7 – Bugflügel

auch bei der Berliner oder Rostocker Wasserschutzpolizei anzutreffen. Eine sehr weite Verbreitung haben die Tragflügelschiffe des Typs »Raketa« gefunden, mit denen bereits 1957 der erste planmäßige Schnelldienst auf der Wolga eröffnet wurde. Die »Raketa« wurde auch in mehrere europäische Staaten exportiert. Eine wesentlich größere Ausführung für den Flußverkehr sind die Tragflügelschiffe vom Typ »Sputnik«. Obgleich dieser Typ bereits 1961 zum Einsatz gelangte, gehört er mit etwa dreihundert Fahrgastplätzen in drei Salons, mit einem Restaurant an Bord sowie mit einem geschlossenen Ausichtsdeck vorn und einem offenen Promenadendeck hinten auch heute noch zu den größten zivilen Tragflügelschiffen der Welt.

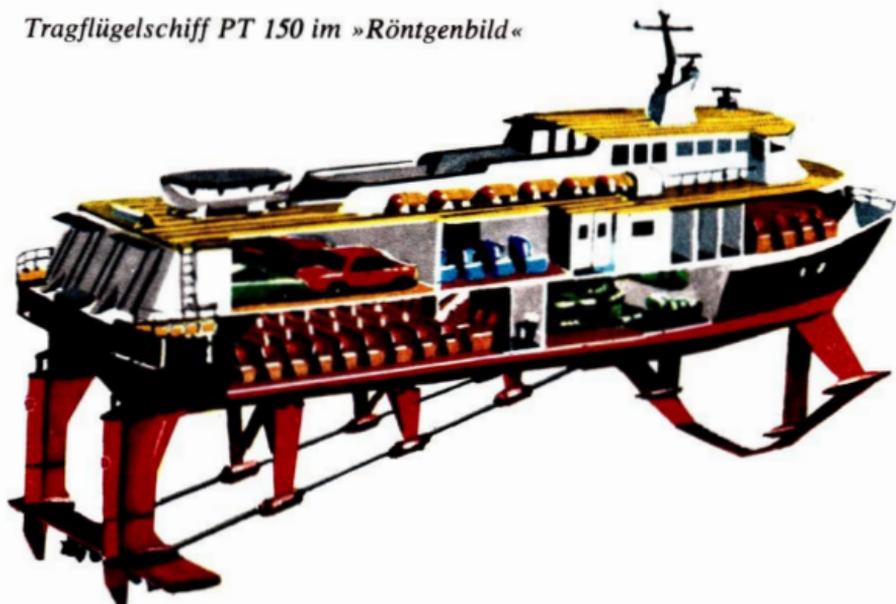
Ein völlig neuer Typ sowjetischer Tragflügelschiffe entstand mit dem »Burewestnik«. Alle zuvor entwickelten Serienbauten wurden durch Dieselmotoren und Wasserpropeller angetrieben, dieser Tragflügelschiffstyp dagegen besitzt eine Gasturbinenanlage und Wasserstrahlantrieb. Mit diesem Antrieb, bei dem in der Schnellfahrt die Wasserstrahldüsen unmittelbar über der Wasseroberfläche liegen, erreicht das Schiff mit zwei Gasturbinen von je 2700 PS eine Geschwindigkeit von rund 110 km/h und ist damit das schnellste im regelmäßigen Verkehrseinsatz befindliche Tragflügelschiff der Welt.

Für den Hochsee-Einsatz wurde das Tragflügelsschiff »Taifun« zum Einsatz gebracht, das über ein elektronisch gesteuertes Tragflügelssystem verfügt, mit dem auch die Fahrt in hohem Seegang noch möglich ist, ohne daß die Wellen an den Schiffsrumpf schlagen. Das 90 Fahrgästen Platz bietende Tragflügelsschiff erzielt eine Geschwindigkeit von 44 kn oder etwa 80 km/h.

Der Entwicklung von Tragflügelsschiffen wird auch künftig in der Sowjetunion große Aufmerksamkeit gewidmet werden, weil diese Fahrzeuge bereits einen festen Platz im Verkehrswesen einnehmen. Allein auf der Wolga gibt es 80 Linien mit Tragflügelsschiffen der Typen »Raketa«, »Meteor«, »Sputnik« und »Burewestnik«.

Die Entwicklung und der Bau von Tragflügelsschiffen außerhalb der Sowjetunion sind vor allem auf solche Typen ausgerichtet, die im Küstenverkehr zum Einsatz gelangen sollen. Von diesen sind die Tragflügelsschiffe der Schweizer Firma »Supramar AG«, die auch Baulizenzen an Werften in Italien, Japan, Norwegen und anderen Ländern vergeben hat, am bekanntesten und am weitesten verbreitet. Die unter den Typenbezeichnungen PT 10, PT 20, PT 50 und PT 150 gebauten Tragflügelsschiffe der »Supramar AG« sind vor den Küsten fast aller Kontinente im Einsatz.

Tragflügelsschiff PT 150 im »Röntgenbild«

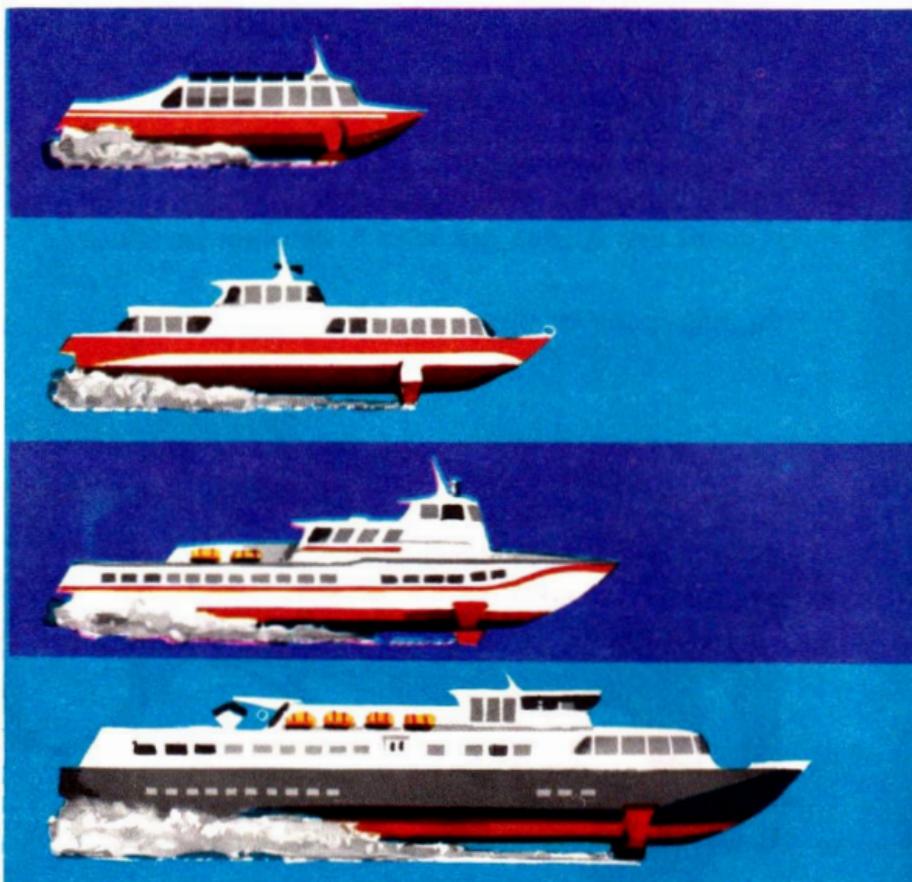


Mitte 1968 wurde mit dem PT 150 das derzeit immer noch größte zivile Tragflügelsschiff für den Fährverkehr zwischen Schweden und Dänemark in Betrieb genommen. Als Fähre bietet dieses 2-Deck-Tragflügelsschiff in zwei Salons unter dem Hauptdeck und in einem Salon vorn auf dem Hauptdeck 145 Passagieren Sitzplätze. Der hintere Teil des Hauptdecks dient der Aufnahme von acht PKW, die über eine am Heck abklappbare Rampe auf das Schiff rollen.

Entwicklungsarbeiten zum Bau von Tragflügelsschiffen wurden auch in Italien, in der VR Polen, in Japan, Großbritannien, Kanada und in den USA geleistet.

Die im zivilen Einsatz befindlichen Tragflügelsschiffe

Tragflügelsschiffe der »Supramar AG«



haben die Geschwindigkeitsschranken normaler Verdrängungsschiffe bereits beträchtlich überschritten. Geschwindigkeiten von 100 km/h und mehr sind für die Fahrt auf den Binnenwasserstraßen erst durch solche Tragflügelschiffe wie z. B. die vom Typ »Burewestnik« möglich geworden. Dabei ist besonders hervorzuheben, daß Tragflügelschiffe selbst bei diesen hohen Geschwindigkeiten weniger Wellen entwickeln als normale Verdrängungsschiffe und somit keinerlei Gefahr für den Zustand der Wasserstraße darstellen. Gerade dieser besonders günstige Umstand läßt es geraten erscheinen, auch bei kleinen Booten dem Tragflügelprinzip den Vorrang gegenüber dem Gleitprinzip zu geben.

PT 10. Auf Binnengewässern und Seen für 32 Passagiere. Länge: 16,3 m. Masse (beladen): 13,3 t. Antrieb: 1 · 540 PS, Dieselmotor, Propeller. 65 km/h

PT 20. In Küstengewässern für 72 Passagiere. Länge: 20,75 m. Masse (beladen): 32 t. Antrieb: 1 · 1100 PS, Dieselmotor, Propeller. 63 km/h

PT 50. Auf Seen für 140 Passagiere. Länge: 27,90 m. Masse (beladen): 63,3 t. Antrieb: 2 · 1100 PS, Dieselmotor, 2 Propeller. 63 km/h

PT 150. Auf hoher See im Passagierverkehr (245 Personen) und als Autofähre (145 Personen, 8 Autos). Länge: 37,55 m. Masse (beladen): 165 t. Antrieb: 2 · 3400 PS, Dieselmotor, 2 Propeller. 66,5 km/h

Mit Gebläseluft übers Wasser

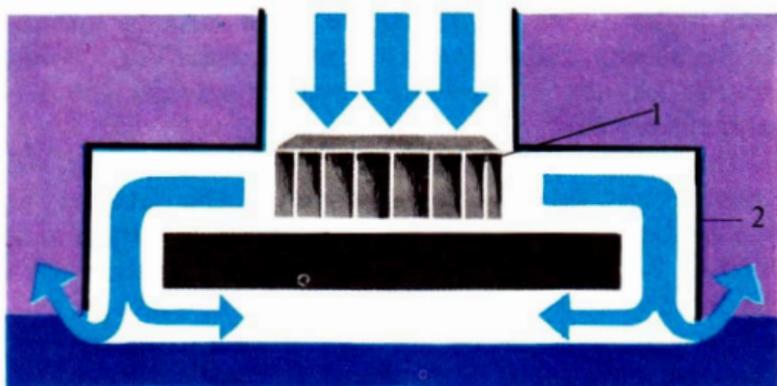
Mit Gleitbooten und Tragflügelschiffen sind praktische Lösungen für schnelle Wasserfahrzeuge bekannt. Aber es sind nicht die einzigen. Das gleiche Ziel, jedoch mit einem grundsätzlich anderen Wirkprinzip, wird mit Luftkissenschiffen verfolgt.

Luftkissenschiffe sind die derzeit wohl noch unkonventionellsten sowie auch schnellsten Wasserverkehrsmittel. Mit Maximalgeschwindigkeiten von etwa 150 km/h liegen sie knapp vor den Tragflügelschiffen. Im Gegensatz zu diesen scheint es jedoch eher möglich zu sein, auf Geschwindigkeiten von 200 oder gar 300 km/h vorzustoßen. Luftkissenschiffe verdienen deshalb bei der Untersuchung der Möglichkeiten zur weiteren Geschwindigkeitssteigerung auf dem Wasser besondere Beachtung.

Schon zur Jahrhundertwende war die Wirkung der Luft zur Verminderung des Wasserwiderstandes der Schiffe bekannt. So gab es Versuche, bei denen am Bug der Schiffe im Unterwasserbereich aus Düsen Luft ins Wasser gedrückt wurde. Obgleich sich dadurch der Reibungswiderstand zwischen Schiffsaußenhaut und Wasser verringerte, war der erforderliche Energieaufwand für eine praktische Nutzung viel zu groß. Die Luft mußte ganz anders genutzt werden.

Den Anfang und das Beispiel zu einer völlig neuartigen Nutzung der Luft im Verkehrswesen lieferte 1959 der Engländer Cockerell. Mit einem fast 6 t schweren Luftkissenfahrzeug, das zwei Personen Platz bot, überquerte er 1959 erstmalig den Ärmelkanal zwischen England und Frankreich. Da dieser und weitere Versuche in aller Öffentlichkeit sehr erfolgreich verliefen, wurde auch sogleich die Geburt einer neuen Verkehrsart gefeiert. Das leuchtet ein, wenn man sich die Einsatzmöglichkeiten dieses ersten Luftkissenfahrzeuges näher betrachtet. Es schwebte in der Luft und konnte in diesem Zustand sowohl übers Wasser, über festen Boden als auch über Sumpf und Morast dahinsausen. Und das mit Geschwindigkeiten von fast 100 km/h!

Das Wirkprinzip eines Luftkissenfahrzeuges ist einfach. Ein Gebläse saugt Luft an und drückt diese verdichtet



Wirkprinzip eines Luftkissenschiffes
1 – Ventilator, 2 – Fahrzeug

zwischen die Unterseite des Gerätes und den Bodengrund oder die Wasseroberfläche. Es bildet sich bei einem entsprechenden Überdruck der Gebläseluft zum Atmosphärendruck ein Luftpolster, auf dem das Fahrzeug zu schweben beginnt. Zur Fortbewegung ist dann nur noch der Luftwiderstand zu überwinden.

Das Hauptproblem besteht darin, den Energieaufwand für die Gebläseluft so gering wie möglich zu halten. Das wird vor allem dann erreicht, wenn möglichst wenig Luft zur Erzeugung und Aufrechterhaltung des Luftpolsters benötigt wird.

Am geringsten ist der Energieaufwand für die Gebläseluft dann, wenn die Schwebehöhe sehr klein, beispielsweise nur einige Millimeter, gehalten werden kann. Das setzt jedoch vorbereitete glatte Fahrbahnen voraus, wie z. B. bei Luftkissenbahnen oder Luftkissenpaletten. Für Wasserfahrzeuge oder gar amphibische Fahrzeuge sind ausreichend große Schwebehöhen erforderlich, um Wellen auf dem Wasser oder Bodenunebenheiten auf dem Lande überwinden zu können.

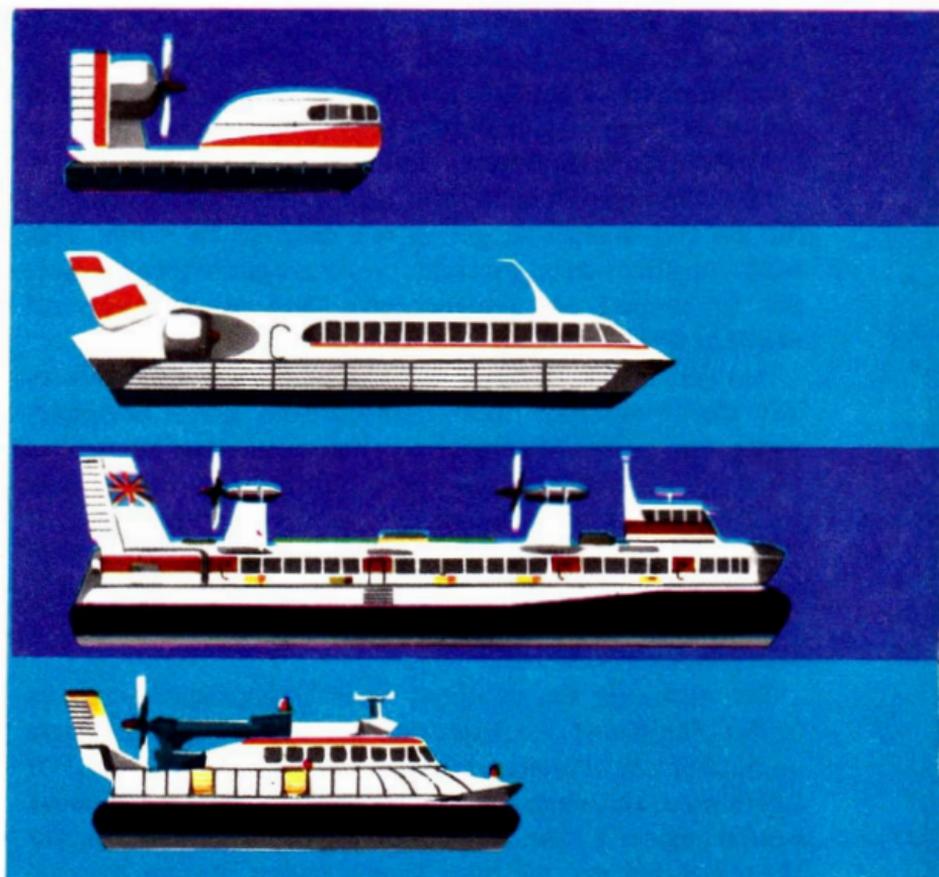
Die allseitige Verwendung eines Luftkissenfahrzeuges in der Schifffahrt verlangt, daß der Fahrzeugboden stets noch über der höchsten Welle hinwegschweben kann. Für Luftkissenfahrzeuge in der Binnenschifffahrt ist diese Forderung weit eher zu erfüllen als für solche, die in der Seeschifffahrt mit mehrere Meter hohen Wellen Anwen-

dung finden sollen. Praktisch war diese Aufgabe nur dadurch zu lösen, daß an den Seiten sowie an der Vorder- und Hinterfront des Fahrzeuges Abströmbegrenzungen angebracht wurden.

Sehr gut bewährt haben sich flexible Schürzen aus Kunststoffen, die den Fahrzeugrand umgeben und bis zur Wasseroberfläche hinabreichen. Die flexible Schürze paßt sich den Wellen auf dem Wasser und gegebenenfalls auch den Bodenunebenheiten bei der Fahrt über Land an.

Eine andere gleichfalls bereits bewährte Lösung ist die Verwendung fester Seitenwände. Diese reichen im Schwebezustand noch etwas unter die Wasseroberfläche, wodurch nach den Seiten zu keine Luft aus dem Luftpol-

Luftkissenschiffe (Tafel I)



ster mehr entweichen kann. Vorn und hinten hat das Fahrzeug flexible Kunststoffschürzen.

Bedingt durch die verschiedenartige Abströmbegrenzung, unterscheidet man amphibische Luftkissenschiffe mit flexiblen Schürzen sowie Seitenwand-Luftkissenschiffe mit festen Seitenwänden. Die Seitenwand-Luftkissenschiffe sind reine Wasserfahrzeuge, da sie nicht die Fähigkeit besitzen, über einem anderen Verkehrsmedium als Wasser zu verkehren. Durch die in das Wasser hineinragenden Seitenwände wird außerdem auch wieder ein geringer Wasserwiderstand hervorgerufen, der sich ungünstig auf die Erzielung hoher Geschwindigkeiten auswirkt. Die mit diesen Fahrzeugen gefahrenen Geschwindigkeiten

»Raduga« (UdSSR, 1962) für 5 Personen mit einer Länge von 9,4 m, einer Breite von 4,1 m und einer Gesamtmasse von 3 t. Geschwindigkeit: 120 km/h

»Sormowitsch« (UdSSR, 1965). Länge: 26,5 m. Breite: 10,0 m. Nutzlast: 50 Personen. Gesamtmasse: 20 t. Mit einer Leistung von 1800 PS erreicht es 120 km/h

SR.N4 (England, 1968). Länge: 39,7 m, Breite: 23,8 m. Gesamtmasse: 168 t. Nutzlast: 254 Personen und 30 Autos. Leistung: 4 · 3400 PS. Geschwindigkeit: 120 km/h

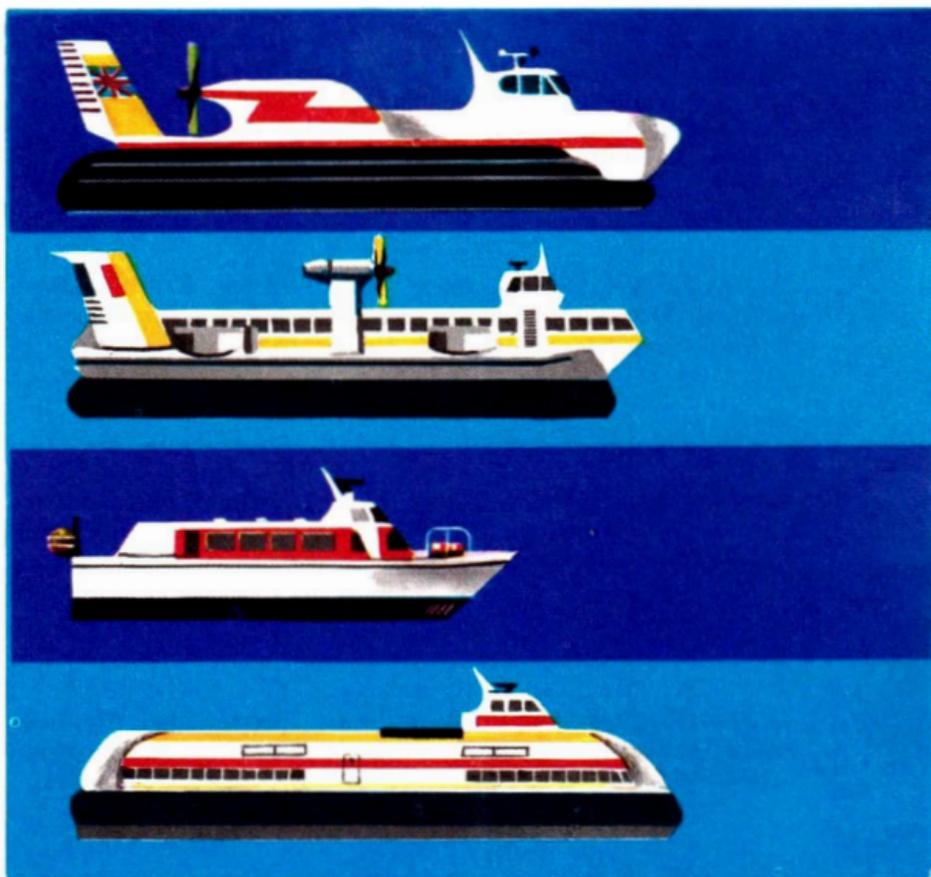
SR.N6 (England, 1965). Länge: 14,8 m. Breite: 7,0 m. Gesamtmasse: 10,8 t. Nutzlast: 38 Personen. Leistung: 910 PS. Geschwindigkeit: 90 km/h

liegen deshalb erst bei 50 bis 75 km/h. Nach den bisherigen Erkenntnissen sind hohe Geschwindigkeiten vor allem mit amphibischen Luftkissenschiffen zu erreichen, die durch Luftschrauben oder Strahldüsen angetrieben werden.

Geschwindigkeiten von 80 bis 150 km/h sind als recht beachtliche Ergebnisse zu werten.

An dieser Stelle scheint es erforderlich zu sein, auf die benötigten Antriebsleistungen zu verweisen. Bei einem Luftkissenschiff sind je t Gesamtmasse etwa 80 bis 130 PS an Antriebsleistung zu installieren. Man hofft, bei zukünftigen sehr großen Luftkissenschiffen für den Hochseeverkehr diesen Wert auf 40 PS pro t Gesamtmasse senken zu können. Noch weniger scheint kaum erreichbar zu sein, und der Weg bis dahin ist sehr lang.

Luftkissenschiffe (Tafel II)



Ogleich das Luftkissenschiff ein neues und viel besseres Prinzip zur Erzielung hoher Geschwindigkeiten nutzt, ist der erforderliche Energieaufwand gewaltig. In Verbindung damit steht eine ganze Reihe weiterer Probleme. Leistungsstarke Maschinenanlagen sind nicht nur schwer, sondern beanspruchen gleichfalls viel Schiffsraum. Die größten Sorgen bereitet jedoch der erforderliche Brennstoffvorrat, der die Nutzladefähigkeit erheblich einträchtigt. Selbst bei den derzeit größten Luftkissenschiffen sind von 10 t Gesamtmasse nur etwas mehr als 3 t Zuladung. Alles andere gehört zum Fahrzeug und zu den Verbrauchs- und Brennstoffen. Die Aktionsweiten sind dabei noch stark beschränkt und erreichen selten 250 Seemeilen, meistens nur weniger als 100 Seemeilen.

BH.8 (England, 1971). Länge: 29,3 m. Breite 17,1 m. Gesamtmasse: 80 t. Nutzlast: 280 Personen. Leistung: 2 · 3400 PS. Geschwindigkeit: 140 km/h

N.300 (Frankreich, 1968). Länge: 25,0 m. Breite: 11,0 m. Nutzlast: 13 t oder 90 Personen. Leistung: 2 · 1500 PS. Geschwindigkeit: 90 km/h

HM.2 (England, 1968). Länge: 15,5 m. Breite: 6,1 m. Gesamtmasse: 16 t. Nutzlast: 60 Personen. Leistung: 2 · 320 PS + 180 PS. Geschwindigkeit: 65 km/h

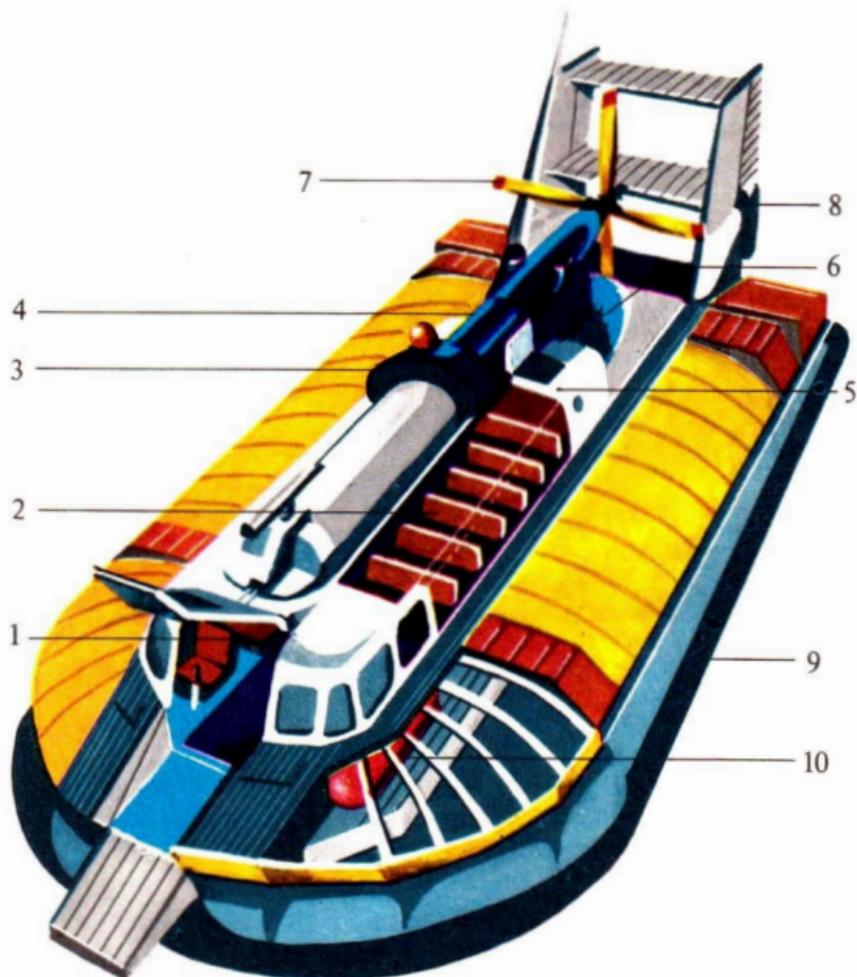
VT 1 (England, 1969). Länge: 29,1 m. Breite: 13,6 m. Gesamtmasse: 77 t. Nutzlast: 148 Personen und 10 Autos. Leistung: 2 · 1850 PS. Geschwindigkeit: 75 km/h

Die Entwicklung und Anwendung des Luftkissenschiffes bei der Lösung praktischer Verkehrsaufgaben gestalten sich somit, wie schon mehrfach in anderem Zusammenhang erwähnt, als ein vorrangig transportenergetisches Problem. Die Nutzung der Kernenergie bietet sich für zukünftige große Luftkissenschiffe an. Die heutigen Luftkissenschiffe müssen allerdings noch mit den zur Zeit üblichen Antriebsanlagen auskommen.

Luftkissenschiffe gibt es bereits in relativ großer Anzahl. Aus der recht breiten Typenvielfalt wurden auf unserer Tafel einige mit ihren wichtigsten Daten zusammengestellt. Darüber hinaus wurde noch eine Vielzahl kleinerer Luftkissenboote gebaut, die hauptsächlich der Forschung oder ganz speziellen Verwendungszwecken dienen. Vor allem in den USA geschieht die Entwicklung von Luftkissenschiffen fast ausschließlich im Interesse ihrer militärischen Verwendung. So wurden beispielsweise von den US-Militärs im Krieg gegen die Streitkräfte der RSV mit Maschinengewehren bestückte Luftkissenschiffe im Mekongdelta eingesetzt. Aber auch diese konnten den Sieg des vietnamesischen Volkes über die amerikanischen Aggressoren nicht verhindern.

Hier soll die Rede von den Entwicklungen sein, die der Befriedigung ziviler Transportbedürfnisse dienen. Ein recht gutbekannter Typ ist das sowjetische Luftkissenschiff »Sormowitsch«, das 50 Passagieren Platz bietet und mit 120 km/h über die Wasseroberfläche dahinjagen kann. Dieses Fahrzeug ist vor allem für den Einsatz auf den großen sowjetischen Flüssen und Seen entwickelt worden. Der Antrieb erfolgt durch Gasturbinen, die das Gebläse und die Luftschrauben antreiben. Mit diesem Fahrzeug ist es auch möglich, vereiste Wasserflächen zu befahren. Ein in England, den USA und Japan seit einigen Jahren eingesetzter Typ ist das von britischen Firmen entwickelte Luftkissenfahrzeug SR.N 6. Mit 38 Fahrgästen vermag es bei glatter See eine Geschwindigkeit von 90 km/h zu erreichen.

Das nun schon seit 1968 immer noch größte Luftkissenschiff gehört der »Mountbattom«-Klasse an. Dieses in England gebaute, auch unter der Firmenbezeichnung SR.N 4 bekannt gewordene Fahrzeug kann fast 260 Fahr-



Luftkissenfahrzeug SR.N 6 im »Röntgenbild«

1 – Führerstand, 2 – Fahrgastkabine, 3 – Lufteintritt, 4 – Gasturbine, 5 – Hauptbrennstofftank, 6 – Hubventilator, 7 – Antriebspropeller, 8 – Luftführungseinrichtungen, 9 – flexible Schürzen, 10 – Brennstoff-, Ballasttanks

gäste und 30 PKW in etwa einer halben Stunde von Dover nach Calais über den Ärmelkanal befördern.

Interessant ist, daß jede der vier Gasturbinen gleichzeitig eine Luftschaube für den Vortrieb und ein Gebläse für die Erzeugung des Luftpolsters antreibt. Bei diesem Typ wurde nicht nur an die Erzielung hoher Fahrgeschwindigkeiten, sondern auch an eine schnelle Abfertigung gedacht.



Luftkissenschiff BH 7 für Einsatzzwecke in der Küstenwacht und für Sonderaufgaben

Durch seine amphibischen Eigenschaften kann es auf das flache Ufer fahren. Über Bug- und Heckklappen können Fahrzeuge und Personen schnell und unkompliziert an bzw. von Bord gelangen.

Über die Betriebseigenschaften und die ökonomischen Ergebnisse dieser nun schon seit mehreren Jahren im Einsatz befindlichen Luftkissenschiffe des Typs »Mountbattom« gibt es sehr widersprüchliche Angaben. Das ist vor allem darauf zurückzuführen, daß diese zweifellos hoch einzuschätzende wissenschaftlich-technische Leistung zur Entwicklung schneller Wasserverkehrsmittel in erster Linie dem Profit dienen soll. Dazu wird ein harter Konkurrenzkampf zwischen Reedereien konventioneller Fährschiffe und denen der neuen Luftkissenschiffe geführt, wobei es um den Erhalt bzw. die Eroberung von Verkehrsanteilen geht. Unter diesen dem kapitalistischen System wesenseigenen Bedingungen der Planlosigkeit und Vergeudung gesellschaftlicher Arbeit ist nicht die bessere Befriedigung der Verkehrsbedürfnisse, sondern die Höhe des Profits der Maßstab für den Erfolg wissenschaftlich-

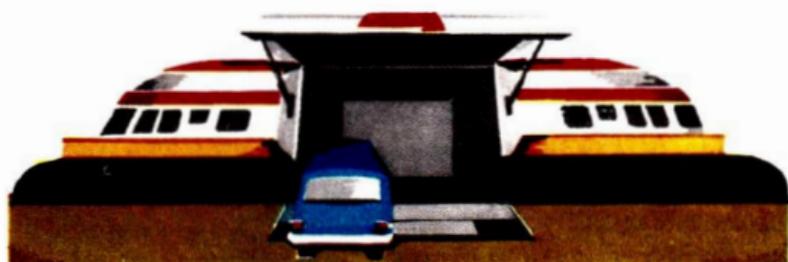
technischer Leistungen im Verkehrswesen. Und aus verschiedenen Informationen ist zu entnehmen, daß die Höhe des Profits die Aktionäre noch nicht befriedigt.

Die Bauwerften für Luftkissenschiffe in den kapitalistischen Ländern, vor allem in England und Frankreich, suchen nach neuen Verwendungsmöglichkeiten für ihre Fahrzeuge und nach rationelleren Typen. Neben der Verwendung für militärische Zwecke sind die hohen Geschwindigkeiten der Luftkissenschiffe auch in der Küstenwacht, beim Zoll, beim Feuerlöschdienst und dergleichen gefragt. Für Wattenmeere oder flache, versandete Flußmündungen und ähnliche Einsatzgebiete stellen Luftkissenboote und -schiffe nicht nur die schnellsten, sondern wohl auch die praktisch einzigen Verkehrsmittel dar. Es gibt noch genügend Gegenden auf der Erde, die möglicherweise nur durch Luftkissenfahrzeuge erfolgreich an die bestehenden Verkehrsnetze angeschlossen werden können. Voraussetzung ist dabei stets, daß ein Verkehrsbedarf vorhanden ist.

Unter diesen Bedingungen stellt lediglich der Hubschrauber eine Alternative zum amphibischen Luftkissenfahrzeug dar, wobei allerdings der transportenergetische Aufwand beim Hubschrauber noch weit über dem des Luftkissenfahrzeugs liegt.

Die Suche nach rationelleren Luftkissenschiffstypen hat zu weiteren interessanten Entwicklungen geführt. Dazu gehören das britische Luftkissenschiff VT 1 und seine Nachfolger. Das für die Beförderung von Passagieren und PKW im Fährverkehr eingesetzte Fahrzeug kann als halb-amphibisches Luftkissenschiff bezeichnet werden. Es hat

Luftkissenschiff VT 1 beim Beladen

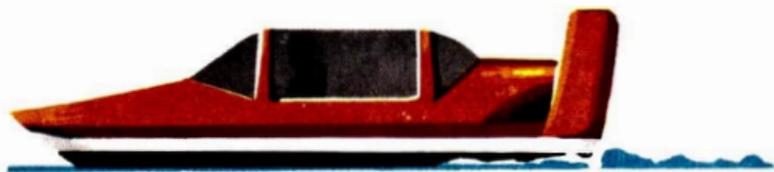


ebenfalls eine flexible Schürze zur Abströmbegrenzung für die Luft aus dem Polster. Anstatt der bei amphibischen Luftkissenschiffen üblichen Luftschrauben wird es jedoch durch Wasserschrauben angetrieben. Dadurch hat es zwar die Eigenschaft verloren, über Land fahren zu können, aber einige andere Vorzüge gewonnen. Der Wirkungsgrad der Wasserpropeller ist höher als der der Luftpropeller, so daß der erforderliche Leistungsaufwand für die Antriebsanlage gesenkt werden konnte. Ganz wesentlich ist die weitaus geringere Lärmbelästigung durch die Wasserpropeller, sowohl im Fahrzeuginnern als auch für die Umgebung. Dieser Fahrzeugtyp wird als sehr wirtschaftlich bezeichnet. Das ist vor allem auf die geringere Antriebsleistung für die relativ niedrige Geschwindigkeit von 70 bis 75 km/h zurückzuführen.

Noch weitere Abstriche im Hinblick auf die erreichbaren Geschwindigkeiten wurden mit den Seitenwand-Luftkissenschiffen gemacht. Bei dem englischen Fahrzeug vom Typ HM 2 liegt die spezifische Antriebsleistung unter 45 PS pro t Gesamtmasse. Das ist ein gegenüber den amphibischen, allerdings auch schnelleren Luftkissenschiffen relativ geringer Wert. Das Seitenwand-Luftkissenschiff vom Typ HM 2 wird für den Fährverkehr auf kürzeren und dichtbefahrenen Strecken als sehr wirtschaftlich propagiert.

Das Prinzip der Luftkissenteknik hat aber auch die technisch versierten Liebhaber schneller Motorboote begeistert. Kleinst-Luftkissenboote für Sport und Freizeit scheinen sich wachsender Beliebtheit zu erfreuen. Fraglich bleibt allerdings, ob auch die unbeteiligten, jedoch durch den Lärm der Propeller und Gebläse belästigten Anlieger das entsprechende Verständnis für derartige Hobbys aufbringen können.

Das Luftkissen scheint, wie wohl kaum ein anderes Prinzip, der Schifffahrt die Möglichkeit zu bieten, die Geschwindigkeitsschranken zu durchbrechen. So nimmt es nicht wunder, daß die Phantasie auch bei diesen Fahrzeugen den praktischen Möglichkeiten wieder weit voraus-eilt. Schon Anfang der sechziger Jahre gab es Presseinformationen über Projekte gewaltiger Luftkissenschiffe von mehreren tausend Tonnen Gesamtmasse, die mit 150



Kleinst-Luftkissenboot

bis 250 km/h den Atlantik überqueren würden. Vor allem aus den USA kamen Vorschläge großer und schneller Flugzeugträger und anderer Kriegsschiffe, die, von Luftkissen getragen, die Weltmeere verunsichern würden. Ebenso gibt es Projekte für einen schnellen Containertransport mit Luftkissenschiffen von 4000 bis 5000 t und Geschwindigkeiten bis zu 100 km/h. Zweifellos wäre es technisch möglich, derartige Projekte zu realisieren, zumal das Wirkprinzip bekannt ist. Sie sind also keine Utopie. Da aber die transportenergetischen Anforderungen noch nicht zufriedenstellend gelöst sind, werden diese Projekte wohl nicht so bald Realität werden. Dabei ist es keineswegs ausgeschlossen, daß sich nicht noch andere Lösungen anbieten. Flugapparate beispielsweise sind viel schneller als Schiffe. In ihrer Tragfähigkeit reichen sie jedoch bei weitem nicht an die Seefahrzeuge heran. Kühne Überlegungen laufen darauf hinaus, die Vorzüge beider Verkehrsarten zu vereinen.

Fliegende Schiffe am Horizont

Bei der Betrachtung zur Geschwindigkeitssteigerung in der Schifffahrt bildete das Verdrängungsschiff den Ausgangspunkt. Dabei zeigte sich, daß die aussichtsreichsten Möglichkeiten für eine schnellere Fortbewegung auf dem Wasser darin bestehen, daß sich Schiffe aus ihrem nassen Element erheben. Es liegt also nahe, daß sich am Ende der Betrachtungsfolge Gleitboot – Tragflügelschiff – Luftkissenschiff nunmehr das fliegende Schiff einfindet.

Vorstellungen zum fliegenden Schiff hat bereits Jules Verne entwickelt, und manch einer mag auch geneigt sein, diese Bezeichnung nur als Synonym für Luftschiffe zu

halten. Jedoch haben fliegende Schiffe mit Luftschiffen weder Gemeinsamkeiten noch Ähnlichkeiten hinsichtlich ihres Wirkprinzips oder ihrer Konstruktion.

Fliegende Schiffe sind eher flach fliegenden Flugzeugen besonderer Bauart vergleichbar. Der Idee zur Entwicklung derartiger Transportmittel liegt eine physikalische Erscheinung zugrunde, die als dynamischer Bodeneffekt bezeichnet werden kann. Bei der Bewegung eines Tragflügelprofils parallel zur Wasseroberfläche oder einer anderen ebenen trockenen Fläche sind die Auftriebskräfte um so höher, je dichter sich der Tragflügel der Wasseroberfläche nähert. Daraus ergibt sich gegenüber dem Flugzeug der Vorteil, daß der Leistungsaufwand zur Erhaltung des Flugzustandes beim fliegenden Schiff wesentlich geringer sein kann. Bildet man einen Wert für die dynamischen Auftriebs-eigenschaften eines Fahrzeuges, so ist dieser bei fliegenden Schiffen etwa anderthalbmal größer als beim Flugzeug, mehr als doppelt so hoch wie beim Tragflügelboot und gegenüber Gleitbooten sogar drei- bis viermal höher. Gegenüber den Luftkissenschiffen bietet das fliegende Schiff gleichfalls Vorteile. Das Luftkissenschiff schwebt auf einem Luftpolster, für das ständig, unabhängig von der Geschwindigkeit, eine bestimmte Gebläseleistung erforderlich ist.

Ganz anders sind die Verhältnisse beim fliegenden Schiff in der Form eines bewegten Tragflügels. Bei einem bewegten Tragflügel nimmt der Auftrieb mit dem Quadrat der Geschwindigkeit zu. Je schneller dieser Tragflügel wird, desto kleiner wird der Leistungsanteil für den Auftrieb und desto größer der für den Vortrieb.

Der springende Punkt dieses theoretisch so klaren Wirkprinzips besteht in der praktischen Umsetzung; denn der Auftrieb ist nur dann ausreichend groß, wenn bereits eine hohe Geschwindigkeit erzielt wurde. Andererseits hängt die hohe Geschwindigkeit vom Flugzustand dieses Apparates ab, der nur bei einem genügend großen Auftrieb gewährleistet ist. Und damit beißt sich die Katze in den Schwanz.

Aber es geht dennoch! Und zwar durch die recht einfache Methode zusätzlicher Startantriebe, beispielsweise als Düsentriebwerke, die nach dem Übergang in den Flugzustand wieder abgeschaltet werden. Die zusätzlichen

Startantriebe gehören zu den wichtigsten Einrichtungen der fliegenden Schiffe; ohne diese wäre die Nutzung des dynamischen Bodeneffekts nicht möglich.

Da das Wirkprinzip nunmehr bekannt ist, bleibt nur noch die Frage nach dem Entwicklungsstand und der Leistungsfähigkeit der fliegenden Schiffe zu beantworten.

Den ersten Apparat, der zur Kategorie der fliegenden Schiffe zu zählen ist, baute und erprobte der finnische Ingenieur T. Kaario bereits Anfang der dreißiger Jahre. Gleichfalls in dieser Zeit schuf der sowjetische Ingenieur P. J. Grochowski den Entwurf eines fliegenden Schiffes für Transportzwecke. Von diesem ist bemerkenswert, daß dessen grundlegende Entwurfsmerkmale in den meisten der gegenwärtig in vielen Ländern konstruierten fliegenden Schiffe Berücksichtigung gefunden haben. In den vierziger Jahren gab es Experimente in der Schweiz, und seit 1958 werden in den USA Versuche durchgeführt. Erprobungen mit Modellen und Großausführungen von 0,4 bis 4,3 t Gesamtmasse bestätigten Anfang der sechziger Jahre die praktische Nutzungsmöglichkeit dieses Wirkprinzips.

Seit 1963 werden in Odessa am Schiffahrtsinstitut Arbeiten zur Entwicklung fliegender Schiffe getätigt. Ein Ergebnis ist das einsitzige Fahrzeug »OIIMF-2«, mit dem Geschwindigkeiten von 110 km/h erzielt wurden.

Die Mehrzahl der Versuchsgeräte wie der Projekte weist prinzipiell gleiche Konstruktionsmerkmale auf. Sie ähneln einer tragflügelförmigen Scheibe, die an ihren seitlichen Enden jeweils einen Schwimmer besitzt. Damit ist die Konstruktion einem Katamaran vergleichbar. Hinzu kommen Antriebe, Steuereinrichtungen, Kabinen und derglei-

Fliegendes Luftkissenschiff mit dynamischem Bodeneffekt



chen. Neben dieser scheibenartigen Konstruktion gibt es dann noch die einem Flugzeug ähnelnde. Bei dieser befinden sich – in der bekannten Weise – seitlich am Flugzeugrumpf mächtige Tragflügel.

Die mit Hilfe von Versuchsmustern bisher erzielten Geschwindigkeiten überschreiten jedoch die der Luftkissenschiffe nicht. Eine weitere Geschwindigkeitssteigerung wäre nur zusammen mit einer Fahrzeugvergrößerung möglich und sinnvoll. Das aber setzt die wirtschaftlich zufriedenstellende Lösung des Energieproblems voraus.

Derzeitig existiert noch kein einziges fliegendes Schiff, das sich zur Lösung praktischer Transportaufgaben eignen würde. Dennoch vermuten Experten, daß in kommenden Jahrzehnten auf den großen transozeanischen Schifffahrtsrouten fliegende Schiffe verkehren werden. Erwartet werden fliegende Schiffe mit Geschwindigkeiten von 300 bis über 500 km/h. Während bei den gegenwärtigen Versuchsmustern noch Antriebsleistungen von 100 bis 380 PS pro t Gesamtmasse zu installieren sind, hofft man in ferner Zukunft mit 20 bis 70 PS pro t auszukommen. Von der Senkung des erforderlichen Transportenergieaufwandes wird es im wesentlichen abhängen, ob unter Ausnutzung des dynamischen Bodeneffekts ein neues Transportmittel eingeführt werden kann. Die fliegenden Schiffe wären dann sicherlich die schnellsten Transportmittel im Seeverkehr. Ob es aber dazu kommt, ist noch völlig ungewiß.

Kann man auf Schienen noch schneller fahren?

Wenn es um Reisegeschwindigkeiten geht, verdienen die Schienenfahrzeuge besonderes Interesse. Im Gegensatz zu den mehr oder weniger frei beweglichen Schiffen und Flugzeugen ist im Schienenverkehr die Reisegeschwindigkeit in ihrer Entwicklung nicht nur durch die Fahrzeuge, sondern auch durch die Schienenwege mit ihrer Beschaffenheit und Gestaltung bedingt. Dabei sind Rad und Schiene die Elemente *eines* technischen Systems und aufeinander abgestimmt. Aber selbst damit sind die kom-

plizierten Wechselbeziehungen bei der Erhöhung der Reisegeschwindigkeiten auf dichtbefahrenen sowie vom Reise- und Güterverkehr gleichermaßen benutzten Strecken nicht umrissen. Außerdem ist mit der Bezeichnung Schienenverkehr sowohl der Nah- als auch der Fernverkehr erfaßt, und zwischen diesen beiden gibt es erhebliche Unterschiede.

Gemeinsam ist allen Schienenfahrzeugen die gegenüber Kraftfahrzeugen des Straßenverkehrs geringere Radreibung. Damit verbunden ist der Vorzug des geringeren transportenergetischen Aufwandes. Weiterhin bietet die durch die Schienenspur bewirkte zwangsweise Bahnführung unter anderem günstige Voraussetzungen zur Beherrschung hoher Fahrgeschwindigkeiten.

Auf der Grundlage dieser Erkenntnisse begann vor etwa 140 Jahren die Eisenbahn das Verkehrswesen zu revolutionieren. Im Reiseverkehr wurde nach und nach die Postkutsche abgelöst, und im Güterverkehr lief die Eisenbahn der Binnenschifffahrt in vielen Ländern den Rang ab. Eine ähnliche Entwicklung gab es später nach der Einführung des elektrischen Fahrmotors in den großen Städten, wo elektrische Schnellbahnen und Straßenbahnen zunehmend das Verkehrsgeschehen bestimmten. Inzwischen ist in vielen Großstädten, vornehmlich in denen kapitalistischer Länder, die Straßenbahn aus dem Stadtbild verschwunden. Es sind vorwiegend Autobusse, die an ihre Stelle getreten sind. Die Eisenbahn hat längst nicht mehr den unangefochtenen ersten Rang im Reise- und Güterverkehr. Der Kraftverkehr gewinnt auch hier immer mehr an Einfluß.

Wird der Kraftverkehr dank seiner Leistungsfähigkeit und Schnelligkeit die Eisenbahnen überflügeln? Diese Frage stellt sich vor allem dann, wenn man von dem ernsthaften Konkurrenzkampf zwischen Eisenbahn und Kraftverkehr sowie auch anderen Transportzweigen in den kapitalistischen Industrieländern Kenntnis hat. Die sich dabei herausbildenden Positionen und Rangfolgen einzelner Verkehrsträger und Verkehrsmittel sind allgemein nicht als Ausdruck der Nutzung des wissenschaftlich-technischen Fortschritts für die ganze Gesellschaft, sondern als Ergebnis kapitalistischen Profitstrebens zu werten. Grundsätzlich verschieden dazu vollzieht sich die

Entwicklung der Verkehrssysteme in den sozialistischen Staaten, in denen der wissenschaftlich-technische Fortschritt im Rahmen eines einheitlichen sozialistischen Verkehrswesens, der sozialistischen Gesellschaft zum Nutzen, planvoll durchgesetzt wird.

In diesem Zusammenhang sei nochmals darauf verwiesen, daß es bestimmte technische Entwicklungstendenzen und Erscheinungen gleichermaßen im Verkehrswesen sozialistischer und kapitalistischer Länder gibt. Diese sind jedoch in ihrer Bedeutung für die werktätigen Menschen nicht gleich; denn auch die Verkehrstechnik dient verschiedenen politischen Zielstellungen. Das gilt auch für die nachfolgend zu betrachtenden Ideen, Vorschläge und Leistungen der Ingenieure und Arbeiter in den kapitalistischen Ländern zur Entwicklung und Einführung neuer, vor allem schnellerer Schienenverkehrssysteme. Bei aller Wertschätzung dieser wissenschaftlich-technischen Leistungen sind hier die eigentlichen Triebkräfte in der Profitwirtschaftung und nicht etwa im Bemühen um den sozialen Fortschritt zu sehen.

Umfangreiche Arbeiten für einen immer schnelleren Schienentransport sind in den sozialistischen Staaten einerseits darauf gerichtet, die mit unserem heutigen Zweischienenbahnsystem gegebenen Möglichkeiten zur Geschwindigkeitserhöhung voll auszuschöpfen, und andererseits darauf, neue Wirkprinzipien zur Überwindung der Geschwindigkeitsschranken der konventionellen Eisenbahn zu finden und zu nutzen.

Vom heutigen Zweischienenbahnsystem wird gesagt, daß es im Hinblick auf die erzielbaren Höchstgeschwindigkeiten einer Entwicklungsgrenze entgegenstrebt. Um diese zu überwinden, werden die verschiedensten Balken- oder Einschienenbahnen als Stand- und Hängebahnen sowie auch Rohrbahnen projektiert. Ebenso gibt es aber auch Meinungen, durch Versuche und Projekte gestützt, die der Zweischienenbahn noch erhebliche Geschwindigkeitssteigerungen und eine gegenüber allen neuen Bahnsystemen bessere Wirtschaftlichkeit voraussagen.

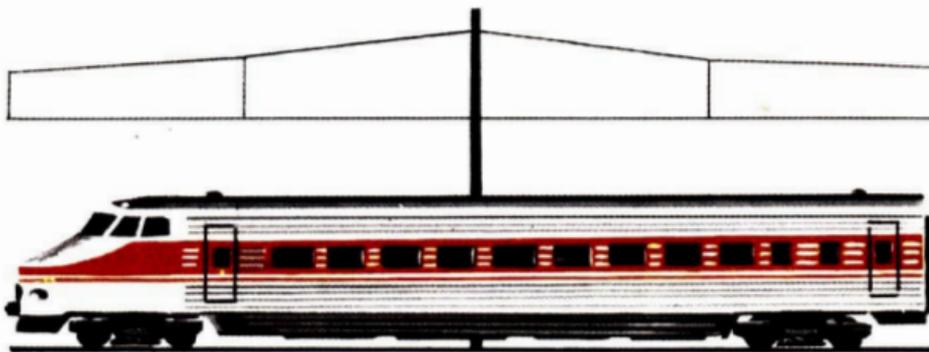
Diesen Meinungsstreit zu führen muß den Experten überlassen bleiben. Hier soll es im weiteren um die Vorstellung von Ergebnissen gehen.

Die Grenzen der Zweischienenbahn

Wie bei allen Transportmitteln, so sind auch bei der Eisenbahn die Geschwindigkeitsgrenzen unter verschiedenen Aspekten zu sehen. Es können physikalische oder ökonomische Grenzen sein. Die physikalische Grenze wird durch technologische und konstruktive Schranken gesetzt. Sie zeigt an, wo das Prinzip der uns bekannten Eisenbahn unter idealisierten Bedingungen hinsichtlich möglicher Geschwindigkeitssteigerungen erschöpft ist. Für die Eisenbahn ist das der Fall, wenn der Haftreibungswiderstand zwischen Rad und Schiene so niedrig ist, daß weder Kraftübertragung noch Bahnführung gewährleistet sind. Diese nur theoretisch interessante Grenzgeschwindigkeit wird aus Sicherheitsgründen schon bei 400 km/h erreicht. Die ökonomische Grenze der Geschwindigkeitssteigerung wird letztlich immer entscheidend dafür sein, wie schnell die Eisenbahnen tatsächlich werden. Unabhängig davon sollen aber die technischen Möglichkeiten betrachtet werden.

Die derzeitigen Eisenbahnen haben einige charakteristische Merkmale, die sich insbesondere auf den Schienenweg beziehen. Das betrifft vor allem die Spurweite, die vor etwa 140 Jahren nach der der alten englischen Postkutsche mit 5 Fuß oder 1435 mm festgelegt wurde. Ein weiteres Merkmal ist das Lichtraumprofil, das die Ausdehnung der Fahrzeuge in Breite und Höhe begrenzt. Hinzu kommt die maximale Achslast als Grenzwert zulässiger Belastbarkeit des Schienenweges mit seinem Unterbau. Und schließlich ist die historisch gewachsene Trassenführung mit ihren Steigungen und Kurven zu nennen, die vor allem die Reisegeschwindigkeit der Züge und auch die Zuglänge stark beeinflusst. Neben der Gestaltung des Schienenweges sind es Probleme, die sich aus dem Zusammenwirken zwischen Rad und Schiene bei der Fortbewegung der Züge ergeben. Dieses System Rad/Schiene hat die Aufgabe, die Abstützung, den Vortrieb und die Bahnführung zu sichern. Dazu wird die Reibung zwischen Rad und Schiene bzw. der Spurkranz des Rades genutzt.

Das System Rad/Schiene in Verbindung mit der Spur-

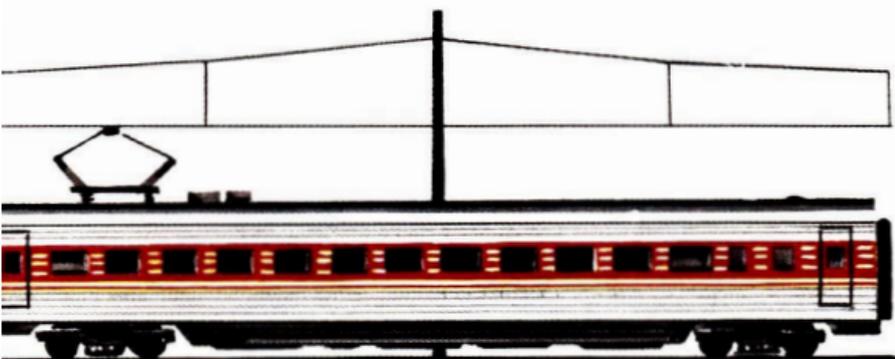


Triebwagen-Expreßzug für Geschwindigkeiten von 200 km/h für die Strecke Moskau–Leningrad

weite und der Linienführung des Schienenweges bestimmen die möglichen Geschwindigkeiten.

Im allgemeinen fahren die Eisenbahnen mit weniger als 140 km/h, wobei aber auch schon 200 km/h erreicht werden. Von großem Einfluß ist hier die Art des Antriebssystems. Rekordhalter ist die französische Eisenbahn, die bereits im Jahre 1955 mit einer E-Lok eine Geschwindigkeit von 331 km/h erzielte. Im praktischen Reiseverkehr wird aber die Tokaido-Bahn in Japan als Spitzenleistung betrachtet, die bis zu 200 km/h erreicht und die 515 km lange Strecke zwischen Tokio und Osaka bei zweimaligem Halten in 3 Stunden und 10 Minuten bewältigt. Das entspricht einer durchschnittlichen Reisegeschwindigkeit von 162 km/h. Auf dieser Tokaido-Linie werden mit den Schnellbahnen, Hikari genannt, jährlich 60 bis 70 Millionen Fahrgäste befördert, die zu einem Teil zu den früheren Benutzern der parallelen Fluglinie gehörten. Aber auch auf der 654 km langen Strecke Moskau–Leningrad wird ein Schnellzugbetrieb mit Geschwindigkeiten von 200 km/h eingeführt, um die Reisenden in weniger als vier Stunden von Stadt zu Stadt zu befördern. Mit der Anlage eines doppelseitigen »Betonzaunes« entlang der Eisenbahnstrecke wird Sorge für eine maximale Sicherung des Zugverkehrs getragen.

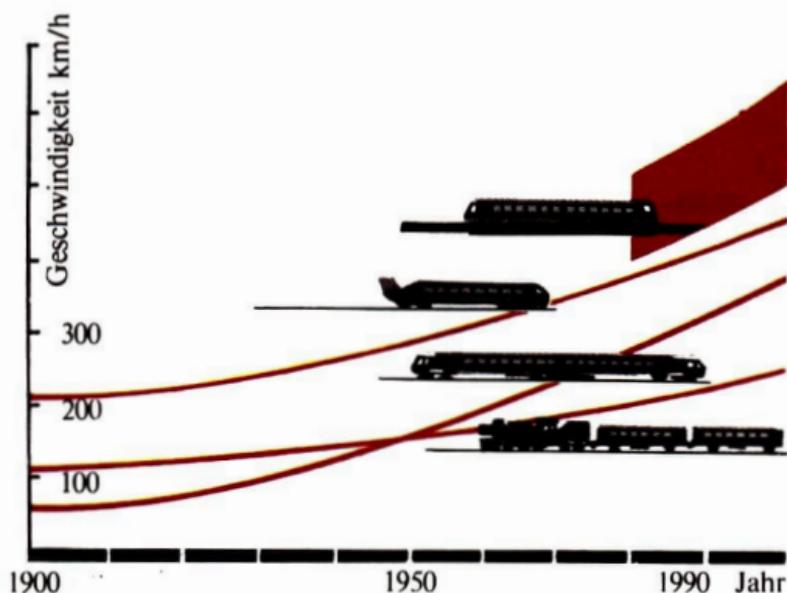
Die Einführung von Schnellzügen mit 200 km/h steht auch in anderen Ländern bevor. Teilweise gehen die Geschwindigkeitsvorstellungen sogar bis 250 oder 300 km/h. Genannt seien die Projekte der Sanyo-Bahn in



Japan und einer Schnellbahn Mailand–Florenz–Rom–Neapel mit Geschwindigkeiten von 250 km/h sowie das Projekt für die Linie Paris – Lyon mit 300 km/h. Bereits diese wenigen Beispiele zeigen, wieviel Beachtung der Weiterentwicklung unserer bekannten Zweischienebahn geschenkt wird. Zu beachten ist aber, daß es sich hier um evolutionäre Entwicklungen zu höheren Geschwindigkeiten handelt, unter Ausschöpfung der noch vorhandenen Reserven eines bekannten Wirkprinzips. Wie unsere Skizze zeigt, ist der Geschwindigkeitszuwachs bei weitem nicht mehr so hoch wie beim Übergang von der Pferdebahn zur Eisenbahn. Dieser Vorgang war allerdings auch mit dem Wechsel eines Wirkprinzips verbunden.

Die Meinungen über die unter heutigen Bedingungen mit einer Zweischienebahn nicht überschreitbaren Geschwindigkeitsgrenzen gehen noch recht weit auseinander. Dennoch weisen sie im allgemeinen auf den Bereich zwischen 240 und 400 km/h hin, sofern sie sich auf die Reisegeschwindigkeit beziehen.

Nicht so sehr in Verbindung mit der Geschwindigkeitssteigerung, sondern mehr zur Erhöhung der Tragfähigkeit als Erfordernis im Gütertransport wurde als Weiterentwicklung der Zweischienebahn ein System mit breiterer Spur, zwischen 3 und 6 m, diskutiert. Damit könnte die Geschwindigkeitsgrenze um einiges nach oben verschoben werden. Viel wesentlicher wäre aber, daß Wagen mit größerem Transportvolumen den Einsatz größerer Behälter ermöglichen. Allerdings würde die Leistungsfähigkeit



Geschwindigkeitsentwicklung der Eisenbahn bei lokomotivbespannten Zügen, Triebwagenzügen, Rekordfahrten und bei künftigen Luft- und Magnetkissenbahnen

gleich so enorm steigen, daß ein solches Verkehrssystem nur auf großen Magistralen mit einem umfangreichen Zubringerverkehr sinnvoll und ökonomisch wäre.

Die Breitspur zwischen 3 und 6 m hat schon viele Projektanten zu kühnen Ideen inspiriert. Danach könnten Züge, von Atomloks gezogen, von einem Ende des Kontinents zum anderen mit Geschwindigkeiten von mehr als 250 km/h dahinjagen. Die Reisewagen würden den Komfort und die Bequemlichkeit eines Luxusdampfers bieten und in keiner Weise an die Enge unserer heutigen Reisezugwagen oder gar an die von Flugzeugkabinen mehr erinnern. So sieht z. B. das amerikanische Projekt der sogenannten Roll-Ways, einer Eisenbahn mit 5,40 m Spurweite für hohe Geschwindigkeiten, Wagen vor, auf denen Kraftfahrzeuge quer zur Fahrtrichtung parken können. Das würde dem Autofahrer bei der Überwindung großer Entfernungen Schnelligkeit und Sicherheit und im Nahverkehr bzw. am Ort hohe Beweglichkeit bieten.

Bisher ist es aber nur bei kühnen Projekten geblieben. Es hat auch nicht den Anschein, daß sich infolge der enorm hohen Kosten daran bald etwas ändern könnte.

Betonbahnen statt Stahlschienen

Eine bereits in Anwendung befindliche und mit dem konventionellen Schienensystem kombinierbare Methode ist die Verwendung von Gummirädern und Betonbahnen anstelle der Stahlräder und Stahlschienen. Seit Jahren, allerdings noch mit Holzbahnen, in der Pariser Metro in Anwendung, zeichnet sich das System Gummirad/Betonbahn durch große Laufruhe, schnelle Beschleunigung und gute Bremsverhältnisse aus. Notwendig ist aber eine besondere Spurführung, z. B. durch eine Leitschiene und horizontale Führungsräder. Man spricht in diesem Falle auch von Leitschienenbahnen. Obgleich hiermit schon wesentliche Nachteile des Systems Stahlrad/Stahlschiene eingeschränkt sind, die in relativ großen Laufgeräuschen, kleiner Haftreibung, mit ihren Grenzen für die Steigungsfähigkeit, die Beschleunigung, die Bremsung und die Geschwindigkeit bestehen, wird offensichtlich das System Gummirad/Beton nicht als sehr zukunftssträftig angesehen. Das liegt daran, daß Schienen und Weichen sehr aufwendig sind und daß es bessere Lösungen gibt. Sicherlich nicht anders einzuschätzen ist der sogenannte Railvan einer amerikanischen Eisenbahngesellschaft. Der Wagen hat stählerne Radsätze für die Fahrt auf den Gleisen der Eisenbahnen und außerdem luftbereifte Räder für die Fahrt auf der Straße.

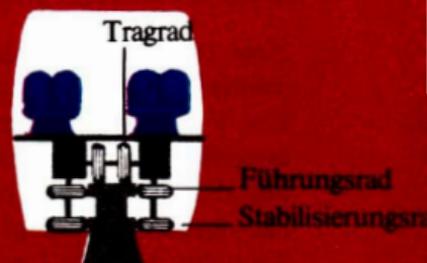
Die gummibereiften Bahnen, wie z. B. die der Pariser Metro, haben sich durchaus bewährt, aber eben nur im Nahverkehr. Durch den viel größeren spezifischen Widerstand des Systems Gummirad/Betonbahn gegenüber Stahlrad/Stahlschiene sind die Höchstgeschwindigkeiten nach praktischen und ökonomischen Erwägungen auf etwa 120 km/h begrenzt. Für Schnellbahnen im Fernverkehr sind andere Lösungen zu suchen. Vorstellungen und Ideen dazu gibt es bereits viele.

Schnellbahnen der Zukunft

Hochleistungsschnellbahnen werden als Luftkissen- oder Magnetkissenbahnen schon jetzt häufig diskutiert. Im Zusammenhang mit derartigen Bahnen wird im allgemei-

Standbahn

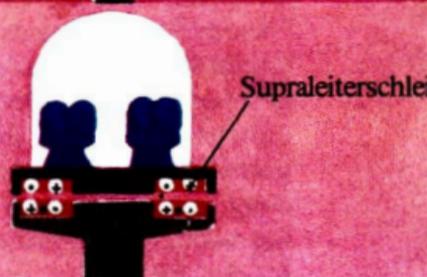
Rad/Schiene



Luftkissen



Magnetkissen

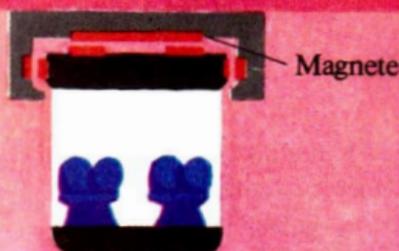
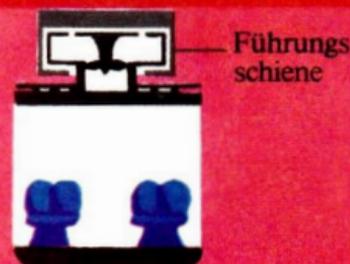
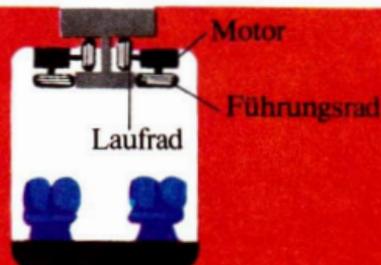


Mögliche Fahrbandabstützung moderner Bahnen

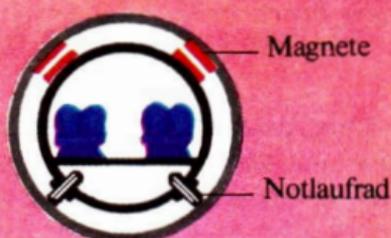
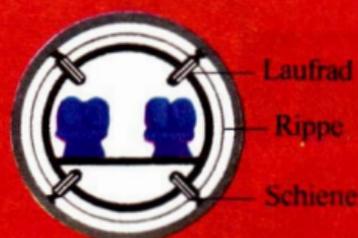
nen von Geschwindigkeiten zwischen 400 und 500 km/h gesprochen. In Extremfällen sind sogar bis zu 1000 km/h vorgesehen. Realistisch scheinen jedoch nur Geschwindigkeiten um 500 km/h zu sein, die auch ausreichen würden, um die Geschwindigkeitslücke zwischen konventioneller Eisenbahn und Flugzeug auszufüllen. Für derartige moderne spurgebundene Verkehrsmittel sind mehrere Bauarten und Wirkprinzipien möglich. Sie können als Stand-, Hänge- oder Rohrbahnen ausgeführt werden und sich auf der Bahn durch Räder, Luftkissen oder Magnetkissen abstützen.

Dadurch ergibt sich ein ganzes Feld von Kombinationen. Bei der Standbahn verändert sich der bei den konventionel-

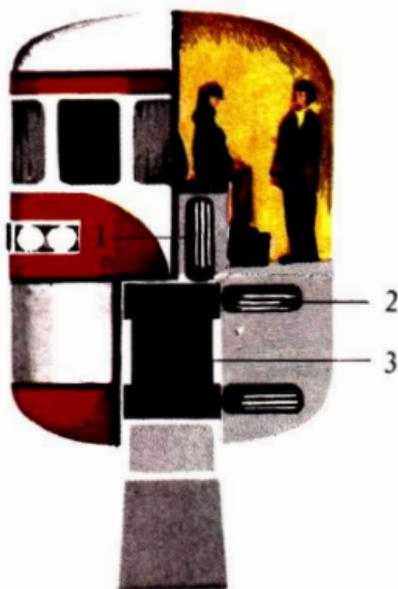
Hängebahn



Rohrbahn



len Eisenbahnen massive Bahnkörper zu einem auf Stützen gelagerten Fahrbahnbalken, auf dem das Fahrzeug aufliegt oder diesen wie mit einem Sattel umfaßt. Vor allem durch die Tragstützen besteht von vornherein die Möglichkeit, diese Bahnen in eine zweite Ebene zu bringen. Der Betrieb kann dann ohne Störung des übrigen Flächenverkehrs erfolgen. Die bekannteste Ausführung einer Einschienenbahn ist die Alweg-Bahn, benannt nach dem schwedischen Industriellen Axel Lenard Wenner-Gren. Auf einem Fahrbahnbalken aus Stahlbeton laufen die Tragräderpaare, die die Abstützung der Wagenlast übernehmen. An den Seiten des Fahrbalkens rollen Führungspaare entlang, die das Abstürzen bzw. Entgleisen der Fahrzeuge verhindern.



Alweg-Bahn

1 – Tragräder, 2 – Leiträder, 3 – Fahrbalken

Kompliziert sind die Weichen einer Einschienenstandbahn, die sehr lang sein müssen und außerordentlich teuer sind. In einigen Städten, so z. B. in Los Angeles, Turin und Tokio, sind Alweg-Bahnen zur Ausführung gelangt. Aber nur in Tokio werden auf einer 13,2 km langen Strecke seit den Olympischen Spielen 1964 die Aufgaben einer Stadtschnellbahn bewältigt. Die Geschwindigkeit liegt bei 80 bis 100 km/h, was für eine Stadtschnellbahn mit häufigem Halten ausreicht. Für den Fernverkehr sind die erreichbaren Geschwindigkeiten zu gering.

Neuartige Hängebahnen finden ihren bekanntesten Vorläufer in der 1901 in Betrieb genommenen Wuppertaler Schwebebahn. Bei dieser Einschienenhängebahn laufen die Tragräder auf einer über den Fahrzeugen befindlichen Schiene. Durch die Zwangsführung der Räder ist Sicherheit gegen Entgleisen gegeben.

Neben der Wuppertaler Schwebebahn gibt es seit 1902 die Hängebahn in Dresden-Loschwitz sowie seit den fünfziger und sechziger Jahren weitere – teilweise nur als Versuchsbahnen betrieben – in japanischen, französischen und US-amerikanischen Städten. Die bekannteste neuere

Ausführung einer Einschienenhängebahn ist die französische Safège-Hängebahn, die im Jahre 1960 auf einer 1,3 km langen Strecke in Betrieb genommen wurde. Das Fahrzeug hängt an einem Fahrgestell, das mit luftbereiften Rädern auf einem als Hohlkörper ausgebildeten Fahrbalcken läuft. Ein Fahrzeug für 123 Personen erreicht mit einer Antriebsleistung von 200 kW eine Höchstgeschwindigkeit von 100 km/h. Umfangreiche Forschungs- und Entwicklungsarbeiten zum Einsatz von Hängebahnen werden in der Sowjetunion getätigt. Dabei wird in erster Linie an die Verbindung der Flughäfen mit den Zentren der Großstädte gedacht.

Eine ganz andere Variante bietet sich mit der Rohrbahn. Ihr wird für die ferne Zukunft eine große Bedeutung vorausgesagt. Vor allem bei der Anwendung neuartiger Antriebssysteme zur Erreichung höchster Geschwindigkeiten könnte die Rohrbahn sehr interessant werden. Zur Zeit gibt es noch keine ausgeführten Rohrbahnen. Bisher bekannt gewordene Vorschläge sehen vor, die Rohrbahn unterirdisch zu verlegen, wodurch keine oberirdische Verkehrsfläche benötigt würde. Ebensogut könnte sie aber auch auf Stützen über der oberirdischen Verkehrsfläche verlaufen.

In sehr kühnen Projekten werden Bauarten vorgeschla-

Wuppertaler Schwebebahn



gen, die mehrere Systeme in sich vereinen, um beispielsweise gleichzeitig Stand- oder Hängebahnen mit Rohrbahnen auf Stützen betreiben zu können.

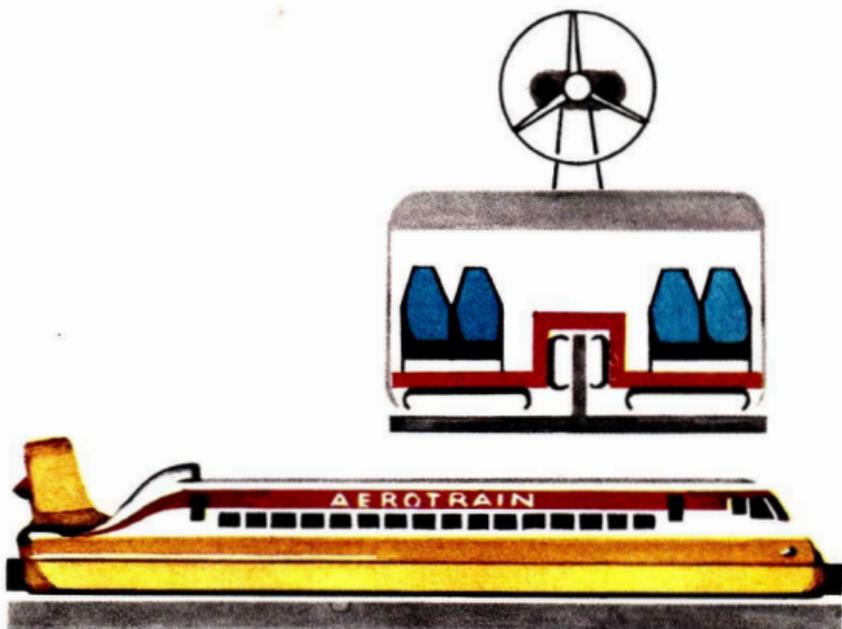
Den verschiedensten Konzeptionen völlig neuartiger Schnellbahnen, deren Geschwindigkeiten weit über denen der Stand- und Hängebahnen liegen sollen, ist gemeinsam, daß das Fahrzeug auf einer besonderen Trasse berührungslos abgestützt wird. Wenn sich aber ein Fahrzeug mit seiner Masse berührungsfrei auf einer Bahn abstützen soll, d. h. ohne maschinenbauliche Elemente, so ist das nur möglich, wenn Luft oder magnetische Felder zu Hilfe genommen werden. Für die praktische Verwendung bieten sich Luftkissen oder Magnetkissen an, um ein Fahrzeug im Schwebезustand über seiner Bahn zu halten. Auch für die seitliche Führung des Fahrzeuges können Luftkissen oder magnetische Felder Verwendung finden.

Wie Luftkissen entstehen, wurde bereits bei den Luftkissenschiffen gezeigt. Bei den Luftkissenbahnen ist es aber ausreichend, daß sich zwischen Fahrzeugboden und Fahrbahn eine tragfähige Luftschicht von nur 0,1 bis 0,2 kp/cm² Überdruck bildet. Es gibt auch die Version einer Hängebahn, bei der an der Aufhängung ein Unterdruck- »Luftkissen« erzeugt wird.

Unter einem Magnetkissen versteht man die Wirkungen, die durch Abstoßen oder Anziehen magnetischer Felder hervorgerufen werden, wenn sich diese zwischen Fahrzeugboden und Fahrbahnen ausbilden. Der Antrieb derartiger Bahnen kann infolge des Fehlens von Rädern auch nicht herkömmlicher Art sein. Neben Luftpropeller und Strahltriebwerken bieten sich vor allem Linearmotoren an, denen infolge ihrer besonderen Umweltfreundlichkeit und vieler betrieblicher Vorzüge größte Beachtung zuteil werden muß. Außerdem ist es möglich, Schwerkraft oder Impulskraft zum Vortrieb zu nutzen.

Auf Schienen kann man auch schweben

In Frankreich befindet sich der sogenannte Aerotrain, ein Luftkissenzug mit Luftschraubenantrieb, auf einer Versuchsstrecke zwischen Paris und Orleans in Erpro-

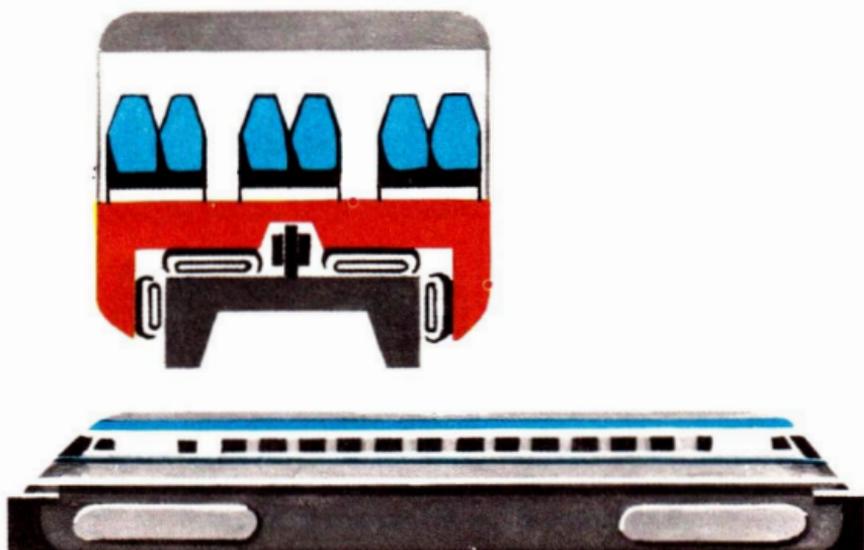


Aerotrain für 80 Personen

bung. Mit einem Modell im Maßstab 1:2 wurde eine Maximalgeschwindigkeit von 422 km/h erzielt. Seit 1969 befinden sich zwei Originalfahrzeuge im Versuchseinsatz. Die für die 113 km lange Strecke Paris–Orleans vorgesehenen Fernbahnen bieten 80 Personen Platz. Ihre Höchstgeschwindigkeit wird mit 300 km/h und die Betriebsgeschwindigkeit mit 250 km/h beziffert. Das Fahrzeug ist 25,6 m lang, 3,20 m breit und 3,30 m hoch.

Getragen wird das 20 t schwere Fahrzeug von einem Luftkissen mit einem Maximaldruck von 42 mbar, das sich über eine Bodenfläche von 48 m² ausbreitet. Zur Erzeugung des Luftkissens befinden sich zwei Axialgebläse an Bord, die durch eine 400-PS-Gasturbine angetrieben werden. Der Vortrieb des Fahrzeugs erfolgt durch einen Verstellpropeller, der sich am Fahrzeugende in einer Ringdüse befindet und von zwei Gasturbinen mit je 1500 PS angetrieben wird.

Die L-förmige Fahrbahn ist 3,40 m breit, besteht aus vorgefertigten Betonteilen und wird durch Betonstützen in 5 m Höhe über der Erdoberfläche geführt. Sie ist ausgelegt für eine Betriebsgeschwindigkeit von 400 km/h.



Hovertrain

Eine andere Version des Aerotrains ist für den Nahverkehr bestimmt. Das ebenfalls als Standbahn ausgeführte Fahrzeug für 44 Personen ist mit einem Linear-motor ausgerüstet und für eine Höchstgeschwindigkeit von 200 km/h und eine Dienstgeschwindigkeit von 180 km/h ausgelegt. Das 14,40 m lange, 2,75 m breite und 3,10 m hohe sowie 11,5 t schwere Fahrzeug wird von einem Luftkissen getragen, das durch zwei Axialgebläse mit einem 525-PS-Motor als Antrieb gespeist wird. Der den Vortrieb bewirkende Linearmotor hat eine Leistungsaufnahme von 400 kW. Die 2,8 m breite Fahrbahn besteht aus Asphaltbeton und hat als Induktionsschiene eine 70 cm hohe und 8 cm dicke Mittelschiene aus Aluminium. Zur Zeit verkehrt ein Fahrzeug auf einer 3 km langen Versuchsstrecke bei Gometz.

Mit dem Modell eines sogenannten Hovertrains wurden in Großbritannien Versuche mit einem Linearmotorantrieb gefahren. Von diesem Luftkissenfahrzeug existieren mehrere Projekte mit Fahrzeuglängen von 15 und 30 m, etwa 3 m Breite und 3 m Höhe. Die Erprobung der inzwischen fertiggestellten Fahrzeuge erfolgt auf einer 13 km langen Teststrecke in der Nähe von Cambridge. Getragen werden die Fahrzeuge von einem 10 bis 15 mm dicken Luftkissen,

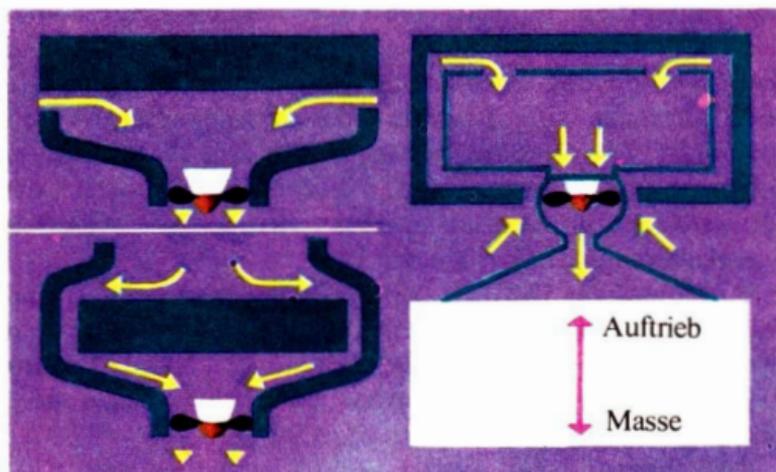
das sich auf einer T-förmigen Fahrbahn abstützt, die vom Hovertrain umfaßt wird. Die Fahrbahn wird auf Stützen bis zu 6m Höhe über der Erdoberfläche getragen. Die Testfahrzeuge sind führerlos und werden elektronisch gesteuert. Die Großausführung ist für eine Geschwindigkeit von 400 km/h ausgelegt. Da die Versuche nicht die gewünschten Ergebnisse brachten, wurden die Arbeiten am Hovertrain 1973 eingestellt.

Auch aus der UdSSR, den USA, Japan, der BRD und Italien kommen Nachrichten über weitere Projekte und Versuchsanlagen für Luftkissen- oder Magnetkissenschnellbahnen. Gegenwärtig ist noch nicht abzusehen, welchem System der Vorzug gegeben wird.

Die spurgeführten Luftkissenbahnen haben ihre Vorläufer in den frei beweglichen Luftkissenfahrzeugen, wobei das Prinzip, Fahrzeuge oder Geräte auf einem Kissen aus Luft gleiten zu lassen, genau das gleiche ist. Die stets glatte Fahrbahn ermöglicht eine äußerst geringe Schwebehöhe, so daß die Abströmverluste aus dem Luftkissen sehr klein gehalten werden können. Bei den glatten Fahrbahnen kommt man auch mit einem sehr geringen Bodenabstand aus, d. h., ein nur dünner Luftfilm reicht zur Erzielung der notwendigen Tragfähigkeit aus.

Ein Luftkissenfahrzeug kann auch durch Sogwirkung in der Schwebe gehalten werden. Wenn ein Gebläse Luft aus einem Raum unterhalb einer Platte absaugt, so wird der Absaugschacht an die Platte gedrückt. Befindet sich der Absaugschacht in einem unten geschlitzten Hohlträger, so wird er beim Absaugen angehoben, wodurch von unten Luft nachströmt und sich der Unterdruck verringert. Es entsteht ein dynamischer Ausgleich ohne Berührung zwischen Platte und Absaugschacht. Somit ist auch die Entwicklung von Luftkissenhängebahnen möglich. Dieses in einem französischen Entwurf angewandte System trägt die Bezeichnung »Dynamac«.

Die zuvor genannten Systeme führen das Gebläse auf dem Fahrzeug mit. Es gibt aber auch die Umkehrung, das Prinzip der pneumatischen Rinne. Dabei wird die Fahrbahn mit einem Ausstrahlgitter für Druckluft versehen. Es ist eine ständige Luftzufuhr durch die Fahrbahn erforderlich, um das Fahrzeug in der Schwebe zu halten. Allerdings sind



Prinzip der Aufhängung bei Luftkissenhängebahnen

Steuerungen möglich, die nur an den Stellen den Luftaustritt öffnen, wo sich das Fahrzeug befindet.

Die Anwendung der Luftkissentechnik bietet für viele Transportaufgaben neue Möglichkeiten. Erwähnt seien hier nur die Rationalisierungsmöglichkeiten im innerbetrieblichen Transport. Luftkissenpaletten oder luftkissengestützte Transportbänder haben aber nichts mit der Forderung nach höheren Geschwindigkeiten zu tun und sind deshalb für das hier behandelte Anliegen nicht interessant.

Neben der schon genannten Luftkissenbahn Aerotrain gibt es eine Reihe weiterer funktionsfähiger spurgeführter Luftkissenfahrzeuge und noch weitaus mehr Projekte. So ist die Aeroglide-Kabine zu nennen, die nach dem Prinzip der Luftrinne betrieben wird. Sie ist für den innerstädtischen Verkehr gedacht und wird als billig, leicht und wartungsfrei angeboten. Vier Personen finden darin Platz und werden schwebend von Haltestelle zu Haltestelle automatisch befördert.

Nicht weniger interessant für den Stadtverkehr ist die Urba-Hängebahn, die nach dem Dynavac-System abgestützt wird. In einer Ausführung in Vollsichtbauweise könnte sie mit einem Platzangebot für 20 Personen bei mehr als 70 km/h ein attraktives Nahverkehrsmittel sein. Diese Urba-Fahrzeuge werden als Hochbahn hängend

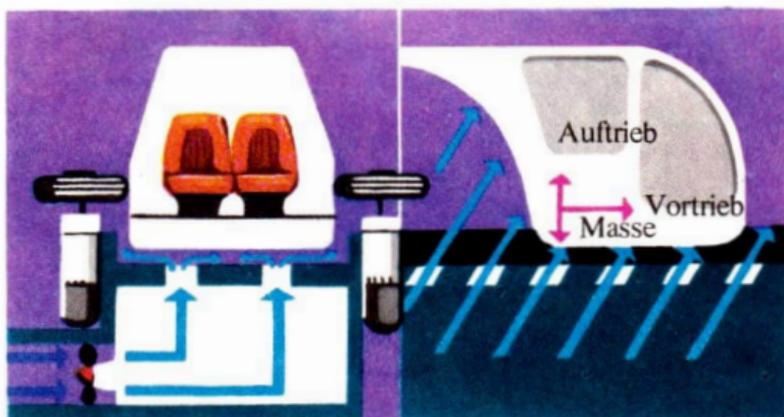
durch ein Vakuum an ihren Fahrbalken gehalten. Dieser ist unten geschlitzt. In seinem Innern wird das räderlose Fahrgestell berührungsfrei geführt. Im Stillstand ruht das Fahrzeug auf dem Unterflansch des Fahrbalkens.

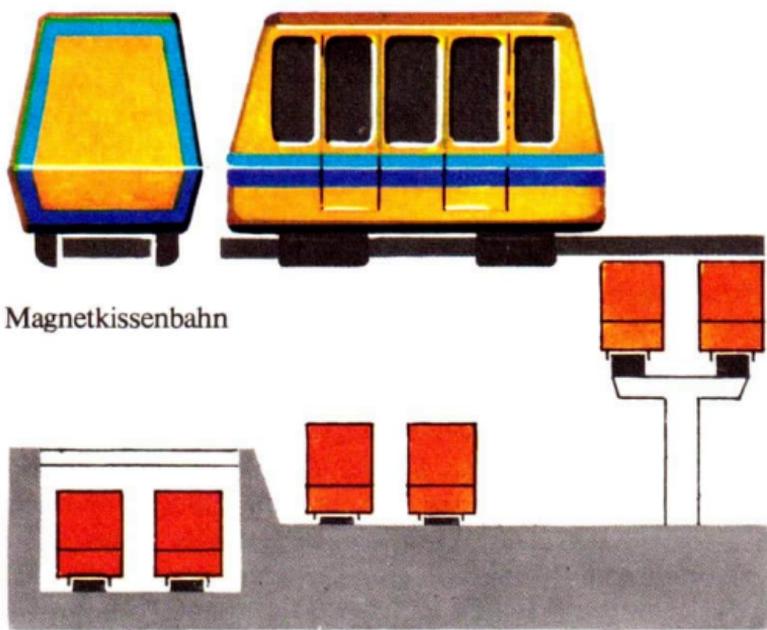
Bei der Versuchsausführung wird durch 16 Saugzugventilatoren mit je 1,5 kW der erforderliche Unterdruck erzeugt. Der Vortrieb erfolgt durch Linearmotoren.

Schließlich sei noch der Levacar von Ford erwähnt. Dieses Vehikel kann kaum noch als Schwebefahrzeug bezeichnet werden; denn die Luftschicht zwischen dem Fahrzeugboden und der Stahlschienenbahn ist kaum millimeterdick. Die Fahrbahn muß äußerst glatt sein. Der Levacar hat perforierte Stahlsohlen, aus denen unter hohem Druck Luft austritt, die zwischen diesen und der Stahlschiene den kaum 1 mm dicken Luftfilm bildet.

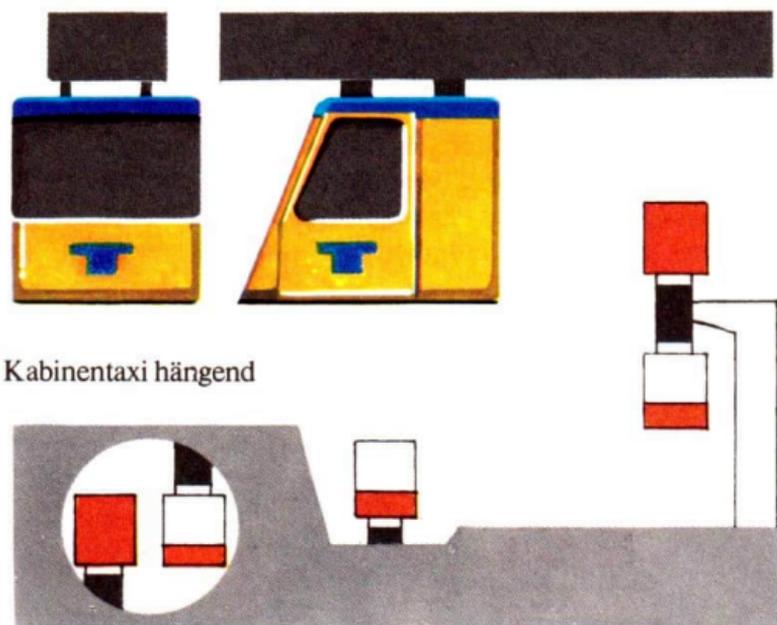
Nach diesem Prinzip soll eine Levacar-Schnellbahn für 40 Passagiere entwickelt werden. Mit einem Turboproptriebwerk von 3100 PS wird eine Geschwindigkeit bis 800 km/h erwartet. Das Fahrzeug soll 20,1 m lang und 3,64 m breit werden und eine Masse von knapp 25 t haben. Es soll auf zwei Metallschienen laufen, die mit hoher Präzision verlegt sein müssen, da ja der Luftkissenspalt nur einige Zehntel Millimeter dick sein soll. Dieses Projekt unterscheidet sich also wesentlich von denen anderer Luftkissenbahnen. Es wäre eine räderlose Zweischienebahn mit den Geschwindigkeiten eines Flugzeuges.

Aeroglide-Kabine



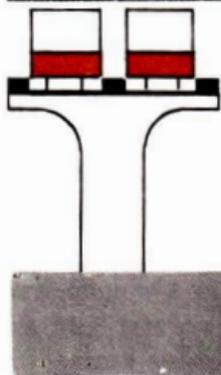


Magnetkissenbahn

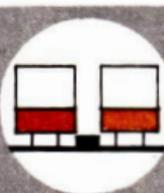


Kabinentaxi hängend

Neue Möglichkeiten für Schnellbahnen



Kabinentaxi auf Rädern



Hängebahn



Die Anwendung der Luftkissenteknik ist bei Schnellbahnen bei weitem noch nicht aus den Versuchsstadien heraus. Sie lassen aber schon jetzt erhebliche Vorzüge gegenüber dem konventionellen Eisenbahnverkehr erkennen. Für die Personenbeförderung sind die erreichbaren hohen Geschwindigkeiten besonders im Fernverkehr sehr interessant. Mit Linearmotor- oder Propellerantrieb sind etwa 500 km/h und mit Düsenantrieb sogar 1000 km/h erreichbar, weil die sonst bei Eisenbahnen notwendige Haftreibung zwischen Rad und Schiene entfällt und nur noch der Luftwiderstand zu überwinden ist. Die Fahrbahnen können einfach und leicht gehalten werden, da infolge der guten Lastverteilung mit dem Luftkissen nur ein geringer Druck auf der Fahrbahn lastet. Allerdings treten bei den hoch aufgeständerten Fahrbahnbalken unangenehme Schwingungserscheinungen auf, denen vorerst nur mit einem engen Stützenabstand begegnet werden kann.

Im Gegensatz zu den frei beweglichen Luftkissenfahrzeugen ist der Energieaufwand für die Erhaltung des Schwebeszustandes recht gering. Durch die glatte Fahrbahn, selbst wenn sie aus Beton besteht, sind die Voraussetzungen für niedrige Luftkissenhöhe, geringe Abströmverluste und damit kleine Ventilatorleistungen gegeben. Deshalb dürfte den Luftkissenbahnen unter allen Luftkissenfahrzeugen wohl die größte Zukunftschance eingeräumt werden. Die Fahrbahnbelastung der Luftkissenbahnen liegt nur bei 70 bis 150 kp/cm². Im Vergleich dazu haben Schienenfahrzeuge 800 000 bis 1 200 000 kp/cm². Selbst Kraftfahrzeuge bringen es noch auf 1 600 bis 300 kp/cm². Bei Luftkissenbahnen sind also geringer Fahrbahnverschleiß und deshalb relativ niedrige Fahrbahnkosten für Bau und Erhaltung zu erwarten. Ein weiterer Vorzug ist das große Steigvermögen der Luftkissenbahnen, wodurch sich eine gute Anpassung an die Geländeverhältnisse ergibt.

Probleme dürften die Weichen mit sich bringen und schließlich der Umstand, daß Luftkissenbahnen wie alle Sonderbahnen nicht in das System bestehender Anlagen eingepaßt werden können, sondern eine Spezialbahnanlage benötigen.

Unbeachtet bleiben darf auch nicht das Lärmproblem.

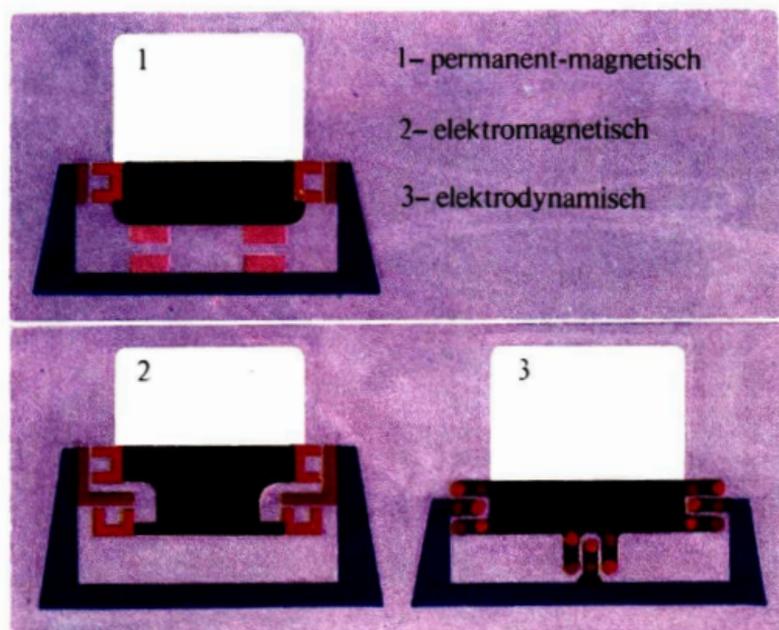
Verdichter und Gebläse, angesaugte und ausströmende Luft sind stets Lärmquellen. Werden gar noch Propeller- oder Düsenantriebe gewählt, dürfte eine recht erhebliche Umweltbelastung kaum zu vermeiden sein. Dabei könnten durch schallisolierte Kabinen die Fahrgäste dennoch angenehm und behaglich dahin»fliegen«.

Magnetfelder sind eine gute Stütze

Der Gedanke, ein Fahrzeug magnetisch abzustützen, geht bis auf die Jahrhundertwende zurück. Aber erst Ende der sechziger Jahre begannen die Ingenieure und Konstrukteure mit der Entwicklung von magnetkissengestützten Fahrzeugen.

Das Magnetkissen hat bei Magnetkissenbahnen die gleiche Funktion wie das Luftkissen bei Luftkissenbahnen. Die erforderlichen Magnetfelder lassen sich durch Dauermagnete, Elektromagnete oder neuerdings auch durch supraleitende Magnetspulen mit sehr sparsamem

Hauptsysteme der Magnetkissenfahrzeuge



Energieverbrauch aufbauen. Danach unterscheidet man bei Magnetkissenbahnen drei Hauptssysteme:

1. Permanentmagnetisches System (PMS),
2. Elektromagnetisches System (EMS),
3. Elektrodynamisches System (EDS).

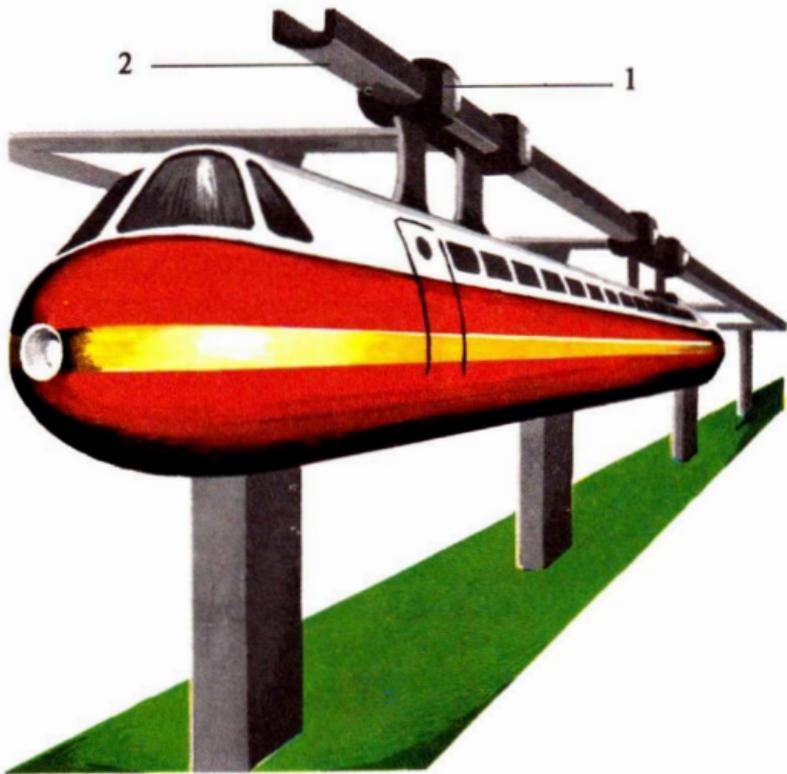
Von einem Magnetkissensystem werden die Erzeugung und Stabilisierung der Schwebekraft sowie die seitliche Spurführung und Abstandhaltung zwischen Fahrbahn und Schiene (Spalthöhe) verlangt. Das Magnetkissen muß auch die Quer- und Längsstabilisierung des Fahrzeuges sicherstellen.

Das erforderliche Magnetfeld läßt sich grundsätzlich auf zweierlei Art erzeugen: als abstoßende Wirkung durch zwei gleichnamige Magnetpole zur Bildung eines »Druckkissens« oder als anziehende Wirkung eines beliebig gepolten Magneten auf ein sogenanntes Ferromagnetikum zur Bildung eines »Sogkissens«.

Beim Prinzip der Abstoßung muß das Fahrzeug einen Magneten mitführen, und die Trag- und Führungsschiene muß als Magnet mit entgegengesetzter Polung ausgeführt

Magnetkissenbahn als Standbahn

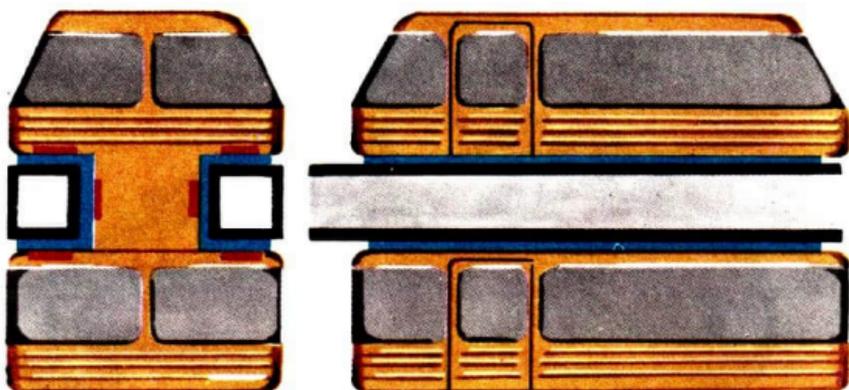




Magnetbahn als Hängebahn (Länge: 30 m)
1 – Linearmotor, 2 – Magnet

werden. Das ist für die gesamte Fahrstrecke erforderlich. Bei Elektromagneten könnte durch ein Regelsystem gewährleistet sein, daß es jeweils nur unter dem Fahrzeug zur Bildung eines Magnetfeldes kommt. Das Prinzip der Abstoßung hat den Vorteil, daß die abstoßende Kraft mit zunehmendem Abstand zwischen Schiene und Fahrzeug automatisch zunimmt. Es ist ein stabiles, sich selbst regelndes System. Nachteilig ist der enorme Aufwand für die Ausbildung der gesamten Strecke als Magnet. Dieses System eignet sich sowohl für Standbahnen als auch für Hängebahnen.

Weniger materialaufwendig, aber komplizierter zu regeln ist das auf der Anziehung beruhende System. Am Fahrzeug angebrachte Elektromagneten werden unterhalb einer eisernen Trageschiene geführt und heben das Fahrzeug beim Einschalten des Spulenstroms an. Damit das



Magnetkissenbahn Double-Magna-Car

Fahrzeug nicht sofort gegen die Schiene gepreßt wird, muß ein elektronischer Regler ständig in Abhängigkeit vom gemessenen Abstand zwischen Schiene und Fahrzeug den Magnetstrom steuern. Das System ist labil, kommt im Gegensatz zu dem obenerwähnten jedoch mit einem geringeren Energieaufwand aus.

Versuchsauführungen von Magnetkissenbahnen lassen hohe Geschwindigkeiten von 300 bis 500 km/h durchaus erwarten. Der in der Sowjetunion in Kiew entwickelte Magnetkissenzug erreicht mit einem Linearmotorantrieb die sehr hohe Geschwindigkeit von 400 km/h. In Japan soll bis 1980 auf der Strecke zwischen Tokio und Osaka ein Magnetkissenzug mit einer Geschwindigkeit von 450 km/h in Betrieb genommen werden. Das in der BRD in Entwicklung befindliche Transrapid-System sieht ein Magnetkissenfahrzeug für 144 Personen mit einer Geschwindigkeit von 500 km/h vor. Der dazu geplante Linearmotorantrieb soll eine Leistungsaufnahme von 8500 kW aufweisen.

Wie die Luftkissenteknik, so läßt natürlich auch die Magnetkissenteknik Entwicklungen für den Nahverkehr aussichtsreich erscheinen. Auf Grund der besseren Umweltfreundlichkeit – es gibt kein Lärmproblem! – könnte ihr sogar der Vorzug gegeben werden.

Unter den Vorschlägen für Magnetkissenbahnen im Nahverkehr ist z. B. die Double-Magna-Car-Schwebbahn sehr interessant. Diese doppelstöckige Magnetkissenbahn fährt auf zwei parallelen hochgeständerten Fahrbahnbal-

ken und gestattet eine optimale Raumausnutzung bei hoher Streckenförderleistung.

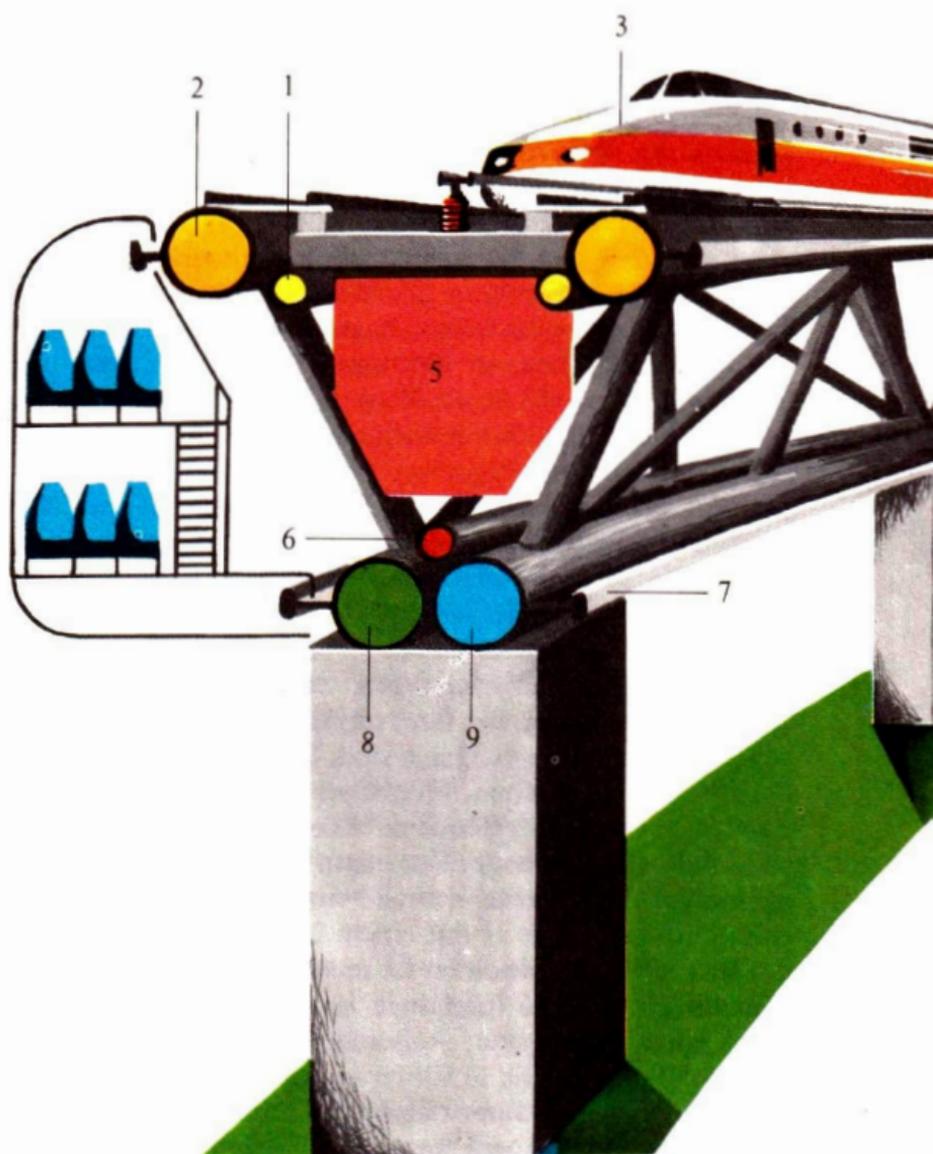
Daß Magnetkissen noch keine größere Bedeutung erlangten und vorerst auch noch kein Einsatz in größerem Umfange zu erwarten ist, liegt vor allem an den hohen Transportweginvestitionen, der schwierigen Einordnung in das bestehende Verkehrsnetz und der komplizierten Weichenausbildung.

Die Entwicklung der Magnetkissenschwebbahnen steht noch ganz am Anfang. Endgültige Urteile über Vor- und Nachteile, über Vergleiche zu Luftkissenbahnen und anderen Schnellbahnsystemen sind noch nicht zu treffen. Die Klärung der Wirtschaftlichkeit, Sicherheit und Umweltbeeinflussung dieser Bahnsysteme muß weiteren Forschungen vorbehalten bleiben.

Im Hinblick auf die erreichbare Geschwindigkeit sind diese Schnellbahnsysteme allerdings sehr interessant. Die physikalische Geschwindigkeitsgrenze für Luftkissenbahnen liegt vermutlich bei 1000 km/h, d. h. knapp unter der Schallmauer, wo mit einem Wegreißen des Luftkissens zu rechnen ist. Magnetkissenbahnen dürften ihre physikalische Geschwindigkeitsgrenze bei der Schallmauer oder gar erst bei der Hitzemauer finden, also dort, wo die Hitzebeständigkeit des Materials unzureichend wird. Noch liegen keine gesicherten Aussagen darüber vor, bei welcher Geschwindigkeit mit einem Zusammenbrechen des Magnetkissens zu rechnen ist.

Bereits diese Überlegungen zeigen, daß neuartige Schnellbahnsysteme von ihrer physikalischen Beschaffenheit her durchaus in der Lage sind, Geschwindigkeiten der Flugzeuge zu erreichen. Möglicherweise können sie dem Reisenden noch mehr Bequemlichkeiten und Reisekomfort bieten als das Flugzeug. Vor allem aber könnten sie dem Reisenden einen Verkehr zwischen den Zentren der Großstädte eröffnen, wie er mit einem Flugzeug wohl niemals möglich wird. Zu beachten ist ferner, daß alle neuartigen Schnellbahnsysteme irgendwie in bestehende Verkehrsnetze einzupassen sind. Außerdem wird es auch künftig zweckmäßig sein, alle Beförderungsaufgaben der Bahnen, also Personen- und Gütertransport, in ihren wechselseitigen Beziehungen zu entwickeln. Deshalb wären auch Trassen

Kombinierte Rad- und Magnetkissenbahn-Trasse
 1 – Zusatzleitungen, 2 – Erdgasleitungen, 3 – Radbahn (250 km/h),
 4 – Schnellbahn (500 km/h), 5 – Containerbahn oder Förderbänder,
 6 – elektrische Supraleitung, 7 – magnetische Trag-, Führungs- und
 Antriebselemente, 8 – Erdölleitung, 9 – Trinkwasserleitung





denkbar, die mehrere Verkehrssysteme in sich vereinen. Inwieweit derartige Entwicklungen einmal zur Verkehrspraxis gehören werden, hängt vom Fortschritt in Wissenschaft und Technik, von den ökonomischen und politischen Verhältnissen ab.

In Rohren kann man auch fliegen

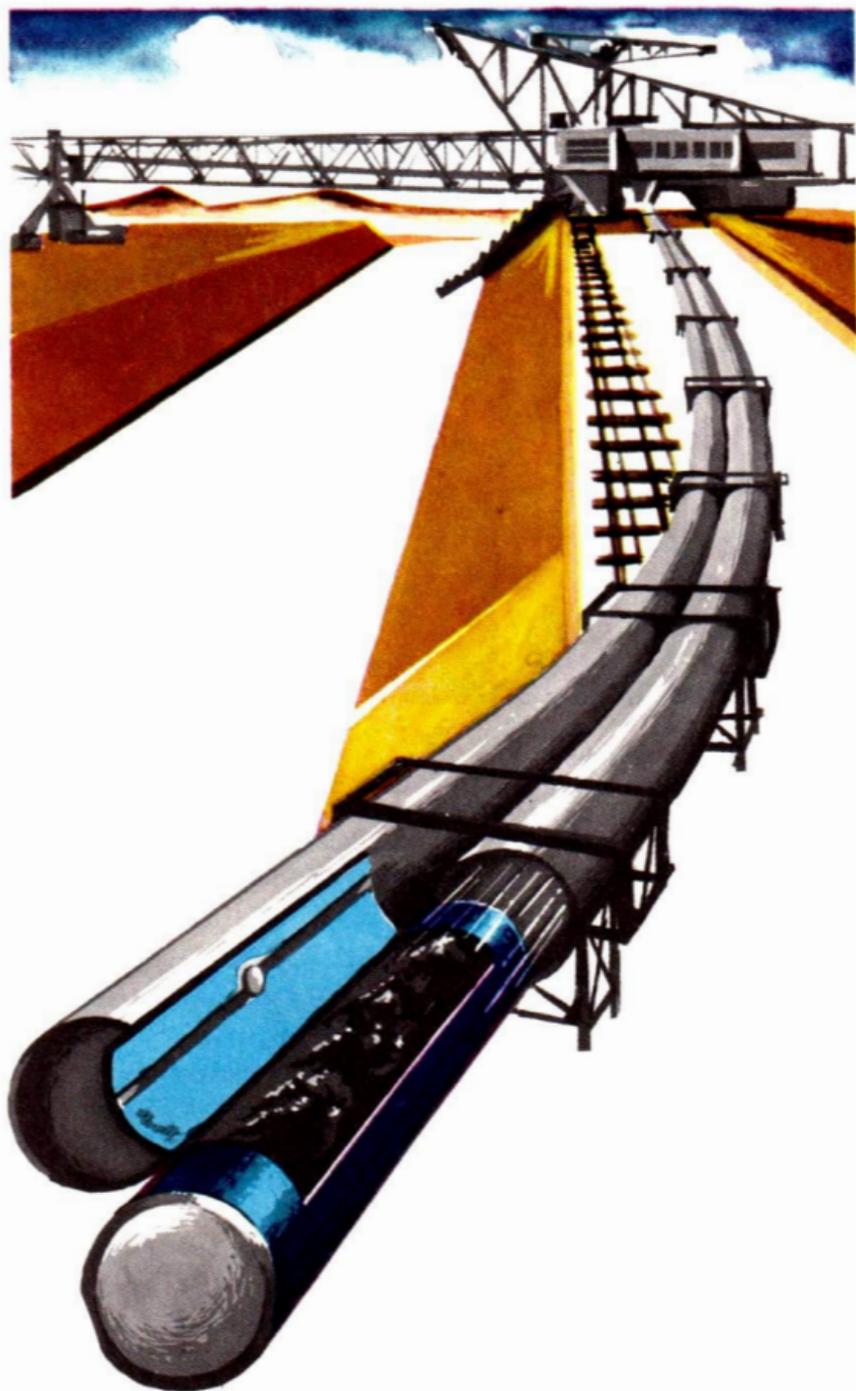
Das System, Rohre für Transportzwecke zu nutzen, läßt sich bis in die Zeit vor zweitausend Jahren verfolgen, als schon Fernwasserleitungen aus hohlen Baumstämmen gebildet wurden. Die großtechnische Herstellung von Rohren in unserer Zeit hat neben die Verkehrsträger

Schifffahrt, Eisenbahn, Kraftverkehr und Luftfahrt den Rohrleitungstransport treten lassen, der schnell anwächst.

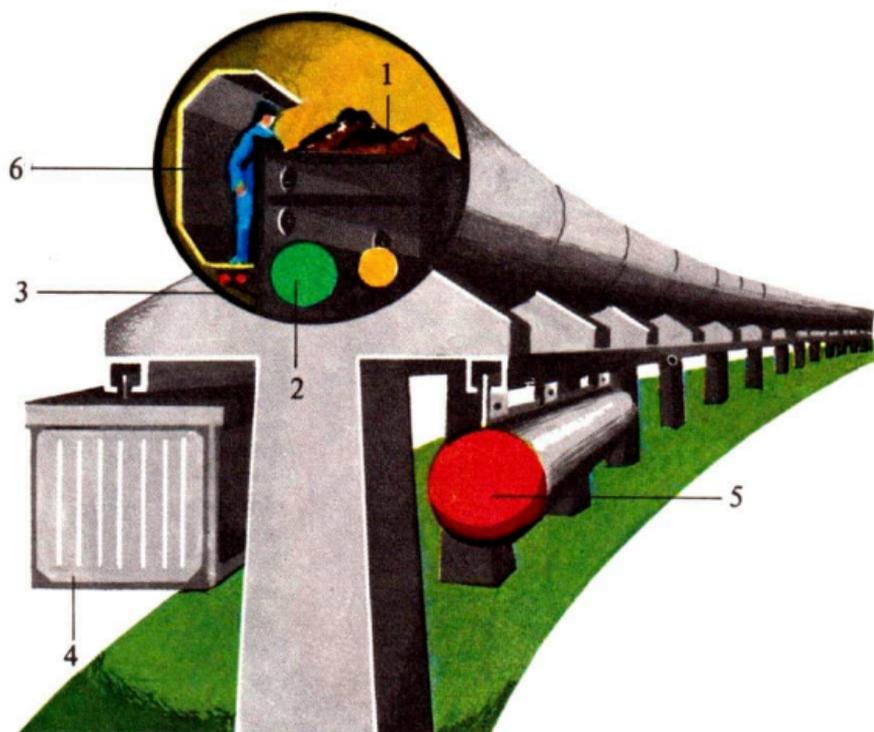
Wer denkt beim Rohrleitungstransport heute nicht an die mit 5500 km längste Erdölleitung der Welt »Freundschaft« oder an die 5000 km lange Erdgasleitung »Nordlicht«? Das gewaltige Fernrohrleitungsnetz der UdSSR erstreckt sich über 110 000 km und wird im laufenden Fünfjahrplan um weitere 60 000 km verlängert. Es ist angesichts dieser Ausmaße und auch der in vielen anderen Ländern quer durchs Land verlaufenden Rohre, wobei in der Sowjetunion bereits Rohre mit mehr als 2 m Durchmesser hergestellt werden, nur allzu verständlich, wenn sich Verkehrsingenieure Gedanken über die Verwendung von Rohrleitungen machen, die über den Erdöl- und Erdgastransport hinausgehen. Dabei stellt der Schüttguttransport in Rohren bereits heute keine Besonderheit mehr dar. Unter Wasserzusatz werden seit Jahren schon Kohle, Erz, Kies und ähnliche Schüttgüter hydraulisch in Rohrleitungen gefördert. Jedoch handelt es sich hierbei praktisch auch um den Transport verflüssigter Güter. Noch ganz am Anfang steht der Transport von Behältern oder gar Zügen in Rohrleitungen.

Sicherlich ist die Rohrpost als Modell für den Großtransport nichtflüssiger Güter in Rohren anzusehen. In Berlin wurde beispielsweise die erste Rohrpost schon 1865 in Betrieb genommen. Auch hat es nicht an Vorschlägen für den Personenrohrtransport gefehlt. Schon 1867 wurde von einem Engländer der Versuch zum Bau einer Großrohrbahn für den Personentransport unternommen. Die gesellschaftlichen Bedürfnisse verlangten jedoch noch nicht nach solchen Lösungen. Heute muß die Einschätzung der Verwendung von Rohrbahnen schon etwas anders ausfallen. Die immer stärker anwachsende Verkehrsdichte im Straßenverkehr und auch in der Luft, die Luftverunreinigungen durch diese Verkehrsmittel und die Umweltbelästigungen durch Lärm lassen die kühnen Projekte der Rohrbahnen in den Bereich der zu diskutierenden Verkehrslösungen von morgen treten.

Die postalischen Rohrbahnen, die es noch heute in mehreren Großstädten der Welt gibt, zeigen aber sicherlich ebensowenig den Weg in die Zukunft für Rohrbahnen



Rohrtransportsystem für Schüttgutcontainer



Mehrzweckmaterialbahn

1 – Zugseilgurtförderer (10 m/s, Rollenabstand 10–15 m), 2 – Pipeline für Rohöl, Produkte oder hydraulische Förderung, 3 – Kabel, Rohrleitungen, 4 – Containerbahn für Stückgut, 5 – Bandzug (Länge: 30 m, Einzelradantrieb, 50 km/h), 6 – Inspektionsfahrzeug mit Elektroantrieb

zur Personenbeförderung wie die schon gebauten Tunnelbahnen. Sollen hohe Geschwindigkeiten erzielt werden, sind andere Lösungen erforderlich.

Tunnelbahnen für den Postguttransport existieren z. B. in München seit 1910, in London seit 1927 und in Zürich seit 1936. Aber sie alle laufen auf Schienen, erreichen Geschwindigkeiten von 12;56 bzw. 16 km/h und sind kein Modellfall für die Zukunft.

Als Schrittmacher zu neuen Rohrtransportsystemen erwiesen sich sowjetische Konstrukteure, die einen Röhrexpreß für Schüttgutcontainer entwickelten. Für den Transport von Kies, Sand und Schotter zum Betonwerk in Tbilissi rollen Spezialcontainer mit 45 km/h durch ein Rohr von 1020 mm Durchmesser. Der aus sechs Spezialcon-

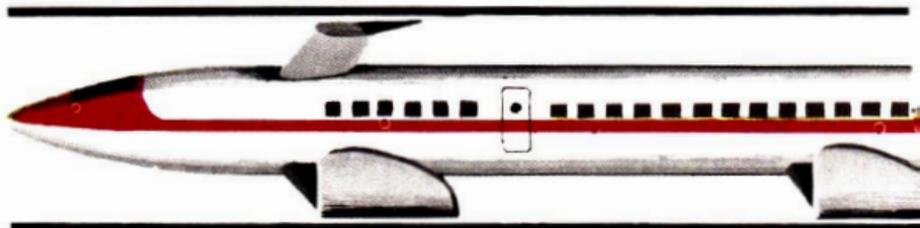
tainern bestehende Zug ist 20 m lang und wiegt 25 t. Zum Vortrieb dieses Zuges wird in der Rohrleitung ein Druckgefälle der Luft vor und hinter den Behältern hergestellt. Für den 25-t-Zug reichen auf horizontaler Strecke 0,1 at und bei einer Steigung bis zu 6 % ein Druckunterschied von 0,3 at aus.

In Japan steht auf der 40 km langen Strecke von Kobe nach Osaka der Bau einer Stückgutrohrleitung bevor. In einem Stahlrohr werden Spezialbehälter für je 2 t Ladung durch Druckluftantrieb mit Geschwindigkeiten von 30 bis 40 km/h befördert.

Rohrbahnen und Mehrzweckmaterialbahnen werden bereits in den nächsten Jahren für spezielle Transportaufgaben immer häufiger zur Diskussion stehen.

Die Anfänge des Großrohrtransportes sind gemacht. Die Ideen der Verkehrsingenieure gehen aber weiter. Nicht die Schienenbahn im Rohr ist der Weg zu hohen Geschwindigkeiten, sondern die schienenlose Bahn, die berührungsfrei im Rohr dahinfliegt. Es gibt Vorstellungen, mit Rohrbahnen dem Flugzeug Konkurrenz zu machen. Vor allem aus den kapitalistischen Ländern, insbesondere aus den USA, kommen immer wieder Vorschläge, die Ausdruck des Konkurrenzverhaltens zwischen den einzelnen Verkehrsträgern sind. Das voranzustellen ist notwendig, da letztlich nur die Projekte von Interesse sind, die die wachsenden gesellschaftlichen Bedürfnisse zu befriedigen vermögen und neue, immer bessere Möglichkeiten des Reisens bieten.

Kühne Vorstellungen führen zu Transportmitteln, die – Projektilen ähnlich – durch ein Rohr schießen. Die sogenannten Luftschlucker (air-gulper) sollen 200 Personen Platz bieten. In einer Nahverkehrsvariante sollen diese Rohrbahnen mit 850 km/h und in einer Fernverkehrsvariante sogar mit 3600 km/h durch die Rohre jagen. Die Schallmauer ist für Rohrbahnen keine Geschwindigkeitsschranke mehr, da es möglich ist, die Rohrleitung zu evakuieren. Viel bescheidener nimmt sich dagegen ein ebenfalls aus den USA kommendes Projekt – Tube Train genannt – aus, das nur für 500 km/h gedacht ist. Bei diesem System wird ein Zug in einem Rohr von 5,4 m Durchmesser durch komprimierte Luft in der Schwebelage gehalten und mit



Rohrzug

500 km/h vorwärts bewegt. Zum Vortrieb soll ein besonderer Propellerantrieb dienen.

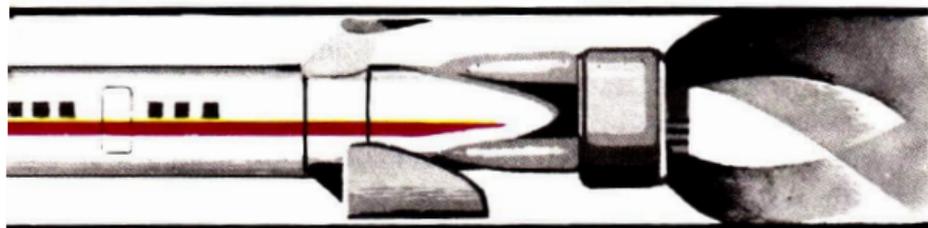
In der Sowjetunion wird untersucht, welchen Nutzen eine »Pneumobahn« einer Großstadt bringen könnte. Als Lösung wäre ein Stahlbetonkanal denkbar, der sowohl unter als auch auf der Erde oder ebensogut auf Stützpfählen liegen könnte. Wird der Luftdruck in den Rohren abgesenkt, beispielsweise auf gleiche Werte wie in 10 000 m Flughöhe, könnten Spezialwagen mit je 125 Personen beachtliche Geschwindigkeiten erzielen.

Die mit Rohrbahnen erreichbaren Geschwindigkeiten hängen von der Luftdichte im Rohr ab. Nichtevakuierte Rohre lassen Geschwindigkeiten nur bis unterhalb der Schallmauer zu. Bei evakuierten Rohren sind Geschwindigkeiten bis zur Hitzemauer theoretisch denkbar, also weit über 3000 km/h.

Voraussetzung zum Erreichen sehr hoher Geschwindigkeiten ist die Beherrschung des Luftdruckes in einem sehr langen Rohr. Ein Vakuum zu erzeugen ist kein unlösbares Problem. Wichtig ist aber, dabei eine hohe Dichtheit des Rohrsystems bei ausreichender Festigkeit zu sichern.

Größere Probleme bringt der Vortrieb der Rohrbahnen mit sich. Zur Auswahl steht eine ganze Reihe von Möglichkeiten. Neben Propeller-, Düsen- und Raketenantrieben werden auch Antriebe vorgeschlagen, die durch Schwerkraft, Luftdruckunterschiede vor und hinter dem Fahrzeug, Linearmotoren oder magnetische Wirkung einen Vortrieb erzeugen.

Oftmals in der Fachliteratur erwähnt wurde bereits der Luftdruck-Kapseltransport. In einer sogenannten Druckluftpipeline werden Kapseln – zunächst für den Güter-



transport, später auch für die Personenbeförderung – durch Druckluft befördert. Die Fluggeschwindigkeiten können recht hoch sein, solange gerade Rohrstrecken durchflogen werden. In Krümmungen werden die Geschwindigkeiten durch die auftretenden Zentrifugalkräfte begrenzt.

Zu den ungewöhnlichen Vorschlägen zählt das Gravity Vacuum Tube-System für den Personenrohrtransport im Nahverkehr. Es handelt sich um ein unterirdisch verlegtes Rohr, das zwischen den Haltestellen mit Gefälle und Steigung verlegt wird. Nach einer Haltestelle geht es abwärts bis zur Talsohle, wo die maximale Geschwindigkeit erreicht wird. Anschließend steigt das Fahrzeug bis zur nächsten Haltestelle, wo seine kinetische Energie verbraucht ist, so daß es zum Stillstand kommt. Damit die Haltestellen stets auf gleichem Niveau liegen können, ist noch ein durch ein Vakuum im Rohr bewirkter Zusatzantrieb erforderlich, der die Verlusthöhen zu überwinden hat. Ein Projekt, dem dieses Prinzip zugrunde liegt, weist bei 4,8 km Haltestellenabstand Höchstgeschwindigkeiten von 320 km/h aus.

Interessanter dürften aber Rohrbahnen für längere Strecken, also für den Fernverkehr, sein; denn die theoretisch hohen Geschwindigkeiten lassen sich im Nahverkehr nicht vorteilhaft nutzen.

Die Vorteile der Rohrbahnen sind unverkennbar. Sie ermöglichen die höchsten erreichbaren Geschwindigkeiten bei einem Maximum an Sicherheit für Fahrzeug und Umgebung. Durch die Evakuierung der Rohre kann der Leistungsbedarf relativ niedrig gehalten werden. Ein weiterer Vorteil des Rohrfluges ist die Abstützwirkung der

Rohrkabine an der Rohrrinnenwand. Analog zum Flugzeug wird sich die patronenartige Kabine im Stillstand und bei geringer Fahrt auf Rädern oder Kufen abstützen. Mit zunehmender Geschwindigkeit tritt zwischen der Kabinenaußenhaut und der Rohrrinnenwand ein Luftgleiten ein, d. h., die Kabine geht in einen Schwebeflug über.

Praktisch sind jedoch für diesen so einfach zu beschreibenden Vorgang die anstehenden Probleme nicht gelöst. Dazu gehört die Beherrschung des sich vor der Kabine ausbildenden Staudrucks und des hinter ihr vorhandenen Unterdrucks. Beide wirken dem Vortrieb entgegen.

Vielleicht bietet der elektromagnetische Rohrflug günstige Möglichkeiten. Das Prinzip besteht darin, daß ein Projekt mit Hilfe der Kraftwirkung eines magnetischen Feldes auf einen stromführenden Leiter beschleunigt wird. Mit Versuchen wurde bereits gezeigt, daß der Magnetrohrflug möglich ist.

Werden um ein Rohr in bestimmten Abständen elektrische Spulen angebracht, so erzeugen diese im Innern des Rohres ein Magnetfeld, das die Fahrkabine anzieht. Diese wird dabei so beschleunigt, daß sie in den Anziehungsbe- reich der nächsten Spule gerät und erneut beschleunigt wird.

Theoretisch ist noch eine ganze Reihe weiterer Möglichkeiten für den Rohrflug denkbar. Die materiellen Aufwendungen dafür, insbesondere für das Fahrrohr, sind gewaltig.

Straßenverkehr – erst sicherer, dann schneller

Schnelligkeit eines einzelnen Fahrzeuges ist nicht gleichbedeutend mit hohen Reisegeschwindigkeiten. Das wird durch den »modernen« Verkehr auf Stadt- und Fernverkehrsstraßen täglich aufs neue bewiesen. In vielen Großstädten und zunehmend auf den Fernverkehrsstraßen kann sich der Autofahrer mit seinem Tempo mitunter gerade noch mit den Automobilisten der ersten Autorennen im Jahre 1895 messen. Diese erreichten die statt-

lichen Durchschnittsgeschwindigkeiten von 25 km/h. Der kurz vor der Jahrhundertwende von Jenatzy mit seinem »Renntorpedo« aufgestellte Geschwindigkeitsrekord von 105,9 km/h liegt bereits über der in vielen Ländern zugelassenen Höchstgeschwindigkeit auf Fernverkehrsstraßen und Autobahnen.

Verfolgt man weiter alle Rekordstufen seit der Entwicklung des Autos, so wird klar, daß es im Kraftverkehr offensichtlich nicht um die Entdeckung neuer Wirkprinzipien zur Erhöhung der Geschwindigkeit gehen kann. Was aus einem Kraftfahrzeug herauszuholen ist, haben die – für den wissenschaftlich-technischen Fortschritt wertlosen – Rekordjagden gezeigt, bei denen Donald Campbell 1964 mit seinem »Blue Bird« 648,7 km/h und Breedlove 1965 mit einem anderen Spezialfahrzeug sogar 966,71 km/h erreichten. Außerdem kann jeder PKW der Mittelklasse mit Höchstgeschwindigkeiten zwischen 120 und 150 km/h und der höheren Klassen mit über 200 km/h aufwarten. Auch für Reisebusse sind Höchstgeschwindigkeiten von 100 bis 130 km/h nichts Außergewöhnliches. Und dennoch vermag zu bestimmten Tageszeiten in mancher Großstadt der Fußgänger den Autofahrer zu überholen. Das wäre heute sicherlich sogar der Regelfall, wenn nicht enorme Aufwendungen für den Straßenbau in allen hochindustrialisierten Ländern schon getätigt wären. Aber es wird nicht möglich sein, zumindest unter dem Aspekt der künftigen Entwicklung, dem Autofahrer eine ähnlich freie Bahn für seine Fahrtroute zu verschaffen wie dem Lokführer für seinen Zug. Der Autofahrer fährt zunehmend überfüllten Straßen entgegen, die von ihm höchste Konzentration und Anspannung verlangen. Es gibt nicht wenige Stimmen, die die heute möglichen Höchstgeschwindigkeiten der Kraftfahrzeuge als gefährlich hoch bezeichnen und vor der Überforderung des Menschen und der Gefährdung seiner Umgebung warnen. In den USA finden jährlich weit über 50 000 Menschen den Verkehrstod auf den Straßen. Dort wurde aber auch statistisch belegt, daß die Hauptursache für Verkehrsunfälle mit Todesfolge zu hohe Geschwindigkeiten sind. Die Grenzen der technischen Entwicklung zur Geschwindigkeitssteigerung der Kraftfahrzeuge sind für alle Gebrauchsfahrzeuge noch weit vom derzeitigen Stand

entfernt. Aus den Rekordfahrten mag der Beweis dafür genommen werden. Wohl aber sind die Grenzen für das System Mensch–Auto–Straße unter Einschluß der jeweiligen Umgebung nicht mehr allzu fern. Ja, sie rücken sogar ständig näher. Die Neuzulassungen von Kraftfahrzeugen schreiten viel schneller voran, als es dem Straßenbau möglich ist, die Leistungsfähigkeit der Straßen zu erweitern. In England rollen z. B. über 1 km Straße jährlich 334 000 PKW, und in der BRD sind es schon 420 000 PKW. Die Straßen werden aber nicht nur voller, die Luft in den großen Städten wird auch immer schlechter. Dazu tragen die Autos mit ihren Abgasen bei, die jährlich einige Millionen Tonnen Schwefeldioxid, Kohlenmonoxid, Stickoxid und Kohlenwasserstoffe an die Atmosphäre abgeben.

Wie wohl kaum noch bei einer anderen Verkehrsart spielt die Gesellschaftsordnung für die Beherrschung der Probleme des Straßenverkehrs eine entscheidende Rolle. Allein die sozialistische Gesellschaft, die in der Lage ist, den wissenschaftlich-technischen Fortschritt und die Entwicklung gesellschaftlicher Prozesse planvoll zu vollziehen, vermag zu verhindern, daß der Straßenverkehr zu einem Chaos führt. Bessere und breitere Straßen, Signaleinrichtungen und sonstige Sicherheitsvorkehrungen erreichen ihre höchste Effektivität erst dann, wenn der Straßenverkehr gesamtgesellschaftlicher Planung unterliegt, den gesellschaftlichen Bedürfnissen entsprechend in Abstimmung mit den übrigen Verkehrsarten entwickelt wird.

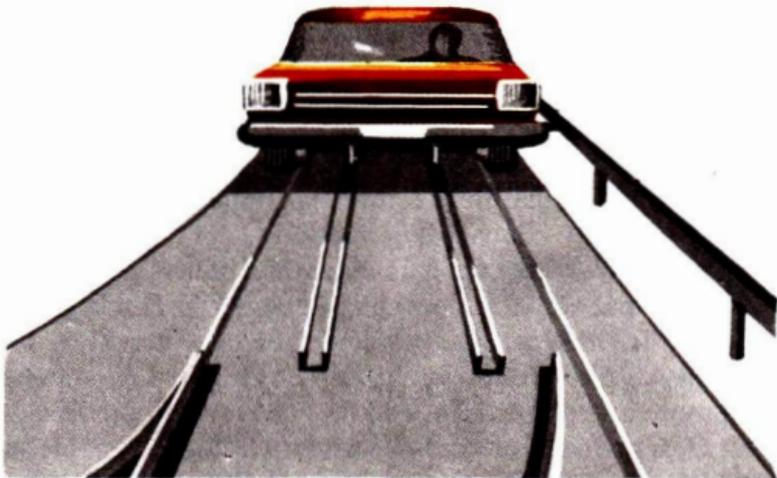
Überlegungen zur weiteren Steigerung der Reisegeschwindigkeiten im Straßenverkehr laufen häufig darauf hinaus, Kombinationen zum schienengebundenen Verkehr zu suchen. Damit verbunden ist eine Zwangsführung der Fahrzeuge, die den Menschen weitestgehend von der Führung des Fahrzeuges entbindet. Den Fahrer von seiner Aufgabe zu befreien, im komplizierten Verkehrsgeschehen als Fahrzeugführer unmittelbar bestehen zu müssen, ist sicherlich eine der wichtigsten Voraussetzungen für die Erhöhung der Sicherheit und Geschwindigkeit im Straßenverkehr.

Generell führen alle Maßnahmen zur Erhöhung der Reisegeschwindigkeit und der Verkehrssicherheit zu

irgendeiner Form der Zwangsführung und Zwangssteuerung des Straßenverkehrs. Viele Verkehrsplaner sehen den Zwang einer Spurführung bzw. Fremdsteuerung für den Personenverkehr als Generallinie zur Lösung der Verkehrsprobleme von morgen. Kybernetisch gesteuerte, von Leitschienen geführte Fahrzeuge nähern den Straßenverkehr in der Betriebsentwicklung dem Eisenbahnverkehr an. Was liegt deshalb eigentlich näher, grundsätzlich der Eisenbahn den Vorzug zu geben? Der Huckepackverkehr für LKW auf Eisenbahnwagen oder der PKW im Reisezug sind bereits praktizierte Möglichkeiten. Sie entsprechen der Tatsache, daß im Fernverkehr die Eisenbahn Geschwindigkeitsvorteile und mehr Sicherheit bietet und daß im Flächenverkehr oder Verteilerverkehr das Kraftfahrzeug die größere Anpassungsfähigkeit besitzt.

Leitschienenautobahn

Die Vorstellungen für den Fernverkehr machen aber bei der Verladung von Kraftfahrzeugen auf Eisenbahnwagen nicht halt. Es werden auch neuartige Autobahnssysteme vorgeschlagen, die den Fahrer bei der Steuerung seines Wagens weitgehend entlasten. Mit einer automatischen Steuerung wären höhere Geschwindigkeiten möglich. Durch eine automatische Abstandskontrolle ist eine verhältnismäßig dichte Auffahrschlange bei relativ hoher Geschwindigkeit erreichbar. Heute ist es gerade das Kolonnenfahren, das mit geringer werdendem Fahrzeugabstand eine immer niedrigere Geschwindigkeit zur Folge hat. Beim leitschienengesteuerten Auto mit automatischer Abstands- und Geschwindigkeitsregelung würde der Fahrer vollständig entlastet werden. Natürlich ist das nicht einfach zu lösen. Die schwierigsten Probleme dürften sich mit der Bremsung der Fahrzeuge aus hohen Fahrgeschwindigkeiten ergeben. Weitere Schwierigkeiten treten mit der Linienführung, der Anpassung der verschiedenen Fahrzeugtypen an ein solches System u. dgl. mehr auf. Eine Variante stellt das Commucar dar. Ein normaler PKW wird mit einem ausschwenkbaren Stromabnehmer und einem Elektromotor ausgerüstet. Der Stromabnehmer wird



Leitschienengesteuertes Auto

über eine Stromschiene fremdgesteuert und erhält von dort gleichzeitig die Information für die Steuerung. Wenn das Fahrzeug Batterien mitführt, die auf der Fernfahrt aufgeladen werden, so kann es auch im Stadtverkehr oder auf Kurzstrecken als Elektroauto mit Batterieantrieb fahren.

Praktische und vor allem auch ökonomische Lösungen für derartige Vorschläge liegen noch in weiter Ferne.

Autos auf Paletten

Der Autotransport auf Paletten gehört in den Bereich der noch umstrittenen Projekte. Beim car-on-train Pallet-System sind längs der Fahrbahn stationäre Reibräder angebracht. Diese treiben den räderlosen Zug an. Die Zugeinheit besteht aus Boxen, deren Böden als Paletten ausgeführt sind und die zur automatischen Be- und Entladung genutzt werden. An der Zugstation fährt der PKW auf eine dieser Paletten. Ist die Palette belastet, setzen sich die stationären Reibräder oder Rollgänge in Bewegung und treiben den Zug an. Die unbelasteten Rollgänge werden wieder außer Betrieb gesetzt.

Multimodal und Rail Pallet-System dienen gleichfalls der Aufnahme der Kraftfahrzeuge für den Transport über

längere Strecken. Im Prinzip handelt es sich um elektrisch angetriebene Einzelfahrzeuge, die auf dem Oberbau der Eisenbahnen fahren und aufgesattelte Autos zum gewünschten Zielort befördern. Ein anderer Vorschlag sieht eine Luftkissenpalette vor, die das Fahrzeug aufnimmt. Diese Aerotrain-Luftkissen-Palette wird von einem Linearmotor angetrieben.

Alle diese Vorschläge laufen auf Systeme hinaus, bei denen die Vorteile der Schienenbahn und anderer spurgeführter Verkehrsmittel für den Autoverkehr genutzt werden sollen. Die Reisenden sollen nicht auf das ihnen lieb gewordene Auto verzichten müssen, aber andererseits den Vorteil des schnellen Reisens mit der Eisenbahn genießen können. Wird mit derartigen Systemen dem Autofahrer eine Reisegeschwindigkeit von 150 bis 200 km/h gewährt, so ist er nicht nur schneller als sein selbstfahrender Kollege auf der Autobahn, sondern er hat auch noch den Vorteil, am Ziel ausgeruht anzukommen. Wie auch das System im einzelnen aussehen mag, ein besonderes Problem stellt stets das Ein- und Ausschleusen der Fahrzeuge bei einem kontinuierlich verlaufenden Verkehr dar. Das kann beim Huckepackverkehr und bei Rollpaletten durch Anhalten des fahrbaren Untersatzes geschehen. Beim Leitschienensystem sind jedoch Schleusen erforderlich,

Aerotrain-Luftkissen-Palette



von denen der Fahrer durch Signal die Mitteilung erhält, wieder selbst die Steuerung von Hand zu übernehmen.

Alle diese Vorstellungen haben einen grundlegenden Mangel. Sie enthalten technische Lösungen für die Zukunft mit dem Bewußtseinsstand der Menschen von heute. Das Streben nach dem Besitz eines eigenen Autos wird als unveränderbarer Wesenszug den Menschen kommender Generationen unterstellt. Die Welt von morgen wird aber die Welt des Kommunismus sein, in der den Menschen kleinbürgerliches Besitzstreben wesensfremd sein wird. Dann bieten sich ganz andere Möglichkeiten für den individuellen Reiseverkehr, die vielleicht den zusätzlichen Transport eines eigenen PKW auf Eisenbahnen oder ähnlichen spurgebundenen Transportmitteln als überflüssig erscheinen lassen.

Auf Luftkissen quer durch das Land

Die Luftkissenteknik bietet der Schifffahrt und dem spurgeführten Landverkehr die Möglichkeiten, höhere Geschwindigkeiten zu erzielen. Es liegt die Frage nahe, ob Ähnliches nicht auch im Straßenverkehr denkbar wäre. Bei den hohen spezifischen Widerständen der Kraftfahrzeuge gegenüber den Eisenbahnen sollte die Abkehr vom System Gummirad/Straße sich transportenergetisch günstig auswirken.

Es gilt jedoch als erwiesen, daß der Energieaufwand für frei bewegliche Luftkissenfahrzeuge auf dem Lande größer ist als der für LKW. In Abhängigkeit von der Luftkissenhöhe, die sich nach den zu überfliegenden Hindernishöhen richtet, liegt die zu installierende Leistung wesentlich über der der üblichen Straßenfahrzeuge. Während bei Luftkissenschnellbahnen infolge der glatten Beton- oder Asphaltbahn nur wenige Zentimeter Luftkissenhöhe erforderlich sind, verlangen frei bewegliche Fahrzeuge Schwebehöhen mitunter bis zu 1 m. Große Probleme wirft auch die Lenkfähigkeit und Manövrierfähigkeit derartiger Fahrzeuge auf. Krümmungsradien, wie sie die heutigen Straßen aufweisen, dürften nicht zu bewältigen sein. Werden aber besondere Fahrbahnen verlangt, so sollte

man am besten gleich zum spurgeführten Verkehr übergehen.

Schließlich sind es aber auch die Umweltbelästigungen, die dem frei beweglichen Luftkissenfahrzeug keine Entwicklungschance geben. Lärm und Staub wären sicherlich für die Umgebung unerträglich.

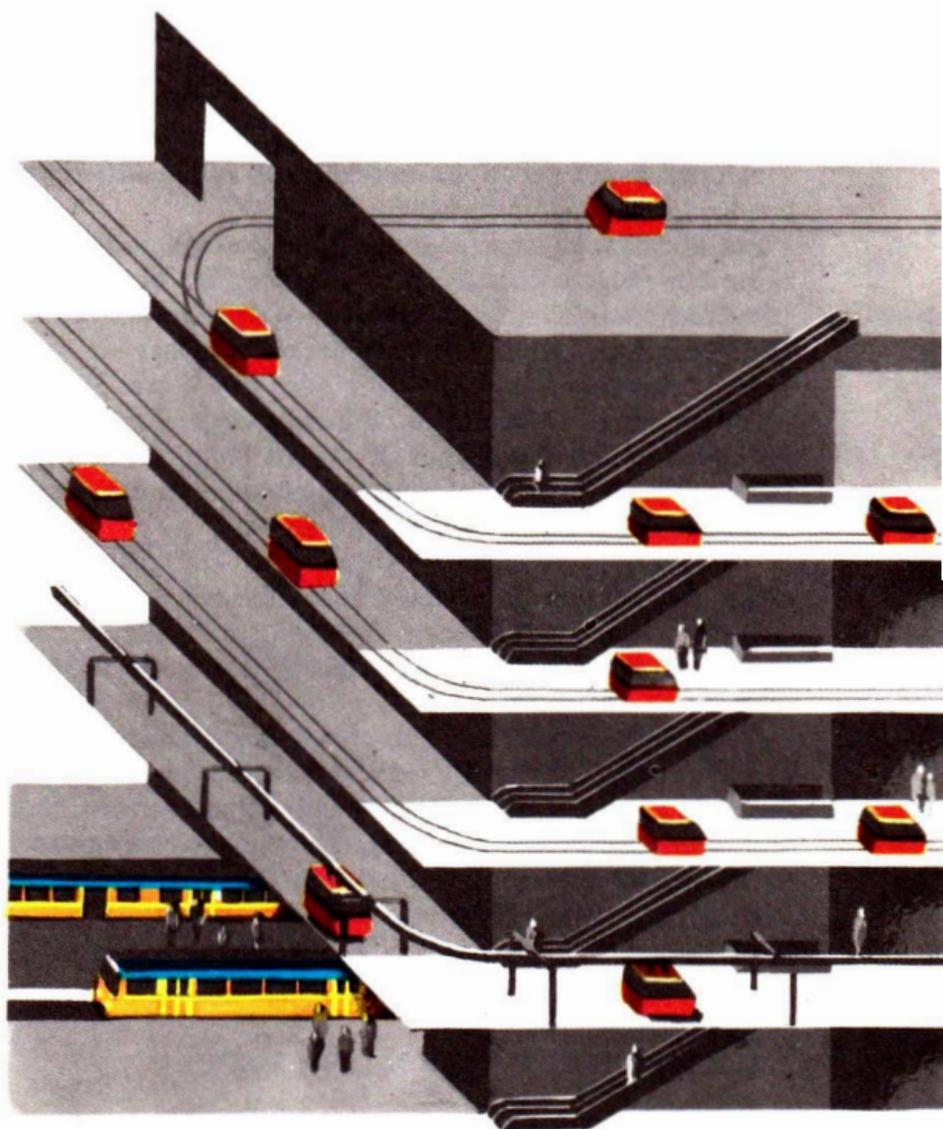
Einsatzchancen sind jedoch den frei beweglichen Luftkissenfahrzeugen überall dort zu geben, wo die Untergrundverhältnisse anderen Fahrzeugen den Einsatz versagen. Dank ihres amphibischen Charakters können sie vom festen Land auf Morast, Sümpfe oder das Wasser überwechseln. Es gibt heute noch zahlreiche Gegenden auf der Erde, die verkehrsmäßig nur durch den Hubschrauber zu erschließen sind. Luftkissenfahrzeuge könnten das auch, und zwar mit geringerem Energieaufwand.

Aus Frankreich kommen sogenannte Terraplane, die keine Anforderungen an die Beschaffenheit des Untergrundes stellen. Auf ebenem Gelände sind 80 km/h, auf unebenem Gelände 50 km/h und über Wasser noch 10 km/h erreichbar.

Neben diesen gibt es noch eine ganze Reihe anderer Ausführungen, die für die verschiedensten Sonderaufgaben im Land- oder Amphibienverkehr gebaut werden. Sie bilden aber alle zusammen keinen Entwicklungsansatz zur Erhöhung der Reisegeschwindigkeiten. Für die Lösung der Probleme des Stadtverkehrs sind diese Fahrzeuge völlig ungeeignet.

Innerstädtische Verkehrssysteme

Im Sinne einer vernünftigen Aufgabenteilung zwischen den einzelnen Verkehrsträgern wird der Fernverkehr zweckmäßigerweise durch spurgeführte Transportmittel oder Flugzeuge bewältigt. Möglicherweise wird sich der Reisende ausschließlich den öffentlichen Verkehrsmitteln anvertrauen. Vielleicht nimmt er dabei auch noch seinen eigenen PKW mit, um am Ziel beweglicher zu sein. Ist dieses Ziel jedoch eine Großstadt, so bereitet es heute schon kein Vergnügen mehr, dort den eigenen PKW zu steuern. Die Menschen in den Großstädten träumen heute



*Knotenpunkt für Kabinentaxis (als Hängebahn und Standbahn)
und Haltestelle der Magnetschnellbahn*

schon von Verkehrssystemen, die sie nicht mehr mit Lärm und Abgasen belästigen.

Aus der Erkenntnis der für die Zukunft unzulänglichen Verkehrslösungen unserer Tage sind viele Projekte entstanden, die entweder einiges oder gleich alles besser machen wollen: Ablösung der PKW und Busse mit

Verbrennungsmotoren durch Elektroautos, Ersatz der Nahverkehrsmittel Straßenbahn, Bus und S-Bahn durch neuartige Schnellbahnen, U-Bahnen, Containerkabinen, Fahrsteige und Personenförderbänder und vieles mehr. Der Verkehr in der Stadt von morgen soll ganz anders sein als der in der Stadt von heute.

Sicherlich wird sich manches ändern, und vieles wird zu verändern sein. Aber geben wir uns keinen Illusionen hin! Wenn man Straßenbahnen durch Busse ersetzte, so war das in erster Linie ein Austausch von Transportmitteln, der sich in die allgemeine Entwicklung der Verbesserung der Straßenverhältnisse problemlos einfügte. Neuartige Bahnsysteme oder gar Fahrsteige fordern völlig neue Verkehrsanlagen, für die die alten nicht zu nutzen, ja sogar ein Hindernis sind.

Die Ideen und Projekte für schnellere und bequemere innerstädtische Verkehrslösungen sind nicht nur zahlreich, sondern sie weisen auch auf sehr unterschiedliche Konzeptionen hin. Sie reichen vom Personencontainer, den man bei Bedarf vor der eigenen Haustür besteigt und erst am Zielort wieder verläßt, über rollende oder schwebende Fahrgastkabinen bis zum Transportband für die Personenbeförderung. Gemeinsam ist aber allen die Zwangsführung des Transportmittels.

So sei beispielsweise das Rail Taxi genannt. In einer Rohrkonstruktion von etwa 2 m Durchmesser fahren automatisch gesteuerte viersitzige Einzelwagen als Hochbahn über den Köpfen der Fußgänger hinweg. Die auf Gummirädern laufenden Wagen werden von einem 5-PS-Elektromotor auf Geschwindigkeiten von 55 km/h gebracht.

Ein ähnliches Prinzip ist im Kabinentaxi zu finden. An einem hoch über der Straße verlaufenden Fahrbahnbalcken hängen zweisitzige Fahrgastkabinen, die, von Linearmotoren angetrieben, eine Geschwindigkeit von 30 bis 40 km/h erzielen. Auf speziellen Bahnsteigen können die Fahrgäste bei einem kurzen Aufenthalt ein- oder aussteigen. Mit den vorgeschlagenen Abstandszeiten der Kabinen von nur einer Sekunde sind hohe Personenbeförderungsleistungen möglich.

Schließlich seien noch Personenförderbänder genannt, auf denen die Fahrgäste, stehend oder sitzend, sich ihrem



Rail. Taxi

Ziel nähern. Sie werden nicht besonders schnell sein, jedoch durch ihre kontinuierliche Arbeitsweise den Fahrgast vor Wartezeiten bewahren. Durch spezielle Übergänge von langsameren zu schnelleren Fahrgastförderbändern wäre es jedoch gleichfalls möglich, höhere Transportgeschwindigkeiten anzubieten.

Diese Beispiele, die noch durch weitere ähnliche ergänzt werden könnten, sind besonders auf den Personenverkehr in den Zentren großer Städte zugeschnitten. Aber speziell dort wird es bei der dichten Bebauung äußerst schwierig sein, eine architektonisch ansprechende Einordnung derartiger Verkehrssysteme zu finden.

Außerdem muß man fragen, ob die Projektanten der vielen interessanten und durchaus realisierbaren Lösungen sich auch dessen bewußt sind, daß der Straßenverkehr nur einen Teil des gesellschaftlichen Lebens darstellt, der sich nicht verselbständigen kann. Wer die gesellschaftlichen Entwicklungsprozesse in ihrem Wesen erkannt hat und sie entsprechend den Bedürfnissen der Menschen plant, wird unter Umständen zu ganz anderen Lösungen kommen, als sie heute von Verkehrsexperten vieler kapitalistischer Länder vorgeschlagen werden. Auf jeden Fall wird aber davon auszugehen sein, daß unsere heutigen Nahverkehrsmittel auch noch das nächste Jahrtausend erblicken werden. Es werden dann zwar nicht mehr dieselben wie heute sein, aber sie werden wohl nach demselben System arbeiten. Zusätzlich zu diesen wird es neue Transportsysteme geben, die die wachsenden Verkehrsbedürfnisse in einer neuen Umgebung besser als die heutigen befriedigen

werden. Welche Transportsysteme es sind, kann noch nicht gesagt, bestenfalls nur geahnt werden. Möglich, daß sie aus dem Kreis der uns zur Zeit unkonventionell erscheinenden Verkehrssysteme kommen. Vielleicht aber – und das ist sehr wahrscheinlich – wird es noch weitere, heute unbekannte Transportsysteme geben. Der menschliche Geist kommt nicht zum Stillstand. Aus der Erkenntnis, daß jede neue Entdeckung, jede neue Entwicklung von gesichertem Wissen und vom Niveau der Gegenwart ausgeht, stellen alle heutigen Lösungen bereits einen Teil der zukünftigen Lösungen dar.

In großen Städten gibt es leistungsfähige S- und U-Bahnen, die einen schnellen Streckenverkehr bewältigen. Zu jedem Streckenverkehr gehört als bedienender ein Flächenverkehr, der durch Bus- und Straßenbahnnetze oder durch den Individualverkehr mit dem PKW gebildet werden kann. Alle drei, die sich im oberirdischen Verkehrsbereich befinden, sind vom Stau der Verkehrsströme betroffen. Werden besondere Verkehrsstraßen für

Kabinentaxistation



die einzelnen Transportmittel angelegt, so gehen diese schon wieder in den Streckenverkehr über.

Schnelle Bahnen ermöglichen zwar hohe Spitzengeschwindigkeiten, jedoch nicht gleichzeitig kurze Reisezeiten vom Ausgangs- zum Zielort, vor allem dann nicht, wenn bei zu geringer Abfahrtsfrequenz oder zu häufigen Umsteigepunkten Wartezeiten anfallen, die die Fahrzeit bei weitem übersteigen. Muß der Reisende noch Unbequemlichkeiten durch Witterungseinflüsse an den Umsteigestellen, durch überfüllte Verkehrsmittel und schließlich noch hohe Fahrpreise in Kauf nehmen, so ist der öffentliche Verkehr für ihn nicht attraktiv. Vor allem die hohen unsozialen Fahrpreise der öffentlichen Verkehrsmittel in den kapitalistischen Großstädten sind mit maßgeblich daran beteiligt, daß sich der eigene PKW, dessen Benutzung dort unter Umständen noch von der Steuer abgesetzt werden kann, einer so großen Beliebtheit erfreut. Und das trotz der mitunter chaotischen Zustände auf den Straßen! Diese Beziehung zu erkennen ist wichtig, um die unterschiedlichen Probleme sozialistischer und kapitalistischer Großstädte bei der Planung der Verkehrssysteme zu begreifen. In kapitalistischen Ländern sind gewinnbringende oder mindestens kostendeckende Fahrpreise ein unveränderbares Kalkül. Für sozialistische Länder ist es selbstverständlich, daß niedrige Fahrpreise im Berufsverkehr zu den sozialen Errungenschaften gehören.

Allein aus der Fahrpreisproblematik ergibt sich, daß die komplexen Lösungen für innerstädtische Verkehrssysteme gesellschaftsbezogen sind. Maßnahmen sozialistischer Großstädte müssen nicht mit denen kapitalistischer Großstädte vergleichbar sein. Dabei soll keineswegs in Abrede gestellt werden, daß sich oft beide gleicher technischer und technologischer Maßnahmen bedienen.

Die Zeit vergeht nicht wie im Fluge

Sich des freien Luftraumes als Verkehrsraum zu bemächtigen ist ein uralter Traum der Menschen gewesen, der in unserem Jahrhundert zur Wirklichkeit wurde. Nirgendwo

gibt es auf unserem Erdball bessere Voraussetzungen zur Erzielung hoher Reisegeschwindigkeiten als in der Luft.

Vom ersten Motorflug im Jahre 1903, der ganze 12 Sekunden dauerte, bis zu einem Flugzeug, das es in der Geschwindigkeit mit den gleichfalls noch in den Kinderschuhen steckenden Automobilen aufnehmen konnte, vergingen einige Jahre. Erst 1910 wurde erstmalig eine Geschwindigkeit von 100 km/h mit einem Flugzeug überschritten. Aber schon 1913 fand der erste Flug mit mehr als 200 km/h statt.

Nach dem ersten Weltkrieg wurde durch Ausschreibung von Flugzeugrennen der Bau immer schnellerer Flugzeuge angeregt. Von 1923 bis 1939 wurden die Geschwindigkeitsweltrekorde der Flugzeuge von etwa 400 km/h auf knapp 750 km/h hochgeschraubt. Aber schneller ging es dann nicht mehr. Die zu dieser Zeit angewandte Technik mit Kolbenmotoren und Luftschauben hatte ihre Entwicklungsgrenze erreicht. Der Geschwindigkeitsweltrekord für Propellerflugzeuge steht bei 771 km/h.

Das neue Wirkprinzip zur Überwindung dieser Geschwindigkeitsschranke war jedoch schon bekannt. Das Turbinen-Luftstrahl-Triebwerk bot sich zur Entwicklung schnellerer Flugzeuge an. Jedoch wurde seine Anwendung durch den zweiten Weltkrieg verzögert, so daß erst in den Nachkriegsjahren Düsenflugzeuge die Geschwindigkeitsrekorde der Vorkriegszeit brechen konnten.

1947 wurde mit einem Düsenflugzeug eine Geschwindigkeit von knapp 1050 km/h geflogen. Diese Geschwindigkeit lag jedoch nur wenig unterhalb der mysteriösen »Schallmauer«, die sich nunmehr für einige Jahre als eine neue Geschwindigkeitsgrenze auftrat.

Ohne hier auf das Phänomen der »Schallmauer« eingehen zu wollen, sei jedoch erwähnt, daß die Schallgeschwindigkeit, um die es sich hierbei handelt, von der Luftdichte abhängt. In Erdnähe liegt sie bei etwa 1200 km/h. Sie nimmt mit wachsender Höhe ab. In 11 000 m Höhe z. B. weist sie nur noch etwa 1050 km/h auf. Um den damit verbundenen Mißdeutungen zu entgehen, bildet man die sogenannte Machzahl als Verhältnis von Fluggeschwindigkeit und Schallgeschwindigkeit. Bei Mach 1 würde ein Flugzeug mit Schallgeschwindigkeit fliegen.

Die Fluggeschwindigkeiten werden nun folgendermaßen eingeteilt:

Mach kleiner 0,8	Unterschallbereich
Mach von 0,8 bis 1,2	Übergangsbereich
Mach größer 1,2	Überschallbereich
Mach größer 3	Hyperschallbereich

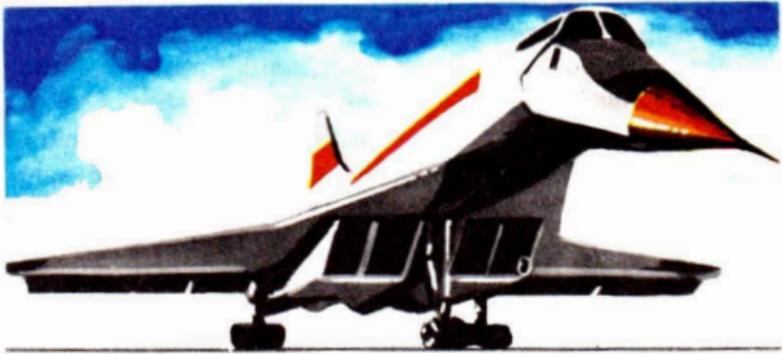
Die Schallmauer zu durchbrechen gelang anfangs nur im Sturzflug, während das heute in der Horizontalen und sogar im Steigflug möglich ist.

Erstmalig wurde die Schallmauer 1947 von einem Raketenflugzeug durchbrochen. Düsenflugzeuge schafften es erst Anfang der fünfziger Jahre.

Aber von da an ging es in schneller Folge mit immer neuen Geschwindigkeitsweltrekorden in den Überschallbereich. Piloten sowjetischer und amerikanischer Düsenflugzeuge lösten sich ständig als Weltrekordinhaber ab. So setzte z. B. der sowjetische Pilot Mossolow 1959 mit seiner Düsenmaschine den Geschwindigkeitsweltrekord auf 2388 km/h. Nur drei Jahre später flog er aber schon mehr als 3000 km/h.

Mit diesen Geschwindigkeiten näherten sich die Flugzeuge einer neuen Geschwindigkeitsgrenze. Es ist die sogenannte Hitzebarriere, bei der das Flugzeug durch die Reibung mit der Luft sehr stark aufgeheizt wird. Nur durch eine Kühlung der Oberfläche des Flugzeuges mittels spezieller Kühlmittel und Kühlanlagen kann die Hitzebarriere ohne Schaden für das Flugzeug und seine Insassen überwunden werden. Aber auch das ist möglich. Denn schon 1967 wurde von einem amerikanischen Versuchsflugzeug eine Geschwindigkeit von 7300 km/h in 30 000 m Höhe erzielt. Inzwischen wurden auf Testflügen raketentriebener Versuchsflugzeuge etwa doppelt so hohe Geschwindigkeiten geflogen. Schließlich seien auch die Weltraumraketen genannt, die sich mit fast 40 000 km/h aus dem Schwerefeld der Erde entfernen.

Die mögliche Geschwindigkeitsentwicklung über das bisher Erreichte noch weiter hinaus verfolgen zu wollen findet dann sicherlich wenig Interesse, wenn man zu den Fluggästen des normalen Reiseflugverkehrs gehört. Auch die modernsten Verkehrsflugzeuge im Linienflugverkehr sind Unterschallflugzeuge, deren Reisegeschwindigkeiten



TU 144

im allgemeinen 900 km/h nicht übersteigen. Im Vergleich zu dem, was heute bereits technisch möglich ist, sind 900 km/h eine recht bescheidene Geschwindigkeit.

Geht die Reise über mehrere tausend Kilometer, läßt das stundenlange Sitzen in der Enge der Flugzeugkabine bei aller Hochachtung vor den Erbauern moderner Düsenverkehrsflugzeuge dennoch den Wunsch nach einer Verkürzung der Reisedauer aufkommen. Ein solcher Wunsch ist auch nicht vermessen; denn die technischen Möglichkeiten zur Steigerung der Fluggeschwindigkeiten sind erkannt, und ihre Verwirklichung zum Wohle der Menschen hängt somit vor allem von den jeweiligen sozialen und ökonomischen Verhältnissen ab.

Wie auf allen Gebieten des Verkehrswesens, wo es um die Entwicklung leistungsfähigerer und schnellerer Transportmittel geht, seien es z.B. schnelle Tragflügelschiffe, schnelle Metrozüge oder Schnellbahnen im Fernverkehr, so entsprechen auch auf dem Gebiet der Entwicklung von Überschallflugzeugen für den Reiseverkehr die sowjetischen Wissenschaftler und Konstrukteure den immer wachsenden gesellschaftlichen Bedürfnissen. Schon vor Jahren wurde die systematische Erforschung und Entwicklung des Überschallflugzeuges für den Reiseverkehr zuerst in der Sowjetunion aufgenommen.

Mit dem sowjetischen Überschallflugzeug TU 144 wird nach seiner Zulassung für den Liniendienst ein gewaltiger Sprung in der Geschwindigkeitsentwicklung der Verkehrs-

flugzeuge einsetzen. Dem Fluggast wird bei Geschwindigkeiten von 2500 km/h die Erde nicht nur dadurch kleiner werden, daß er in 20 km Höhe fliegt, sondern auch dadurch, daß ihm »die Zeit nicht wie im Fluge vergeht«. Er »gewinnt« Zeit. Dieser Zeitgewinn ist auf langen Strecken, z. B. Moskau–Wladiwostock mit 6500 km, sehr beträchtlich. Gegenüber 8 bis 12 Stunden Flugzeit verringert das Überschallflugzeug diese auf knapp 3 Stunden.

Noch steht der offizielle Eintritt des Überschallflugzeuges in den Kreis der Verkehrsflugzeuge aus. Aber schon jetzt laufen Forschungs- und Entwicklungsarbeiten für die Projektierung von Hyperschallverkehrsflugzeugen. Gedacht wird an Flugzeuge, die mit Geschwindigkeiten zwischen Mach 6 und Mach 14 im interkontinentalen Verkehr fliegen sollen.

Die damit verbundenen Prognosen entfernen sich jedoch weit von unseren heutigen Bedürfnissen und Möglichkeiten. All den Fluggästen, deren Reiseweiten unter 2000 oder 3000 km bleiben und die die Mehrzahl der Luftreisenden bilden, bringt weder das Überschall- und erst recht nicht das Hyperschallflugzeug irgendwelche Vorteile. Wenn diese Reisenden nicht nur mit dem ohrenbetäubenden Lärm zukünftiger Überschallflugzeuge an den Fortschritten der Flugtechnik teilhaben sollen, so muß es auch noch eine andere Entwicklung geben.

Beim zeitlichen Ablauf einer Flugreise auf Kurz- und Mittelstrecken wird die relativ lange Abfertigungszeit für den Reisenden und sein Gepäck als unbequem empfunden. Wenn eine 2000 km lange Strecke in knapp zwei Stunden überflogen wird, aber ebensoviel Zeit auch vor und nach

Aerobus Il 86

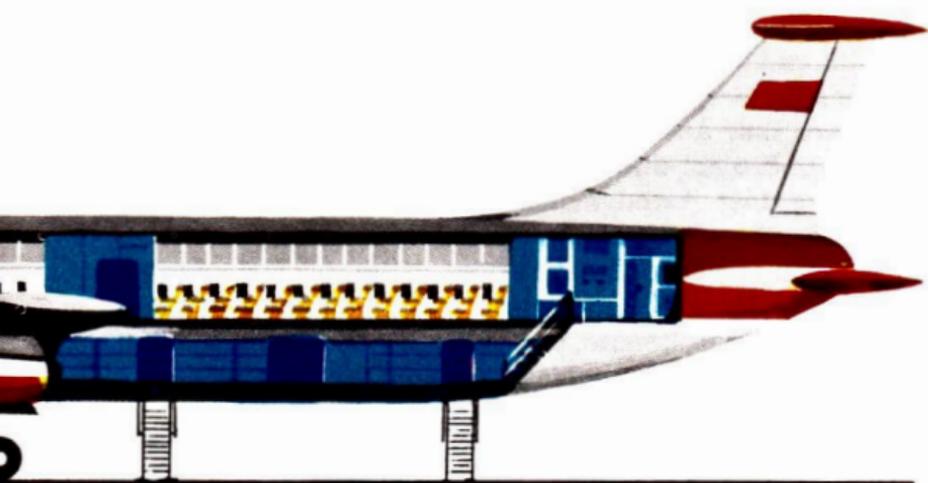


dem Flug für die Abfertigung benötigt wird, so gibt es berechnete Veranlassung, über dieses Zeitverhältnis nachzudenken. Da aus ökonomischen und verkehrstechnischen Erwägungen immer größere Flugzeuge eingesetzt werden, wird der Zeitaufwand für die Bodenabfertigung künftig sogar noch wachsen.

Es ist offensichtlich, daß zur Verkürzung der Reisezeiten auf Kurz- und Mittelstrecken nicht die Erhöhung der Fluggeschwindigkeit das erklärte Entwicklungsziel sein kann, sondern nur die Reduzierung der Abfertigungszeiten. Damit verbunden sind in erster Linie transporttechnologische Aufgaben.

Die größten Probleme bereitet die schnelle Gepäckabfertigung. Sie zu beschleunigen gibt es die verschiedensten Vorschläge. Von diesen wird der Aerobus-Methode viel Aufmerksamkeit entgegengebracht. Bei der Aerobus-Methode kann der Fluggast das Flugzeug ähnlich wie einen Autobus oder die Eisenbahn besteigen.

In dem von sowjetischen Konstrukteuren entwickelten Aerobus IL 86 sind im Rumpf zwei Etagen vorgesehen. Der Fluggast tritt zusammen mit seinem Gepäck das Flugzeug. Er stellt sein Gepäck im unteren Deck in einer nummerierten Box ab und begibt sich dann zu seinem mit der gleichen Nummer versehenen Sitzplatz im darüberliegenden Deck. Durch den Einsatz des Aerobusses IL 86, der 350 Personen Platz bieten und 950 km/h fliegen wird,



soll die Abfertigungszeit je Flug auf eine halbe Stunde gesenkt werden. Die dadurch zu erzielende Zeiteinsparung wäre auf Kurz- und Mittelstrecken durch keine noch so hohe Geschwindigkeitssteigerung möglich.

Kommt das Luftschiff wieder?

Vor etwa vierzig Jahren wurden sämtliche Entwicklungsarbeiten an Luftschiffen eingestellt. Die silbernen Riesenzigarren am Himmel hatten sich mit ihrer Wasserstofffüllung als nicht sicher genug erwiesen. Die immer leistungsfähigeren Flugzeuge ließen die Zeppeline zudem auch überflüssig werden.

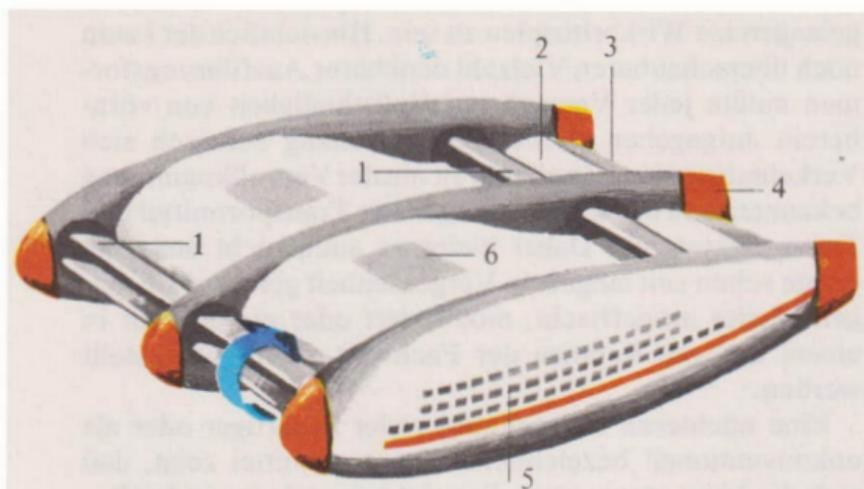
Dennoch hat die Bewunderung des Luftschiffes nie aufgehört, und es mehren sich die Stimmen und Meldungen über ein Comeback der Luftschiffahrt.

Somit stellt sich auch die Frage, ob sich im Verhältnis zwischen Flugzeugen und Luftschiffen etwas geändert hat oder ob es grundsätzlich neue Aufgaben für ein Luftschiff gibt. Mit Sicherheit kann davon ausgegangen werden, daß auch heute das Luftschiff, und sei es noch so vollkommen, mit dem Flugzeug keinen Wettbewerb einzugehen vermag. Wohl aber gibt es neue Aufgaben, so z. B. bei Bau- und Montagearbeiten im Hochbau, im Intercity-Verkehr, bei Zubringer- und Versorgungstransporten, in der Hochseefischerei und bei der Meeresnutzung u. dgl., die ein Luftschiff vielleicht besser als andere Transportmittel ausführen könnte.

Für hohe Geschwindigkeiten im Luftverkehr ist es wenig geeignet. Eine Ausnahme bildet möglicherweise das völlig neuartige Projekt eines »Delphinluftschiffes« mit dem von dem Dresdner Aerodynamiker W. Schmidt entwickelten Wellpropellerantrieb.

Man hat dem Delphin abgeschaut, daß er sich viel schneller bewegt, als er es eigentlich nach seiner »Konstruktion« und Muskelkraft könnte, und entdeckte das Geheimnis in einer vom Delphin erzeugten gewellten Wasserströmung. Die technische Umsetzung dieser Erkenntnis auf die Luftfahrt führte zum Vorschlag des Delphinluftschiffes.

Dieses mit Helium gefüllte tragflügelähnliche Luftschiff



Wellpropellerluftschiff

1 – Wellblatt, 2 – Entweller, 3 – Höhenruder, 4 – Seitenruder,
5 – Kabinen, 6 – Sonnendeck

wird durch rotierende Wellpropeller vor und hinter dem Rumpf angetrieben. Erhofft werden Geschwindigkeiten bis zu 500 km/h, ein wesentlich geringerer Energieverbrauch als bei allen anderen Fahrzeugen der Luftfahrt und ausgezeichnete Manövriereigenschaften.

Allerdings wird die Realisierung derartiger und anderer Vorschläge zur Wiedereinführung der Luftschiffahrt noch lange auf sich warten lassen. Einmal setzt das benötigte, aber noch nicht ausreichend vorhandene Helium als Füllgas der Wiederbelebung der Luftschiffahrt Grenzen. Selbst dann, wenn Wasserdampf, erwärmte Luft oder gar wieder Wasserstoff als Füllgase Verwendung finden sollten, so bereiten der jetzt schon in einigen Gegenden stark durch Flugzeuge belastete Luftraum und die Abfertigung in den Flughäfen eine Vielzahl ungelöster Probleme.

Zurück zum Heute

Von den bekannten Entwicklungen zur Erzielung höherer Geschwindigkeiten in den verschiedensten Verkehrszweigen enthält diese Schrift nur eine Auswahl. Sie kann jedoch für sich in Anspruch nehmen, repräsentativ im Hinblick auf die möglicherweise einmal zur Anwendung

gelangenden Wirkprinzipien zu sein. Hinsichtlich der kaum noch überschaubaren Vielzahl denkbarer Ausführungsformen mußte jeder Versuch auf Vollständigkeit von vornherein aufgegeben werden. Denn ständig befassen sich Verkehrsingenieure in aller Welt mit der Vervollkommnung bekannter und der Entwicklung neuer Transportmittel und Transportsysteme. Dabei bleibt es auch nicht aus, daß einige schon seit langem in Vergessenheit geratene Lösungen wieder aufgefrischt, modifiziert oder einfach nur in einem anderen Rahmen der Fachwelt erneut vorgestellt werden.

Eine nüchterne Betrachtung vieler neuartiger oder als unkonventionell bezeichneter Transportmittel zeigt, daß sich die Ideen dazu, erste Entwicklungsarbeiten oder Experimente um Jahrzehnte zurückdatieren lassen. Neue Ideen oder Lösungen zur sprunghaften Steigerung der Geschwindigkeiten im Verkehrswesen können aber auch jetzt noch nicht von heute auf morgen durchgesetzt werden. Es hat also keinen Sinn, Illusionen nachzulaufen. Die Technologie des Maschinenbaus, der Elektrotechnik und Elektronik, die Sicherung eines ausreichenden Energieangebotes, Energieumwandlung und Energietransport sowie überhaupt das wirtschaftliche Potential eines Landes bestimmen auch weiterhin die Möglichkeiten und Grenzen transporttechnischer Entwicklungen.

Schließlich ist die Einführung von Transportsystemen hoher Geschwindigkeiten im Landverkehr mit einschränkenden Veränderungen im Wegenetz verbunden. Eine hochentwickelte und mit der ganzen Volkswirtschaft eng verflochtene Verkehrstechnik und Verkehrsorganisation mit Beziehungen über die Ländergrenzen hinaus bieten weder Möglichkeiten noch die Veranlassung zur generellen Veränderung.

Sicherlich – nicht nur auf dem Gebiet der Verkehrstechnik, die hier Gegenstand der Betrachtungen war, gibt es zahlreiche Projekte, die niemals Wirklichkeit werden. Denn nicht alles, was erdacht wurde, kann der praktischen Nutzung zugeführt werden – selbst dann sogar nicht immer, wenn auch die Experimente erfolgreich waren. In dieser Feststellung liegt keine Unterschätzung neuer Technik, sondern nur die rationale Erkenntnis, daß der wissen-

schaftlich-technische Fortschritt stets nur unter ganz bestimmten ökonomischen Verhältnissen durchgesetzt wird. Trotzdem sind alle Ideen und Gedanken notwendig; helfen sie doch, die jeweils besten um so deutlicher sichtbar zu machen.

Besonders auf dem Gebiet des Verkehrswesens ist so manche Erfindung um ihrer selbst zustande gekommen. Denn es gibt wohl kaum ein anderes Gebiet der Technik, mit dem nahezu alle Bevölkerungskreise so intensiv in Beziehung treten wie eben mit der Verkehrstechnik. Allerdings ist nicht jedem Amateur-Verkehrstechniker ein solches Glück beschieden wie z. B. dem österreichischen Forstmeister Ressel, der vor knapp 150 Jahren die Schiffsschraube erfand und sich somit der Nachwelt in Erinnerung hielt.

Die hohe gesellschaftliche Wertschätzung des Verkehrswesens veranlaßt die sozialistischen Staaten, der Entwicklung der Verkehrstechnik und Verkehrsorganisation große Aufmerksamkeit zu widmen. Durch die Planmäßigkeit und Proportionalität der Entwicklung der gesamten Volkswirtschaft und die Entwicklung eines einheitlichen sozialistischen Verkehrswesens wird es in der sozialistischen Gesellschaft keine Überraschungen durch das Versagen konventioneller Transportsysteme oder die plötzliche Einführung völlig neuartiger Transportmittel geben. Kontinuität der Entwicklung und Langfristigkeit in der Planung schützen die sozialistische Gesellschaft vor unbedachten und übereilten Neuerungen ebenso wie vor dem unzulässigen Verharren auf veralteter Technik. Aus der Einsicht in gesellschaftliche Entwicklungsprozesse auf der Grundlage des Marxismus-Leninismus wird bei uns der wissenschaftlich-technische Fortschritt geplant. Man muß sich dieser Tatsache bewußt sein, um auch bei Vergleichen zwischen Erscheinungen in sozialistischen und kapitalistischen Ländern zu richtigen Schlußfolgerungen zu gelangen. So ist z. B. zu verzeichnen, daß aus hochentwickelten kapitalistischen Ländern die Meldungen über die Notwendigkeit zur Veränderung bekannter Transportsysteme und die Vorschläge zur Einführung neuer viel häufiger und zahlreicher sind als vergleichsweise aus den sozialistischen Ländern. Das Verkehrswesen der kapita-

listischen Industriestaaten entwickelt sich unter den Bedingungen der kapitalistischen Profitwirtschaft. Aus diesem Grunde ist dort die Situation durch eine sich verschärfende Konkurrenz zwischen den verschiedenen Verkehrszweigen gekennzeichnet – innerhalb dieser zwischen den einzelnen Transportunternehmen – sowie durch das Ringen der Fahrzeug- und Transportmittelhersteller um günstige Marktpositionen. Unter solchen Bedingungen wird gesellschaftliche Arbeit vergeudet, und die Nutzung des wissenschaftlich-technischen Fortschritts steht nicht im Zeichen der Bedürfnisbefriedigung des werktätigen Volkes, sondern erfolgt zum Zwecke der bestmöglichen Kapitalverwertung im Interesse des Profits der Monopole und Konzerne.

Für das sozialistische Verkehrswesen steht die quantitative und qualitative Befriedigung des Beförderungsbedarfs im Vordergrund. Dazu gehört selbstverständlich auch die Senkung der Beförderungszeiten. Aber auch hier gilt es, den so wichtigen Grundsatz zu beachten, daß zunächst alle Reserven mit der vorhandenen Technik weitestgehend auszuschöpfen sind, ehe eine neue, im Regelfall jedoch sehr viel teurere Lösung zum Einsatz gelangen soll.

Somit kann auch nicht unbeachtet bleiben, daß die Verkürzung von Reisezeiten nicht allein durch Geschwindigkeitserhöhungen der Transportmittel zu erreichen ist. Mitunter ist der Effekt viel größer und vielleicht auch mit weniger Aufwand zu erreichen, wenn sich durch technologische und organisatorische Maßnahmen Warte- und Stillstandszeiten vermeiden lassen. Wenn es um die Frage geht, ob wir zukünftig schneller reisen und transportieren wollen als heute, so kann sich zwar auch künftig jeder nach Belieben für ein schnelles oder langsames Transportmittel entscheiden, nur steht andererseits auch fest, daß es einem gesamtgesellschaftlichen Anliegen entspricht, Zeit zu gewinnen.

Es gehört zu den Zielen sozialistischer Verkehrspolitik, im Rahmen der gegebenen Möglichkeiten den Reise- und Beförderungsanforderungen der Menschen der sozialistischen Gesellschaft immer besser zu entsprechen. Daß dabei die Auswahl der zu beschreitenden Wege und zu nutzenden Verfahren nicht wie in den kapitalistischen Staaten

der Profiterwirtschaftung unterliegen, sondern Bestandteil der sozialen Maßnahmen des sozialistischen Staates sind, kennzeichnet die wesentlichen Unterschiede zwischen beiden Gesellschaftsordnungen.

»akzent« – die neue Taschenbuchreihe
mit vielseitiger Thematik:
Mensch und Gesellschaft,
Leben und Umwelt, Naturwissenschaft
und Technik. – Lebendiges Wissen
für jedermann, anregend und aktuell,
konkret und bildhaft.

Weitere Bände:

Milliarden Jahre Leben

Tiere am Fließband

Wieviel Menschen trägt die Erde?

Leben wir unter kosmischen Einflüssen?

Sind wir allein im Weltall?

Die Erfindung des Haustieres

Mensch und Tierwelt

Achtung, Roboter