

# Schnellfahrversuche mit 200 km/h bei der Deutschen Bundesbahn

Autor(en): **Lüdtke, G.**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins : gemeinsames Publikationsorgan des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins (SEV) und des Verbandes Schweizerischer Elektrizitätswerke (VSE)**

Band (Jahr): **56 (1965)**

Heft 5

PDF erstellt am: **17.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-916347>

## **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

## **Haftungsausschluss**

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

# Schnellfahrversuche mit 200 km/h bei der Deutschen Bundesbahn

Von G. Lüdtko, Frankfurt/M.

625.1 : 629.1.072.2

Schnellfahrversuche sind in den vom technischen Stand gegebenen Grenzen bei den Bahnen von Anbeginn durchgeführt worden. In Deutschland ragen dabei Versuche um die Jahrhundertwende und in den dreissiger Jahren heraus. Wenn die Deutsche Bundesbahn 1963 wiederum Versuchslokomotiven mit höchsten Geschwindigkeiten fahren liess, so könnte daraus zunächst der Schluss gezogen werden, dass offenbar jede Generation «ihre» Schnellfahrversuche haben möchte. Dem ist tatsächlich nicht so.

Die technische Entwicklung schreitet etwa in einem solchen Masse voran, dass es mindestens in Zeitabständen von 30 Jahren geraten erscheint, aus Zerreissproben eine Vorstellung von den gegenwärtigen Möglichkeiten zu gewinnen und daran knüpfend neue Betriebsarten und Betriebsmittel zu überdenken. So jedenfalls will auch der Gesetzgeber die Staatsbahn geführt sehen. Er hat die Bundesbahn (§ 4 Bundesbahngesetz) verpflichtet, die Anlagen, die Fahrzeuge und das Zubehör nach dem jeweiligen Stand der Technik weiterzuentwickeln. Der Bundesverkehrsminister hat nach § 14 des gleichen Gesetzes darauf hinzuwirken, dass die Bundesbahn auch dieser Pflicht nachkommt.

Vor und neben der Entwicklung steht aber der Versuch und gerade der Bahnbetrieb, der im Laboratorium oder Versuchsfeld nur ungenügend nachgeahmt werden kann, erfordert den Betriebsversuch. Die Eisenbahner müssen es immer wieder erleben, dass Einrichtungen, die sich in ortsfesten Anlagen oder in Strassen-, Wasser- und Luftfahrzeugen bewährt haben, nicht den Ansprüchen genügen, die der Einsatz im Schienenfahrzeug fordert. Kein geringerer als *Rudolf Diesel* hat schon frühzeitig diese Feststellung für seine Erfindung getroffen und tatsächlich sind Jahrzehnte vergangen, ehe der Dieselmotor als vollwertige Antriebsmaschine für Hochleistungsschienenfahrzeuge verwendbar wurde.

Die Versuche der Jahre 1963 und 1964 der Deutschen Bundesbahn (DB) erstreckten sich auf den Oberbau, das Fahrzeug, die Fahrleitung und das Signalsystem, also auf alle Einrichtungen, die für eine Zugfahrt erforderlich sind und von einer Geschwindigkeitserhöhung betroffen werden. Die Messungen am Oberbau erhielten ihre besondere Bedeutung dadurch, dass die DB beabsichtigt, wenn überhaupt mit 200 km/h, dann auf den vorhandenen Strecken zu fahren, und nicht, wie in Japan geschehen, neue Linien zu bauen. Die Versuche sollten Fragen nach der Bauart des Oberbaus, der Linienführung, der Bogengestaltung (Halbmesser, Überhöhung) und der Neigungswechsel beantworten. Dazu wurden Messungen an den Hauptbauteilen des Gleises, nämlich den Schienen, der Schienenbefestigung, dem Schotter und dem Untergrund sowie an Weichen ausgeführt. Entsprechend wurden 5 Messorte gewählt: Im geraden Gleis, im Bogen, in einer spitz- und einer stumpfbefahrenen Weiche sowie im Untergrund.

Dehnungsstreifen unter dem Schienenfuss und in der Mitte zwischen zwei Schwellen gaben Aufschluss über die hier auftretenden Biegespannungen. Die Spannungen nahmen nicht in dem erwarteten Masse zu. Sie stiegen zwar bis zu

Geschwindigkeiten von 140 km/h an, gingen dann aber im Mittel auf Werte zurück, die unter den bei einer Geschwindigkeit von 50 km/h gemessenen Werten lagen. Allerdings war der Streubereich der gemessenen Spannungen etwa doppelt so breit wie der bei den niedrigen Geschwindigkeiten.

Über der Schwellenmitte waren am Schienensteg Messstreifen befestigt, aus deren Längenänderung auf die senkrechten Radlasten geschlossen wurde. Charakteristisch für diese Werte war auch, dass sie im Mittel nur geringfügig, im Streubereich jedoch fühlbarer mit der Geschwindigkeit zunahmen. Die Messwerte für den Rheingoldwagen, der etwa halb so schwer wie die Lokomotive ist, lagen dennoch weniger als halb so hoch wie bei der Lokomotive.

Da dem Gleis neben der Trag- auch noch die Führungsaufgabe zufällt, galt grosses Interesse der Messung der waagerechten Führungskräfte. Auf die Lokomotive waren praktisch keine grösseren Führungskräfte auszuüben wie bei der bisher üblichen Höchstgeschwindigkeit von 140 km/h; die Streubreite der Messwerte nahm jedoch erheblich zu. Bei den Wagen wirkte sich die Geschwindigkeitssteigerung auch in der Streubereichsbreite nur wenig aus.

Mit einer 4,5 m tief gebohrten, schwingungsunabhängigen Messbasis wurden die anteiligen Einsenkungsbewegungen der Schiene, des Schotters und des Untergrundes bis in 1 m Tiefe erfasst. Dabei wurde erkannt, dass sich die Schiene bei Geschwindigkeitssteigerung von 10 km/h auf 200 km/h nur unwesentlich mehr einsenkt und sie sich bei 200 km/h praktisch wie bei 140 km/h verhält. Der grösste Teil der Gesamteinsenkung liegt in der Schotterelastizität; stossartige Belastungen treten nicht auf. Eine kräftige, langgezogene Welle mit einer Anhebung des Gleises läuft dem Zug voraus.

Der Reisende spürt besonders die Wirkungen der Gleislage auf den Fahrzeuglauf. Aus Messungen der waagerechten und senkrechten Wagenkastenbeschleunigung ergaben sich «Wertziffern», die noch unter der «Erträglichkeitsgrenze» lagen. An wenigen Störstellen wurde diese Grenze jedoch überschritten und damit deutlich, dass an Gleisrichtung und Spur auf Schnellfahrstrecken hohe Anforderungen zu stellen sind. Diese Feststellung ist nicht nur für den Oberbau typisch, sondern für alle betroffenen Anlagen.

Im übrigen kann vom Oberbau gesagt werden, dass er vom System her, dem Querschwellengleis, durchaus genügt. Stärkeres Schienenprofil, Schienen höherer Festigkeit und kleinerer Schwellenabstand wären mögliche, aber nicht unbedingt notwendige Verbesserungen.

Beim Fahrzeug sind 6 Fragen untersucht worden: Die Leistungsbemessung, die Drehgestellkonstruktion einschliesslich der Kraftübertragung, die Stromabnahme, die Formgebung, die elektrische Bremse und die Steuerung.

Der Leistungsbedarf wurde nach den bekannten Widerstandsformeln für eine Anhängelast von 300 t, also 7 modernen Reisezugwagen, errechnet. Für die Auslegung der Motoren ist darüber hinaus das Belastungsbeispiel von Bedeutung, die Zahl der Anfahrten, die gewünschte Anfahr-

33'693-694

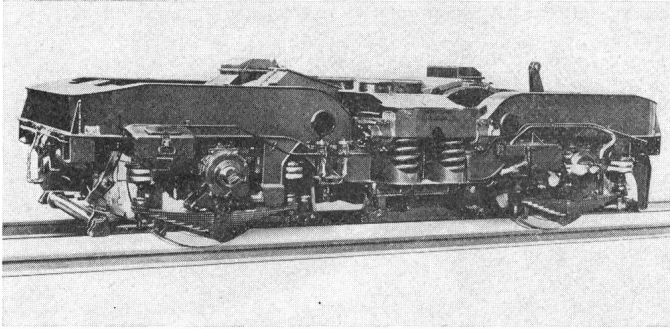


Fig. 1

Drehgestell der Schnellfahrversuchslokomotive E 10 299 der DB für 200 km/h

beschleunigung, Zahl, Länge und Neigung von Steigungsabschnitten. Nach dem vorläufigen Zugkraft-Geschwindigkeits-Diagramm wird die 5-Minuten-Zugkraft fast 4mal grösser als die Dauerzugkraft sein, d. h. man rechnet mit wenigen Anfahrten. Andererseits liegt die Dauerzugkraft doch so hoch, dass sie bei Fahrten auf 11 ‰ Steigung mit 200 km/h und 300 t Anhängelast noch nicht ausgeschöpft ist, also noch Reserven für Überlastperioden bleiben. Bei Anfahrt mit ihrer Reibungs-Zugkraft könnte die Lokomotive den Zug in der Ebene bis 140 km/h mit  $0,7 \text{ m/s}^2$ , im Mittel bis 200 km/h mit  $0,6 \text{ m/s}^2$  beschleunigen. Bei einer gewissen Vorerwärmung wird die Lokomotive den Zug in der Ebene in etwa 3 min oder nach 6 km auf Höchstgeschwindigkeit bringen.

Die hohe Leistungsspitze von etwa 15 000 kVA am Fahrdrat und die hohe Anfahrzugkraft erfordern bei vorgegebenem Raddurchmesser und zulässigem höchstem Raddruck eine 6-achsige Lokomotive. Die im Bau befindliche Schnellfahrlokomotive E 03 wird daher zwei dreiachsige Drehgestelle erhalten. Gegenstand der Versuche, soweit sie das Drehgestell betrafen, war nun, Einzelfragen der Konstruktion wie Achslager, Achslagerführung, Achslagerfederung, Antrieb und Kastenabstützung zu klären.

Die in den Versuchslokomotiven E 10 299 und E 10 300 verwendeten Zylinderrollenlager, die auch seitliche Kräfte aufnehmen können, genühten offenbar den gestellten Anforderungen (bisher verwendete die DB bei ihren Serienlokomotiven Pendelrollenlager). — Ebenso hat die benutzte Lemniskaten-Achslagerführung befriedigt; sie führt die

Achse vertikal einwandfrei und besitzt ein ausreichendes Durchfederungsvermögen. Die für den Lenker erforderlichen Gelenke wurden verschleissarm und wartungsfrei ausgeführt. — Die Frage, ob reibungsgedämpfte Blattfeder oder flüssigkeitsgedämpfte Schraubenfeder, stand wie schon bei vielen Schienenfahrzeugkonstruktionen ebenfalls zur Debatte und gab Anlass, in den beiden Versuchs-Lokomotiven je eine Bauart zu erproben.

Zwei Antriebsarten wurden untersucht. In der einen Ausführung sind zu beiden Seiten des Motors Ritzel angeordnet. Diese Ritzel kämten mit Grossrädern, die sich an den Enden einer Hohlwelle befinden. Die Hohlwelle umschliesst die Achse. Von jedem Grossrad wird das Antriebsmoment durch Ausschnitte in der Treibradscheibe über zwei Gelenkzapfen und zwei Lenker auf die aussenliegende Ausgleichsscheibe («tanzender Ring») übertragen. Soweit entspricht diese Anordnung dem bekannten Alsthom-Antrieb. Neu ist, dass von der Ausgleichsscheibe das Antriebsmoment über zwei weitere Lenker nicht unmittelbar an das Treibrad, sondern an einen Stahlring weitergegeben wird. Dieser Stahlring ist an seinem ganzen Umfang über Gummielemente kraftschlüssig mit dem Treibrad verbunden. — In der anderen Ausführung sind Elemente des Gummiringfederantriebes mit denen des Kardantriebes verbunden. Das einseitig angeordnete Ritzel treibt ein Grossrad, an das sechs Gelenkzapfen geschraubt sind. Über 6 Lenker wird das Antriebsmoment von den Gelenkzapfen des Grossrades auf den Flansch der Kardanhohlwelle übertragen. Am anderen Ende der Hohlwelle sitzt ein Armstern, der das Antriebsmoment nach Art des Gummiringfederantriebes auf das Treibrad weitergibt.

Anders als bei den Serienlokomotiven der DB sind die Motoren fest im Drehgestell gelagert. Abweichend von ihrer früheren Bauweise sind die erwähnten Antriebe durch Zwischenschalten von Gummielementen elastischer — vor allem in Drehrichtung — gestaltet worden. In den Versuchen haben sich beide Bauformen bewährt, so dass auch beide für den Einbau in die Schnellfahrlokomotive E 03 vorgesehen sind. Entscheiden wird eines Tages das Ergebnis der Dauererprobung.

Die Bauart der Drehgestelle der Versuchslokomotiven entsprach im übrigen der E 10<sup>12</sup>. Der Lokomotivkasten stützt sich also nicht mehr an den Drehgestellaussenseiten unmittelbar auf Schraubenfedern, sondern auf einen Balken

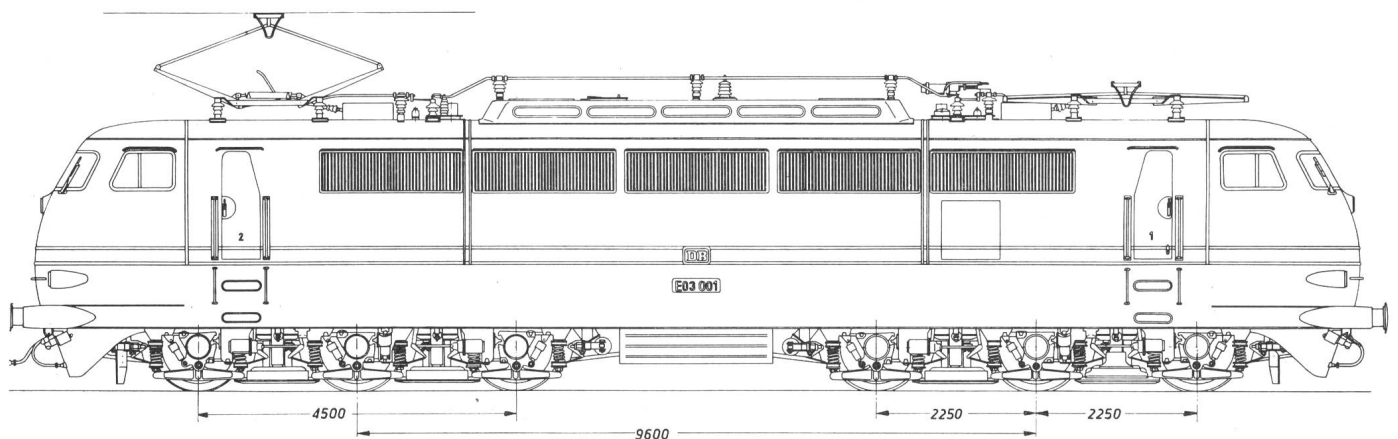


Fig. 2

Seitenansicht eines Entwurfs der Schnellfahrlokomotive E 03 001 der DB für 200 km/h

(Fig. 1). Damit ist es möglich, den Abstand der Auflagerflächen des Lokomotivkastens auf das Drehgestell zu verringern und die Drehbeweglichkeit der Drehgestelle zu verbessern. Der Balken kann sich quer zur Drehgestellängsachse bewegen; die Schraubentragsfedern stellen ihn zurück. Voll angewendet werden soll das Flexicoil-Prinzip bei den E 03 (Fig. 2). Hier stützt sich der Kasten wieder unmittelbar auf aussenliegende Schraubentragsfedern, ohne dass aber (wegen der nachgebenden Federn) die Drehgestellrotation behindert würde und ohne dass Gleitflächen notwendig werden.

Grossen Raum nahm die Suche nach dem geeigneten Stromabnehmer ein. Von einem guten Stromabnehmer wird erwartet, dass er möglichst ständig Kontakt mit dem Fahrdrabt hält, ohne dabei gleichzeitig den Fahrdrabt überbeanspruchen. Es kommt also darauf an, Anpresskraft, Elastizität der Schleifstückfedern und die auf den Berührungspunkt reduzierte Masse entsprechend aufeinander abzustimmen. Wichtig bei der Anpresskraft ist ihr Anwachsen mit der Geschwindigkeit, das von der aerodynamischen Formgebung abhängig ist. Bei den Probefahrten bis zu 180 km/h wurden 16, bei Geschwindigkeiten bis zu 200 km/h noch 6 Typen geprüft. Angeboten werden 4-Holm-, 2-Holm- und 1-Holm-Bauarten. Gegenwärtig stehen noch zwei Typen zur Auswahl, die besonders gute Ergebnisse im Zusammenwirken mit der gewählten Fahrleitungsbauart gezeigt haben und die voraussichtlich beide — wiederum um Betriebserfahrungen zu gewinnen — in die projektierten Schnellfahrlokomotiven eingebaut werden.

Bei Gestaltung der Kopfform konnte von der der Schnelltriebwagen ausgegangen werden, die seinerzeit durch Windkanalmessungen festgestellt worden war. Jedoch waren diese früheren Versuche für Fahrzeuge mit 160 km/h Höchstgeschwindigkeit vornehmlich darauf abgestellt, einen niedrigen Luftwiderstand zu erreichen. Fahrten mit 200 km/h und mit Lokomotivzügen erweitern die strömungstechnischen Probleme erheblich, so dass neben den Messungen auf der Strecke wiederum Windkanalmessungen angestellt werden mussten. Untersucht wurden dabei u. a. Fragen des Gleisabstandes, der Auswirkung der Kopfform bei Zugbegegnungen, der Einwirkung auf Fensterscheiben bei Zugbegegnungen, von Luftströmungen auf Personen, die sich auf einem Bahnsteig aufhalten, der Strömungsvorgänge und Strömungsdruckverhältnisse zwischen der Lokomotive und dem ersten Wagen und am Zugschluss, des Strömungs- und Druckverlaufs in Tunnels. Als wesentliches Ergebnis aller bisher angestellten Untersuchungen ist festzustellen, dass bei der gewählten Kopfform trotz der höheren Geschwindigkeiten keine stärkeren Druckunterschiede entstehen als bei üblichen Fahrzeugköpfen und Geschwindigkeiten bis 140 km/h. Der Gleisabstand braucht nicht über 4 m vergrössert zu werden; bei 200 km/h und 3,8 m Gleisabstand treten Drücke auf, die noch mit Sicherheit zugelassen werden können, während diese Grenze bei elektrischen Lokomotiven mit Serienkopfform schon überschritten werden würde.

Bei Tunneleinfahrten und Tunnelbegegnungen dagegen sind durch die Kopfform allein die Verhältnisse nicht mehr beherrschbar. Hier werden die für Fensterscheiben zulässigen Drücke bis zum doppelten überschritten. Bei festeren Fensterscheiben müssten noch Massnahmen getroffen werden,

um die Rückwirkungen der Druckschwankungen auf den Fahrgastraum in erträglichen Grenzen zu halten. Die Japanischen Eisenbahnen schliessen die Lufteintrittsöffnungen bei Einfahrt in Tunnels. Die einfachste und zugleich billigste Art in Deutschland wird sein, die Geschwindigkeit im Tunnel herabzumindern. Da Tunnels vorwiegend auf kurvenreichen Strecken anzutreffen sind, die ohnehin keine sehr hohen Geschwindigkeiten zulassen, dürften Geschwindigkeitsabsenkungen allein der Tunnel wegen kaum notwendig werden.

Will man bei Schnellfahrten nur kurze Bremswege vorsehen, so kann die bei einer Reibungsbremse entstehende Wärme nicht ausreichend abgeführt werden; es kommt zu losen Radreifen, zu Aufhärtungen oder zu Radreifenbrüchen. Die Bundesbahn hat daher ihre Schnellzuglokomotiven der Baureihe E 10 bereits von Anbeginn mit einer elektrischen Bremse ausgerüstet. Die mögliche elektrische Bremskraft von 7 t (die auf 9 t erhöht werden soll) ist jedoch unzureichend bei Abbremsungen aus 200 km/h. Vorgesehen für die E 03 ist daher eine elektrische Bremse, die eine Kraft von 18 t zu entwickeln vermag. Diese Bremskraft entspricht bei 200 km/h einer Bremskurzzeitleistung von 9800 kW, die fast schon in der Grössenordnung der Anfahrkurzzeitleistung liegt.

Noch nicht erprobt wurde eine Geschwindigkeitsregelung, wie sie für die E 03 vorgesehen ist. Der Triebfahrzeugführer, der bisher abhängig von der Geschwindigkeits- und Zugkraftanzeige Spannungsstufen einstellte, wird künftig nur noch die den Streckenverhältnissen entsprechende und vom Buchfahrplan vorgeschriebene Geschwindigkeit einzustellen brauchen. Er wird damit entlastet und kann sich weitgehend der Streckenbeobachtung widmen. Ähnliches gilt für das Bremsen. Wesentliches Kennzeichen der in die Schnellfahrlokomotive einzubauenden und in den Versuchslokomotiven erprobten Bremssteuerung ist die stufenlose Bremsung. Die Geschwindigkeit des Zuges vermindert sich nach einer auf Grund der Bremskenndaten vorher festgelegten Bremskurve. Bei Abbremsung aus geringerer Geschwindigkeit als aus 200 km/h setzt die Bremsung in der Entfernung vor dem Ziel ein, bis zu der der Zug von 200 km/h auf die geringere Geschwindigkeit heruntergebremst worden wäre. Dem Fahrzeug müssen also Zielort und eigener Standort bekannt sein, um daraus die Zielentfernung errechnen zu können, oder die Zielentfernung wird in einer Zentrale errechnet und ihm laufend mitgeteilt (s. auch Signalsystem). In dem ersten Fall genügt eine einmalige Information über den Zielort und das Fahrzeug steuert sich selbst, im 2. Fall müssen während des Bremsvorganges ständig Informationen zur Bremssteuerung zum Fahrzeug fliessen. Vergleichend sei daran erinnert, dass die Japanischen Eisenbahnen sich bei ihrer Tokaido-Bahn für eine stufenweise Bremsung entschieden haben. Die Fahr- und Bremssteuerung sind im übrigen so kombiniert, dass bei Vorgabe einer niedrigeren Geschwindigkeit die elektrische und Druckluftbremse automatisch wirksam werden. Als Notsteuerung dient eine Auf-Ab-Steuerung.

Gleich grosse Bedeutung für eine möglichst unterbrechungsfreie Stromzuführung wie dem Stromabnehmer kommt der Fahrleitung zu. Sie soll über die Länge gleichartig in ihrem elastischen Verhalten sein, also nicht wechselweise «härtere» und «weichere» Zonen aufweisen und überdies



nicht zu scharfe Neigungswechsel (an den Aufhängepunkten) enthalten. Der ersten Forderung begegnet die DB durch Verlängerung des Y-Beiseils und Änderung des Beiseilzuges. Statt bisher einheitlich 12 m Beiseillänge und 200 kp Beiseilzug wird das Beiseil in Stützpunkten mit kurzem Seitenhalterstützrohr 18 m lang und mit 230 kp gespannt, in den Stützpunkten mit langem Seitenhalterstützrohr 14 m lang und mit 170 kp gespannt. Durch diese Änderungen wird der Weg des Stromabnehmers, währenddessen sich der Fahrdrahtanhub über das Beiseil auf den Stützpunkt überträgt, soweit verlängert, dass die Anhubzeit trotz der höheren Geschwindigkeit etwa gleich bleibt. Die Schlagwirkung der Neigungswechsel in Aufhängepunkten wurde den bisherigen Verhältnissen gleichfalls dadurch angeglichen, dass die Hängerteilung im Masse der Geschwindigkeitssteigerung verringert wurde.

Grundsätzlich kann die DB also ihr bisheriges Fahrleistungssystem beibehalten, jedoch ist diese erfreuliche Erkenntnis nicht ohne Anstrengung gewonnen worden. Aus verschiedenen Fahrdraht-Querschnitten (100 mm<sup>2</sup>, 2 × 80 mm<sup>2</sup>, 120 mm<sup>2</sup>), verschiedenen Trageilzügen (800 kp, 1000 kp, 1200 kp), verschiedenen Beiseillängen (12 m, 14 m, 18 m), verschiedenen Beiseilzügen (170 kp, 200 kp, 230 kp), mit und ohne Hilfstragseil, mit verschiedenem Vordurchhang (0 cm, 3 cm, 5 cm, 7 cm), mit normalem (80 m) und kleinerem Mastabstand (65 m) waren 15 verschiedene Fahrleistungsbauformen entwickelt und auf ihre Verhaltensweise geprüft worden. Das oben angeführte erzielte Ergebnis dürfte diesen Einsatz weitgehend gelohnt haben.

Auch, und nicht zuletzt musste ein Signalsystem für Schnellfahrten entwickelt und erprobt werden. Wegen der bei Schienenfahrzeugen notwendigen langen Bremswege — bedingt durch die geringe Reibung zwischen Rad und Schiene — liegt das Problem in der rechtzeitigen Signalkündigung. Dazu bedienen sich Bahnen im allgemeinen der sog. Vorsignale, die auf den Hauptstrecken der DB überwiegend 1000 m vor dem Hauptsignal stehen. Zuggeschwindigkeit oder Bremsen werden so eingerichtet, dass jeder Zug auf diesem Weg zum Halten kommt. Bisherigen Geschwindigkeitserhöhungen begegnete die DB damit, dass die Bremsen schneller und kräftiger wirkend gemacht wurden und, soweit die 1000 m Vorsignalabstand noch nicht vorhanden waren, dieser vergrößert wurde. Letztes Beispiel eines solchen Vorgehens sind die Rheingoldzüge, die, um mit 160 km/h (statt mit 140 km/h) gefahren werden zu können, zusätzlich Magnetschienenbremsen erhielten. Eine weitere, international jedoch noch nicht anerkannte Möglichkeit liegt in der elektrischen Lokomotivbremse. Zugelassen und wirkungsvoll sind auch elektropneumatische Bremsen, die den Bremsweg wegen ihrer kürzeren Ansprechzeit verringern.

Für Schnellfahrten reichen — jedenfalls bei 1000 m Vorsignalabstand — diese Möglichkeiten nicht mehr aus. Der technisch einfache, wenn auch nicht billige Weg, die Vorsignalabstände zu vergrößern, scheidet aus, weil sich dadurch die Streckenleistungsfähigkeit vermindert, insbesondere von Strecken, die gemischt von schnellen und langsamen Zügen befahren werden. Ein um 1000 m grösserer Vorsignalabstand bedeutet, dass ein nachfolgender, auch langsamer fahrender Zug 1000 m früher zu bremsen veranlasst wird, selbst wenn der vorlaufende Zug noch so rechtzeitig den gesperrten Abschnitt freimachen würde, dass der nachfol-

gende Zug ohne Bremsung in ihn hätte einfahren können. Erschwerend kommt hinzu, dass der verzögerte Zug zwischen Vorsignal und Hauptsignal nicht angesprochen werden kann und die eventuell nicht mehr notwendige Bremsung erst einstellen wird, wenn der Triebfahrzeugführer das Hauptsignal erkennen kann. Da es für den Triebfahrzeugführer sowieso schwer ist, Signale bei dieser hohen Geschwindigkeit optisch zu erfassen, geistig schnell genug zu verarbeiten und sie genügend rechtzeitig in Schalthandlungen umzusetzen, verzichtete man darauf, den bisherigen Weg weiter zu beschreiten und entwickelte als neues Signalsystem die Linienzugbeeinflussung mit Führerstandsignalisierung und stetigem Informationsfluss. Der starre Vorsignalabstand ist damit gefallen; jeder Zug wird seinen Bremseigenschaften entsprechend zeitig abgebremst. Jede Signaländerung, jede Abweichung von der Regelfahrt wird unverzüglich übertragen. Die mit Rücksicht auf Fremdfeldbeeinflussung verdrillten Linienleiterschleifen gestatten — bei einem Knotenabstand von 100 m — eine genaue Standortbestimmung des Zuges und gleichzeitig eine Geschwindigkeitsmessung. Die Schleifen ermöglichen, im Führerstand Signale ortsfester Stellen zu empfangen, an ortsfesten Stellen Signale von der Lokomotive zu empfangen und sich fernmündlich mit dem Zug in Verbindung zu setzen. Mindestens 3 Informationen werden übertragen: die zulässige Höchstgeschwindigkeit für die Strecken, die einzuhaltende Geschwindigkeit unter Berücksichtigung der Informationen des Signalsystems und die bis zum Signal zurückzulegende Strecke.

Am Rande sei erwähnt, dass dieses breitbandige Übertragungssystem in Verbindung mit der oben angeführten Lokomotivsteuerung ohne merklichen Mehraufwand eine vollautomatische, bedienungslose Zufahrt gestattet. Offen ist noch die Frage, ob es sinnvoller ist, mit verteilten Rechenanlagen auf Triebfahrzeugen oder zentralisierten Rechenanlagen auf Stellwerken zu arbeiten. Entscheidend für die Beantwortung werden wirtschaftliche Gesichtspunkte, Fragen der sicheren und fehlerfreien Übermittlung und der Störwahrscheinlichkeit sein. Das System hat sich auf der kurzen Versuchsstrecke Forchheim—Bamberg bewährt und wird z. Z. auf einem längeren Abschnitt eingebaut, wo es zusammen mit der Schnellfahrlokomotive E 03 weiter erprobt werden soll.

### Zusammenfassung

Der Aufsatz gibt einen Überblick über die von der DB bislang durchgeführten Schnellfahrversuche, stellt Ergebnisse heraus mit daran geknüpften Entscheidungen. Das umfangreiche Versuchsprogramm umfasst praktisch alle Eisenbahnstreckenanlagen und die Fahrzeuge. Wesentliche Neuerungen sind die Fahrzeugsteuerung und das Signalsystem. Die Triebfahrzeuge müssen naturgemäss stärker ausgelegt werden. Die übrigen Einrichtungen bedürfen gewisser Änderungen und vor allem sorgfältiger Ausführung. Im ganzen gesehen erfordert der Schnellverkehr keine grundsätzlich neue Eisenbahn, sondern kann durchaus im Rahmen der erprobten Einrichtungen abgewickelt werden.

#### Adresse des Autors:

G. Lüdke, dipl. Ingenieur, Friedrich-Ebert-Anlage 43/45, D-6 Frankfurt (M).