

# 40 Jahre „dynamische Gleisstabilisation“

Prof. Dr.-Ing. Klaus Rießberger,  
Technische Universität, Graz  
Ing. Rainer Wenty,  
Plasser & Theurer, Wien

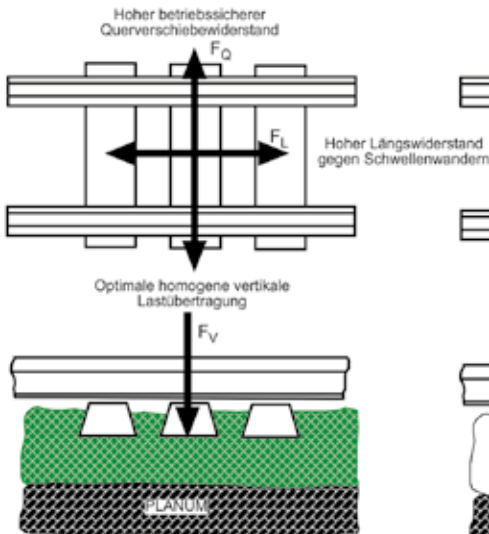
## 1 Einleitung

Die dynamische Gleisstabilisation ist heute ein unverzichtbarer Bestandteil der Gleisinstandhaltung. Nach dem Stop-

fen wird erst durch den abschließenden Einsatz eines Stabilisators ein optimal nachhaltiges Ergebnis erreicht. Trotzdem bestehen noch immer Bedenken gegen den Einsatz dieser Technologie, die im Rückblick auf die vierzigjährige Erfolgsgeschichte nicht zu verstehen sind. Über 900 Maschinen in 45 Ländern sprechen für sich.

Da das Ergebnis der Gleisstabilisation nicht direkt sichtbar ist, sondern erst

### OPTIMALE HOMOGENISIERUNG MIT STABILISIERUNG



### INHOMOGENITÄT OHNE STABILISIERUNG

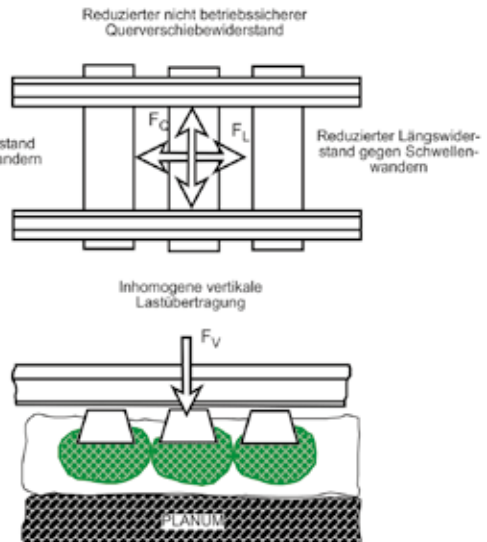


Abb. 1: Homogenisieren des Schotterbetts durch dynamische Gleisstabilisation

durch bessere Haltbarkeit der Gleislage (horizontal und vertikal) evident wird, wurden im Laufe der Jahre zahlreiche Versuche durchgeführt, die überwiegend die Erwartungen bestätigten. Im Folgenden eine Zusammenfassung des Wissens über dynamische Gleisstabilisation.

## 2 Das Prinzip der dynamischen Gleisstabilisation

Durch das Stopfen wird der Schotter unter den Schwellen neu geordnet und verdichtet. Er stützt damit das Gleis in seiner berichtigten Lage ab. Da die Stopfpickel im Schwellenfach eintauchen und nach dem Beistellen und Verdichten wieder herausgezogen werden, verbleibt dort ein unverdichteter Bereich. Vor den Schwellenköpfen wird der Schotter nicht verlagert, am Schwellenende entsteht jedoch durch die Richtbewegung ein Spalt. Die Gleislage ist daher durch das Nivellieren, Richten und Stopfen korrigiert worden, das Schotterbett aber verliert an Festigkeit und wird inhomogen. Der Dynamische Gleisstabilisator bewegt sich nach dem

Stopfen kontinuierlich über das Gleis und versetzt es in Querschwingung. Gleichzeitig wird das Gleis lotrecht belastet (Abb. 2). Die Vibration in Querrichtung bewirkt, dass sich die Schotterkörner ohne Schlagwirkung neu ordnen und besser zusammenfügen. Es wird somit das gesamte Schotterbett homogenisiert und verdichtet (Abb. 1). Durch die vertikale Auflast wird die Verdichtwirkung verstärkt, außerdem kann mit dieser die Höhenlage beeinflusst werden. Nach dem Stabilisieren hat das Gleis eine höhere Festigkeit, die Gleislage hält länger und die seitliche Stabilität, das heißt der Querverschiebewiderstand (QVW), wird erhöht.

## 3 Der Beginn - 1975 bis 1980

### 3.1 Stabilität der Gleise

Nach den Zerstörungen des II. Weltkrieges konnte das Eisenbahnsystem etwa ab 1950 seine (damalige) technische Leistungsfähigkeit zurückgewinnen. Die Fahrgeschwindigkeiten wurden noch durch die Dampftraktion bestimmt, die Elektrifizierung machte stetig Fortschritte. Ab 1955

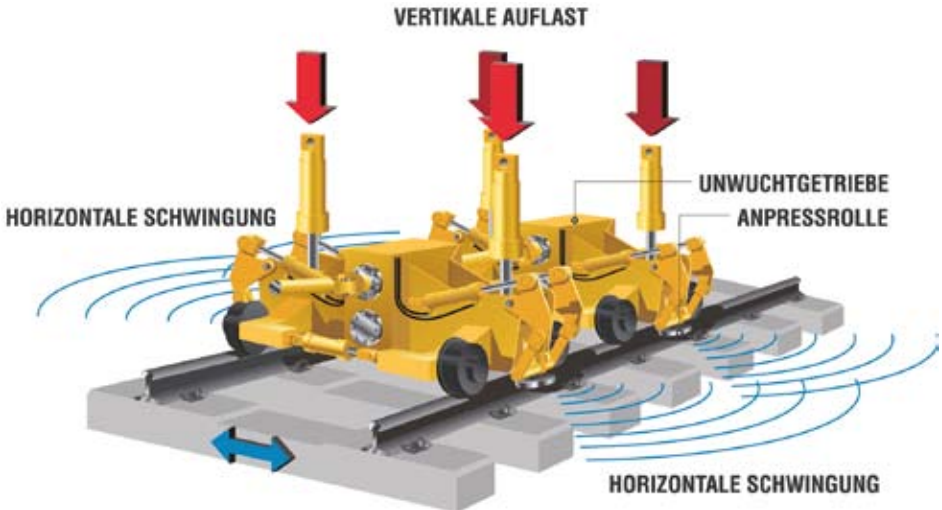


Abb. 2: Prinzip der dynamischen Gleisstabilisation

trat der Straßenverkehr als ernstzunehmender Konkurrent in Erscheinung und konnte sichtbar Marktanteile gewinnen. Ein verbessertes Leistungsangebot im Schienenverkehr wurde notwendig, wozu neben neuen Zugangeboten auch sukzessive Erhöhungen der Fahrgeschwindigkeiten realisiert wurden. Da an den Bau neuer Strecken nicht zu denken war – das Augenmerk war nahezu ausschließlich auf den Autobahn-Bau gerichtet –, wurde durch Feinabstimmung der Trassierungsparameter auf den bestehenden Trassen das Äußerste „herausgeholt“. Waren es zunächst die Werte der maximal zulässigen Seitenbeschleunigung und deren Änderung (Ruck), die Passagieren und Speisewagen zuzumuten waren, so traten schnell auch weitere, bislang wenig bekannte Phänomene des Gleisbaues als Limitierungen höherer Geschwindigkeiten in Erscheinung.

Intensive Forschungen der Französischen Bahn SNCF hatten ein für Schottergleise erträgliches Verhältnis der in seitlicher Richtung zu den vertikal wirkenden Kräften ergeben (Prud'homme-Kriterium [16]). Von der TU München (Meier, Eisenmann) ausgehend wurden nahezu vergessene, historische Rechenverfahren zur Ermittlung einer ausreichenden Dimensionierung von Gleisen modernisiert, wissenschaftlich überprüft und in den Ober-

bau-Vorschriften der Deutschen Bundesbahn (DB) verankert.

Zur gleichen Zeit entwickelten sich neue Technologien der Gleiserhaltung durch den Einsatz von Spezialmaschinen. Nicht nur dadurch waren gewaltige Einsparungen von Arbeitskräften möglich, sondern es konnte auf diese Weise auch ein Ersatz für Oberbauarbeiter geschaffen werden, die in großem Maße in die stationäre Industrie abwanderten.

Der Fortschritt der Mechanisierung der Oberbauarbeiten ging aus diesen Gründen rasant voran. Aus der ersten kommerziellen Stopfmaschine von 1945 entwickelte sich nach 1955 eine Flotte von gleisfahrbaren Baumaschinen für zahlreiche einzelne und kombinierte Arbeitsverfahren.

Aus Österreich stammt die Idee eines „Mechanisierten Durcharbeitszuges“ (MDZ), in welchem eine Streckenstopfmaschine, eine Stoß-Stopfmaschine, eine Schotter-Planiermaschine und ein Zwischenfach-Verdichter zu einer betrieblich gemeinsam behandelten Gruppe zusammengefasst wurde (Abb. 3).

Es wurde festgestellt, dass Gleise mit Schienenstößen aufgrund ihrer Inhomogenität höhere Erhaltungsaufwendungen erforderten. Die Einführung durchgehend verschweißter Schienen zog sich mehrere Jahrzehnte hin und wurde durch intensive Forschung begleitet. Als schließlich Ende



**Abb. 3:** MDZ im Jahre 1968 bei den ÖBB

der 1960er Jahre die Erkenntnis reifte, dass die damals in der Regel verlegte Schiene 49E1 (S 49) den Erfordernissen der DB-Hauptstrecken auf Dauer nicht entsprechen würde, wurde um 1970 der Schritt zur schweren Schiene 60E1 (UIC 60) getan. Dabei war es klar, dass die Problematik der zuverlässigen seitlichen Gleislage eine Verschärfung erfahren würde. Die damaligen Vorschriften ließen konsequenterweise ein Verschweißen der Schienen nur bis zu Radien von  $> 300$  m zu.

Im Bereich der angewendeten Arbeitsmethoden wurde erkannt, dass die Kombination von Anheben des Gleisrostes und nachfolgendem Unterstopfen zu einer Schwächung der seitlichen Verankerung des Gleises im Schotter führt. Die Entwicklung von Maschinen zur nachträglichen Verfestigung des Schotterbettes mit dem Ziel, einen möglichst hohen Querverschiebewiderstand (QVW) des Gleises sicherzustellen, begann mit dem Bau von „Zwischenfach-Verdichtmaschinen (VDM)“, welche vibrierend belastete Stempel auf den Schotter zwischen den Schwellen drückten. Zwischenfachverdichtung kombiniert mit Vorkopfverdichtung erhöht den QVW nach dem Stopfen um ca. 11 % (7 + 4 %) [17]. Diese Maschinen wurden auch als viertes Arbeitsgerät in den MDZ eingefügt.

Es waren schließlich zwei Entwicklungen, die zu einer erneuten gedanklichen Beschäftigung mit der seitlichen Gleisstabilität führten.

Einerseits zeigten Unfälle, dass Gleise sehr wohl seitlich zu wenig verankert sein können. Das Ausräumen der Zwischenfächer im Zuge von Gleisarbeiten in Kombination mit hohen Schientemperaturen kann solche Situationen heraufbeschwören.

Andererseits hatte sich im Rahmen des „Forschungsamtes (ORE) des Internationalen Eisenbahn-Verbandes (UIC)“ eine Arbeitsgruppe von Spezialisten gebildet, die praktikable Lösungen für die erkannte

Problematik suchte. Dabei war es vor allem die SNCF, die eine zuverlässige Methode für die Sicherstellung eines befriedigenden Sicherheitsniveaus für die in Planung befindliche Hochgeschwindigkeitsstrecke Paris – Lyon suchte und selbst Experimente mit einer Versuchseinrichtung ausführte (Vibrogr St. Ouen).

### 3.2 Die dynamische Gleisstabilisation

In der Forschungs- und Versuchsabteilung der Firma Plasser & Theurer wurden zwei gedankliche Ansätze verfolgt:

- Betonschwellen könnten mit entsprechenden Schalungen auch in einer Form gefertigt werden, die von sich aus den QVW erhöht. Dazu ist die Fertigung mit einem Einzelschwellen-Produktionsverfahren vorteilhaft. Nach dem Erfinder wurden diese Schwellen als „Schubert’sche Ohrenschwellen“ bezeichnet und auf einigen Versuchsabschnitten der Österreichischen Bundesbahnen (ÖBB) an Stelle von Holzschwellen eingebaut. Sie haben ihre Wirksamkeit zur Erhöhung der seitlichen Gleisstabilität bestätigt, konnten aber die bereits vorher bekannten Probleme mit schlecht entwässerten und zu wenig tragfähigem Untergrund nicht lösen (wozu sie auch nicht gedacht waren!).
- Die „dynamische Gleisstabilisation“ wurde in langen Versuchsreihen (1974–1978) von Plasser & Theurer entwickelt. Bereits 1975 wurde der erste Dynamische Gleisstabilisator (DGS) auf der Oberbaufachtagung des VDEI (heute iaf) in Frankfurt vorgestellt (Abb. 4). Zunächst wurden die hauptsächlichen Einflussparameter für die Schotterverdichtung, nämlich Schwingungsfrequenz, Schlagkraft und statische Auflast, identifiziert. Die wesentliche Schwierigkeit in der Entwicklungsphase bestand aber in der Bewertung der „seitlichen Gleisfestigkeit“. Bei Maschinen zur Korrektur der Gleisgeometrie, wie Nivellier- und Stopfmaschinen



**Abb. 4:** Der erste Dynamische Gleisstabilisator, als Stopfmaschinen-Anhänger ausgeführt

und Gleis-Richtmaschinen, ist die Bewertung des Arbeitsergebnisses bereits durch Augenschein gut möglich, Messungen mit Visierlinien oder Pfeilhöhenmessungen konnten einen ersten Eindruck bestätigen. Aber wie kann man die „Gleisfestigkeit“ beurteilen?

Durch Sammeln der (wenigen) Erfahrungen von Bahnen, die derartige Messungen durchgeführt hatten, bildete sich schließlich eine Methode zur vergleichenden Messung des QVW heraus, welche in kurzer Zeit die für eine statistische Auswertung ausreichende Anzahl von Messungen durchzuführen erlaubte. Dadurch konnten die notwendigen Gleissperren auf eine möglichst kurze Dauer beschränkt werden. Es versteht sich von selbst, dass die Betriebsführung der Bahnen für die Forschungen nur bedingt Verständnis aufbrachte.

Dies ist der Hintergrund der Tatsache, dass die zahlreichen Messungen des QVW nicht untereinander vergleichbar sind, da in der Regel unterschiedliche Methoden Verwendung fanden. Zu vergleichen sind daher die Messergebnisse innerhalb eines abgeschlossenen Messprojektes. In allen Versuchen wurde durchgehend eine deutliche Verbesserung des QVW durch den DGS nachgewiesen.

Für den „Dynamischen Gleisstabilisator“ gab es von Anfang an großes Interesse, vor allem aus den Kreisen der für Sicherheit und Forschung verantwortlichen Oberbau-Ingenieure. Es zeigte sich, dass jede europäische Bahn eine andere Frage zu stellen wusste, sodass der Prototyp des DGS auf eine „Tour de Recherche“ durch Europa geschickt wurde.

Bei den österreichischen Versuchen stellte sich in wenigen Einsätzen eine bestgeeig-



nete Frequenz für die horizontale Vibration des Gleises mit etwa 35–38 Hz heraus. Es ist dies auch eine Bestätigung der bei Stopfmaschinen verwendeten Frequenz der Stopfpickel. Bei geringerer Frequenz sinkt mit geringerer Schlagkraft auch die am Gleis bewirkte Schwingungs-Amplitude, bei höherer Frequenz beginnt der Schotter ein Eigenleben zu führen, das (zunehmend) eine nicht kontrollierbare Längshöhe des Gleises nach sich zieht. Weiterhin zeigte sich, dass der Achsabstand der Maschine so groß gewählt werden muss, dass eine weitgehend unbehinderte Ausbildung der horizontalen Biegelinie möglich ist. Aus diesem Grund wurde der ursprünglich als Versuchsträger verwendete Anhänger einer Stopfmaschine mit einem Achsstand von 6000 mm verlängert und auf einen Achsstand von 8000 mm gebracht.

Erfahrungen wurden auch mit der Größe der Auflast gemacht. Der Prototyp des „Dynamischen Gleisstabilisators“ war ursprünglich ein leichter Anhänger; die auf

die Schwingeneinheiten drückenden Kräfte stützten sich am Maschinenrahmen ab und hoben diesen aus. Mehrmals wurde damit die Maschine „in den Sand“ gesetzt, insbesondere im stark überhöhten Gleisbogen. Eine erste Abhilfe wurde durch die Anordnung von Ballastgewichten erzielt, in späteren Ausführungen wurde der Typ einer selbst fahrenden Maschine auch im Hinblick auf deren größeres Gewicht gewählt. Abb. 5 zeigt eine solche dreiachsige Maschine bei einem Testeinsatz. Schließlich wurde eine Ausführung gewählt, die aus einer zweiachsigen Zugmaschine und einem schweren zweiachsigen Anhänger bestand (Abb. 6).

In Österreich wurden auch zahlreiche Versuche und Messungen zur Auswirkung der dynamischen Gleisstabilisation auf die Befestigungsmittel durchgeführt. Es konnte nachgewiesen werden, dass diese Gleisbehandlung keine Gefahr für die Schienenbefestigungen darstellt.

Mit besonderem Interesse verfolgte die Französische Bahn SNCF die Bemühun-



**Abb. 5:** Erster selbstfahrender DGS 32 N im Testeinsatz bei Kraubath, Österreich

gen um eine künstliche Nachverdichtung des Schotterbettes. Schon während der Entwicklung der Maschine kamen die Mitarbeiter der Abteilung „Recherche Voie“ samt einiger Ausrüstung nach Österreich, um auf einem Abschnitt der Südbahn, in der Nähe des Bahnhofs Kraubath (Abb. 5), die Wirkung der innovativen Technik auf ein neu verlegtes, ordnungsgemäß fahrbar gemachtes Gleis auf gereinigtem Schotterbett zu erforschen. Die Messarbeiten wurden in den straffen Bauablauf integriert, was den ÖBB die Achtung der SNCF eintrug.

In einer Forschungseinrichtung in Paris hatte die SNCF ein eigenes Experiment eingerichtet, in welchem sie die Wirkung einer Vertikalschwingung auf die Schotterverdichtung erprobte. Dieser „Vibrogir“ war (noch) keine gleistaugliche Maschine, sondern konnte sozusagen von Hand auf verschiedene Abschnitte des Versuchsgleises gebracht werden. Der Prototyp des DGS war jedoch schon auf eigenen Achsen nach Paris gebracht worden – und hat mit

seiner Wirkung die Verantwortlichen der SNCF überrascht. Auch wenn der bearbeitete Abschnitt sehr kurz war, so war dennoch die hohe Effektivität zur Erhöhung der seitlichen Gleisstabilität bei der sehr kurzen Bearbeitungsdauer klar erkennbar. Für die Erprobung weiterer für die neue Strecke Paris – Lyon entwickelter Komponenten hatte die SNCF in der Nähe von Ychoux (südlich von Bordeaux) eine besondere Gleisanlage errichtet. Dort wurden Weichen für eine Abzweiggeschwindigkeit von  $V = 260 \text{ km/h}$  und weitere Oberbaukomponenten erprobt. Die Forschungsabteilung der SNCF entschied, auch dort mit dem DGS zu experimentieren und insbesondere jene Versuchseinrichtungen zu verwenden, die seinerzeit zu den Erkenntnissen von Prud'homme geführt hatten. Es wurde also der historische „Wagon Derailleur“ eingesetzt, der über die mittlere von drei Achsen während der Fahrt eine definierte seitliche Kraft aufbringen konnte. Die Gleisverschiebungen ihrerseits wurden über eine größere



**Abb. 6:** Erste Serienausführung der DGS 42 N

Anzahl von seitlich des Gleises im Schotter verankerter „Uhren“ gemessen, die die größte seitliche Auslenkung über Schleppzeiger festhielten und die bleibende Verschiebung des Gleises nach der Überfahrt anzeigten. Die finale Aussage dieser Versuche setzte die Wirkung des DGS mit etwa 100 000 t Zugverkehr gleich, womit das (damals) vorgeschriebene Langsamfahren nach der Gleisdurcharbeitung entfallen konnte. Diese Vorgangsweise ist von den SNCF schließlich auch zum technischen Standard erklärt worden.

Die (damalige) DB interessierte sich vornehmlich für den Einfluss der Arbeitsgeschwindigkeit. Bei diesen gemeinsam mit den Forschungsabteilungen in Minden (Westfalen) und München vorgenommenen Untersuchungen konnte eine große Unabhängigkeit von der Arbeitsgeschwindigkeit festgestellt werden, die Messergebnisse des QVW waren bei 600 m/h ebenso hoch wie bei 2400 m/h! Diese Experimente demonstrierten aber auch eindeutig die Notwendigkeit einer gleichmäßigen Arbeitsausführung, insbesondere einer gleichmäßigen Arbeitsgeschwindigkeit.

Die Tatsache einer Senkung, also einer Absenkung der Gleishöhe durch die „Dynamische Gleisstabilisation“, verursachte erhebliche Diskussionen und den Wunsch, mit dem DGS das Nivellement zu korrigieren. Entsprechende Versuche haben aber weder zu einem signifikant besseren geometrischen Ergebnis, noch zur Möglichkeit der Vorgabe einer Zielgeometrie (wie bei Stopfmaschinen) geführt. Das auf dem DGS aufgebaute Nivelliersystem kontrollierte lediglich die Gleichmäßigkeit der Absenkung. Die Wirkung des DGS lässt sich am besten mit einer Überprüfung der Gleichmäßigkeit der (vorlaufenden) Unterstopfung beschreiben. Ist diese ungleichmäßig, so hinterlässt der nachfolgende DGS ebenfalls eine unbefriedigende Gleis-Höhenlage.

In diesem Zusammenhang ist ein Experiment auf einem Neubaugleis des damals neuen Zentral-Verschiebebahnhofes Wien-Kledering zu erwähnen, in dem der DGS auf einer durch Handstopfung hergestellten Geometrie eingesetzt wurde. Die Ungleichmäßigkeit der Unterstopfung wurde erbarmungslos offenbart.

Schon seit langem hatte die Niederländische Bahn NS großes Interesse an einer nachträglichen Verfestigung der Schwelleneinbettung. Dies hat mit der (damaligen) Verwendung von gebrochenem Flussschotter („broken grind“) als Bettungsmaterial für Gleise zu tun. Das Gleis in den Niederlanden weist darüber hinaus vielfach auch einen sehr weichen Untergrund auf, der besondere Probleme mit sich bringt und die Befürchtung nährte, die Schwingungen des DGS könnten bleibende Verformungen des Gleiskörpers oder andere abträgliche Erscheinungen bewirken, machte doch die Geschichte vom (durch den DGS) zusammengestürzten Haus in Europa die Runde! Später erklärte der Oberbauchef der NS, Harmsen, dass er in einer Sitzung des ORE lediglich einen Witz machen wollte!

England besaß zum Zeitpunkt der DGS-Versuche nach Angaben der damaligen British Rail (BR) etwa 80 000 Brücken aus Ziegelmauerwerk, die zugegebenermaßen nicht mehr in bestem Zustand waren. Daher richtete sich das Hauptinteresse der BR auf die Wirkung des DGS auf vorgeschädigte Brücken dieser Art. Das Argument, der DGS könne als Testeinrichtung für die Tragfähigkeit solcher Brücken Verwendung finden, wurde nicht weiter verfolgt, da die Experimente zeigten, dass durch den DGS zwar eine nicht unerhebliche Erschütterung verursacht wird, aber andererseits keine wie immer gearteten Schäden beobachtet werden konnten. Dennoch – diese Problematik hat in den Betriebsanleitungen für den „Dynamischen Gleisstabilisator“ ihren Niederschlag gefunden:



der Einsatz des DGS auf Brücken soll entweder mit reduzierter Frequenz – und damit quadratisch verringerter Schlagkraft – und/oder mit einem gehörigen Abstand von den Eigenfrequenzen dieser Bauwerke durchgeführt werden. Diese Einschränkungen gelten auch für Stütz- und Flügelmauern sowie für (alte) Tunnelbauwerke. Schließlich wurde in England die Wirkung des DGS mit den Kenntnissen über die normale Schotterverdichtung unter Zugverkehr verglichen. Im Zwang, derartige Ergebnisse einfach und deutlich zu kommunizieren, wurde die Wirkung des DGS im Zugverkehr mit einer Gesamttonnage von rund 200 000 t gleichgesetzt, wobei der QVW und die im Experiment beobachtete Gleissetzung für diese Einschätzung herangezogen wurden.

Weitere Erprobungen wurden in Ungarn durchgeführt. Das Hauptinteresse lag einerseits an der Bestätigung der bereits vorliegenden Erkenntnisse, andererseits wurde aber auch die Frage aufgeworfen, ob mit Hilfe des DGS nicht ein gezieltes Absenken des Gleises möglich wäre. Ein

entsprechendes Experiment verlief positiv, zu einer Weiterentwicklung dieser Idee mit einer durch ein Nivelliersystem kontrollierten Absenkung ist es jedoch nicht gekommen.

Auch Italien versuchte die Vorteile der dynamischen Gleisstabilisierung für sich zu nutzen. Erprobungen mit begleitenden Messungen fanden auf gerade fertig gestellten Abschnitten der „Direttissima“ Rom – Florenz und auf anderen Strecken statt. Sie bestätigten im Wesentlichen die bereits vorhandenen Kenntnisse. In Tab. 1 sind die Ergebnisse der wesentlichen Untersuchungen aus der Beginnzeit zusammengefasst.

## 4 Die Bewährung der dynamischen Gleisstabilisation

### 4.1 Der DGS 62 N

Ab 1981 erhielt der Dynamische Gleisstabilisator seine heutige Form: Eine ca. 60 t schwere, vierachsige Maschine (Abb. 7) mit Eigenantrieb. Die maximale Auflast beim Stabilisieren beträgt 356 kN (35 t).

	DGS-Untersuchungen zur Beginnzeit (1976 – 1979)
Untersuchungsziel	Ergebnis
Gleissetzung, erhöhte Dauerhaftigkeit der Durcharbeit	Die vom Stabilisator erzielte Setzung entspricht dem Wert, der nach 700 000 Lt erreicht werden würde [1].
	Messfahrten nach dem Stabilisator mit dem MAUZIN Messwagen der SNCF zeigen, dass der Stabilisator eine sehr gleichmäßige Setzung erzielt [2].
	Nach dem Gleisumbau erzielt der Stabilisator Setzungen von 10 – 11 mm. Messungen nach 1,6 Millionen Lasttonnen zeigen noch immer sehr gleichmäßige Setzungen; durch Stabilisation wird daher eine dauerhafte Gleisgeometrie erreicht [3].
	Die max. erzielten Setzungen betragen 12 mm. Die Stabilisation bewirkt einen gleichmäßigeren Schotterbettkoeffizienten [4].
	Die erreichte Setzung (12 mm) entspricht dem Wert, der nach 140 000 Lt in einem nicht stabilisierten Gleis auftritt. Nach 280 Lt treten im stabilisierten Gleis nur 1 – 2 mm Setzung auf [5].
	Nach 100 000 Lt kann in den stabilisierten Gleisabschnitten keine Verschlechterung der Gleisgeometrie festgestellt werden [6]. Die erzielten Setzungen sind sehr gleichmäßig und betragen 8 – 10 mm [7].

Tab. 1: Zusammenfassung wesentlicher Untersuchungen aus der Beginnzeit →

Beeinflussung der Gleisgeometrie	Die Arbeit des Stabilisators hat keinen negativen Einfluss auf die Gleisgeometrie [8].
	Durch das Stabilisieren nach Gleisumbauarbeiten tritt keine Veränderung der Gleisgeometrie auf. Kurze Wellen (5 m) in der Gleisrichtung werden eliminiert [3] [9].
	Die Gleishöhenlage ist nach dem Stabilisator besser, als sie nach 80 000 Lt wäre. Die Gleisrichtung wird durch den Stabilisator verbessert (ein Einzelfehler von 5 mm wurde beseitigt) [10].
	Die Qualität der Gleislage wird durch den Stabilisator nicht verändert, kleine Unregelmäßigkeiten werden manchmal sogar beseitigt [4].
	Die Gleisgeometrie wird durch den Stabilisator nicht negativ beeinflusst [11].
	Mit dem Stabilisator ergibt sich keine Verschlechterung der Gleislage gegenüber „nur stopfen“ [12].
	Die Gleisgeometrie wird durch das Stabilisieren nicht verändert [6].
	In der Geometrie keine auffallenden Unterschiede. Spitzen in der Längshöhe und Richtung abgebaut [7].
Erhöhung des Querverschiebewiderstandes	Tests von Plasser & Theurer und der SNCF zeigen eine Erhöhung des Querverschiebewiderstandes nach der Stabilisation – verglichen mit dem Zustand unmittelbar nach dem Stopfen oder nach Zwischenfachverdichtung [1].
	Messungen nach der Stabilisation auf den Gleisen von DB, NS, BR, SNCF zeigen, dass der Querverschiebewiderstand dem Wert entspricht, der in unverdichteten Abschnitten nach 100 000 Lt erreicht wird [2].
	Versuche der SNCF zeigen, dass der Querverschiebewiderstand nach dem Stabilisieren im Allgemeinen 100 000 Lt entspricht [4].
	Tests auf Kiesschotter zeigen, dass vom Verlust an Querverschiebewiderstand durch das Stopfen 50 % mit dem Stabilisator zurückgewonnen werden [11].
	Mit dem Stabilisator erreicht man ca. 70 – 80 % des ursprünglichen Querverschiebewiderstandes (nur Stopfen: 45 – 50 %) [12].
	Der Wiedergewinn an Querverschiebewiderstand durch Stabilisation beträgt: 100 %, gemessen ohne Gleisbelastung 67 %, gemessen mit einer Auflast von 105 kN [13].
	Der Querverschiebewiderstand entspricht 100 000 Lt, deutliche Vorteile gegenüber Zwischenfachverdichten [7].
Einfluss auf die Gleisbefestigung	Die Belastung der Befestigungsmittel durch den Stabilisator beträgt lediglich 3 % der Anzugskraft der Befestigungen [1].
	Die Kräfte auf Schrauben und Dübel, die vom Stabilisator verursacht werden, betragen lediglich 3 % der Anschraubkräfte [2].
	Durch den Stabilisator tritt keine Überlastung der Befestigungen auf [4].
	Die Belastung der Befestigungsmittel durch den Stabilisator beträgt lediglich 2 % der Verkehrsbelastung [14].
	Das Anzugsmoment der Befestigungsmittel wird durch den Stabilisator nicht verändert. An den Dübeln ist keine Verformung festzustellen [15].
Langsamfahrstellen	Nach der Stabilisation ist Fahren mit voller Geschwindigkeit sofort möglich [2]
	Die Tests bei der SNCF weisen darauf hin, dass Langsamfahrstellen nach Gleisumbauten reduziert werden können [10].

Sicherheit gegen Gleisverwerfung	Durch die Arbeit des Stabilisators werden lokale Spannungsspitzen in den Schienen abgebaut. Die Arbeitsgeschwindigkeit des Stabilisators beeinflusst die Ergebnisse nur unwesentlich [4].
Einfluss auf das Nachbargleis	Die Arbeit des Stabilisators beeinflusst das Nachbargleis nicht [3] [9].
Schientemperatur	Die Tests bei der SNCF weisen darauf hin, dass die Gleiserhaltung auch bei höheren Temperaturen durchgeführt werden kann [10].
Arbeitsgeschwindigkeit	Die Arbeitsgeschwindigkeit des Stabilisators hat keinen Einfluss auf die Arbeitsergebnisse [5, 29].

**Tab. 1:** Zusammenfassung wesentlicher Untersuchungen aus der Beginnzeit

Obwohl die Auflast die Räder entlastet ist, bleibt noch genug Radlast zur Übertragung der Antriebskräfte. Ursprünglich war man der Ansicht, dass die Bedienerkabine auf einem eigenen Fahrzeug sein soll, um die Vibrationen des Stabilisationsaggregates nicht in die Kabine zu übertragen. Durch entsprechende Dämpfungselemente wurde aber erreicht, dass auch bei dem neuen Maschinenkonzept die Vibrationen

in der Kabine weit unterhalb der zulässigen Werte sind.

#### 4.2 Ergebnisse 1980 bis Ende der 1990er Jahre

Die in Tab. 1 angeführten Untersuchungen hatten sich bereits mit den wesentlichen Fragen der dynamischen Gleisstabilisation beschäftigt und diese auch zufriedenstellend beantwortet. In rund 20 Jahren wur-

**CEMAFER**  
Gleisbaumaschinen

Mess- und Prüfgeräte

**GEISMAR**  
www.geismar.com

... mehr als Maschinen

- Schienen schleifen
- Gleise und Weichen verlegen
- Schienen heben
- Schienen befestigen
- Schienen wärmen
- Gleisfahrbare Transportmittel
- Schienen bohren
- Schienen bearbeiten
- Stationäre & mobile Anlagen
- Schotter bearbeiten
- Signale und Sicherheit
- Schwelen bearbeiten
- Allgemeine Werkzeuge

**DB**  
Digitales Hochleistungsreaktionssystem Diamond-56  
DB Anwennerfreigabe nach RStB 821/2000

**diamond-56**

CEMAFER Gleisbaumaschinen und -geräte GmbH  
Ivinger Landstraße 3 • 79256 Breisach  
+49 7507 9093 0 • www.cemaferr.com



**Abb. 7:** Die vierachsige Standardausführung DGS 62 N

den zahlreiche weitere Untersuchungen durchgeführt, die die Effektivität der dynamischen Gleisstabilisation bestätigten. Die Ergebnisse wurden immer wieder in Veröffentlichungen zusammengefasst, wie z. B. [18] 1988 von Schubert. Er prägte den Begriff „der räumlichen Verdichtung des Gleisschotter“: Das heißt, durch das Zusammenwirken von Unterfüllen der angehobenen Schwellen durch Stopfen und dem anschließenden Stabilisieren wird ein räumlich kompaktes Schotterbett erzielt. Die DB untersuchte vor allem die Wirkung der Gleisstabilisation auf Neubaustrecken [19]. Es wurde die Verdichtwirkung, der Einfluss auf die Gleislage sowie Auswirkungen auf Bauwerke und deren Umgebung untersucht. Die Ergebnisse belegten die hohe Verdichtwirkung und die geringe Beeinflussung des Gleisumfeldes. Verschiedene Einsatztechniken, je nach

Einsatzbereich, sicherten die optimale Verdichtung der Bettung unter Beibehaltung der vorhandenen Gleislagequalität. Lichtberger hebt besonders die homogenisierende Wirkung der Gleisstabilisation [20] als Grundlage für hohe Dauerhaftigkeit der berichtigten Gleislage hervor. Bei Arbeiten im aufgelockerten Schotterbett nach Bettungsreinigung, Gleissanierung oder Gleisneubau muss nach jedem Stopfgang der Gleisstabilisator eingesetzt werden.

### 4.3 Gleisstabilisation international

#### 4.3.1 Einsätze bei den Bahnen der Welt

Dynamische Gleisstabilisation wird heute in 45 Ländern angewandt. In Österreich ist diese nach allen Stopfgängen vorgeschrieben, auch die Weichen werden stabilisiert. Die Schweiz (SBB) vertraute lange auf die Zwischenfachverdichtung; nach umfang-

reichen Tests, die im August 2005 abgeschlossen waren, wurde die dynamische Gleisstabilisation als Standardverfahren zugelassen und auch entsprechend eingesetzt.

Bemerkenswert sind die finanziellen Erfolge in Großbritannien. 1987 belegten Tests, dass auch bei neu eingeschotterten Gleisen der Verkehr mit 200 km/h aufgenommen werden kann, wenn das Gleis stabilisiert wurde. Es war daher nicht mehr notwendig, nach Bettungs- und Gleissanierungsarbeiten Langsamfahrstellen einzurichten. Da bis dahin nach den Wochenend-Arbeiten ein langsames Fahren bis zum nächsten Wochenende vorgeschrieben war, konnten durch Einsatz des Stabilisators enorme Kosten gespart werden. British Rail errechnete ein jährliches Einsparungspotential von 20 Mio. GBP und beschaffte daraufhin elf Dynamische Gleisstabilisatoren DGS 62 N.

Sowohl in den Schnellverkehrsländern Frankreich und Spanien als auch in den größten Eisenbahnnetzen der Erde – China und Indien – wird die dynamische Gleisstabilisation angewandt.

In Japan ist der Einsatz des Stabilisators auf den Hochgeschwindigkeitsstrecken (Spurweite 1435 mm) und auch auf den klassischen Gleisen (Spurweite 1067 mm) Standard. Sie sind in der Mehrzahl als Kombinationsmaschinen ausgeführt und dienen gleichzeitig zum Einschottern und Stabilisieren (Abb. 8). Die Motivation für diese Ausführung ist geringer Bedarf an Abstellflächen, weniger Bedienungspersonal sowie die technologisch vorteilhafte Zusammenlegung von Einschottern und Stabilisieren.

#### 4.3.2 Gleisstabilisation in den USA

Eine besondere Herausforderung stellte die Gleisbearbeitung in den USA dar.







**Abb. 8:** KSP 2002, eine kombinierte Planier- und Verdichtmaschine für Japan

Das größte Interesse an der „dynamischen Gleisstabilisierung“ ging zunächst von der staatlichen Gesellschaft für bundesweiten Personenverkehr Amtrak aus, die auch die Gleisstrecke Boston – New York – Washington (North-East-Corridor) betreibt. Über deren Gleise verkehren in den Nachtstunden auch schwere Güterzüge anderer Gesellschaften mit bis zu 35 t Achslast. Auch hier war man bereits mit Problemen mangelnder Gleisstabilität konfrontiert worden und so wurde ein DGS beschafft, der in seiner für Europa stärksten Ausführung 1983 geliefert wurde. Im März 1984 rief ein enttäuschter Vertreter der Plasser American Corp. aus USA an und teilte mit, dass „der DGS keinerlei Wirkung auf das Gleis habe, wie dies von einem Messteam einer Universität festgestellt worden sei“. Eine Überprüfung der Sachlage ergab Folgendes: Schwere euro-

päische Gleise waren damals (wie heute) mit Schienen 60 E1 (UIC 60) und Betonschwellen B70 mit rund 300 kg Masse sowie einem Schwellenabstand von 60 cm ausgerüstet.

In den USA sind dagegen noch schwerere Schienen AREA 140, Betonschwellen mit je 400 kg Gewicht in einem Schwellenabstand von 20" (50 cm) verlegt. Auf diesem Gleis rüttelte der DGS sich selbst, war aber tatsächlich nicht in der Lage, das Gleis in Vibration zu versetzen.

Eine Vergrößerung der Unwuchten wurde mittags vereinbart, noch in der folgenden Nacht mittels Privatflugzeug geliefert und eingebaut. Damit konnte eine erwünschte Amplitude von  $\pm 3$  mm am schweren Gleis erreicht werden – und die nachfolgenden Messungen belegten die bereits in Europa festgestellte Wirksamkeit des „Dynamischen Gleisstabilisators“.



**JOSEPH HUBERT**  
Bauunternehmung  
GmbH & Co. KG

# TRADITION KOMPETENZ QUALITÄT

in Gleisbau und Schweißtechnik



**SETZEN SIE SICH MIT UNS IN VERBINDUNG!**

jhubert – Hauptsitz  
Bleichstraße 15 | 90429 Nürnberg  
Tel.: (0911) 92684-0  
Fax: (0911) 92684-50  
mail: [info@jhubert.de](mailto:info@jhubert.de)  
[www.jhubert.de](http://www.jhubert.de)

jhubert – Niederlassung  
Harpener Str. 2 a | 44791 Bochum  
Tel.: (0234) 90182-0  
Fax: (0234) 90182-50  
mail: [info-bochum@jhubert.de](mailto:info-bochum@jhubert.de)  
[www.jhubert.de](http://www.jhubert.de)

	Querverschiebewiderstands-Untersuchungen in den USA (1990 – 2010)
	Ergebnis
Erhöhung des Querverschiebewiderstandes durch DGS	Volpe/Union Pacific Tests – Betonschwellen: 33 % QVW-Erhö­hung [21]
	Volpe/Amtrak/FRA Tests – Betonschwellen: 31 % QVW-Erhö­hung [22] [23]
	UP/TTCI Tests – Betonschwellen (Gerade): 60 % QVW-Erhö­hung [24]
Erhöhung des Querverschiebewiderstandes durch Verkehr mit verringerter Geschwindigkeit	AAR/TTC Tests – Holzschwellen (Gerade): 17 % QVW-Erhö­hung nach 100 000 Lt; 32 % nach 1 000 000 Lt – Holzschwellen (5° Kurve): 9 % QVW-Erhö­hung nach 100 000 Lt; 21 % nach 1 000 000 Lt [25]
	Volpe/FRA Tests – Holzschwellen (Gerade): 26 % QVW-Erhö­hung nach 100 000 Lt – Betonschwellen (5° Kurve): 22 % QVW-Erhö­hung nach 100 000 Lt [26]
	Volpe/Union Pacific Tests – Betonschwellen: 17 % QVW-Erhö­hung nach 350 000 Lt [21]
	UP/Foster-Miller Tests – Holzschwellen: nach 100 000 Lt geringfügige Verbesse­rung; 28 % QVW-Verbesserung nach 200 000 Lt [27]
	UP/TTCI Tests – Betonschwellen: 49 % QVW-Erhö­hung nach 100 000 Lt [24]

Tab. 2: Querverschiebewiderstands-Untersuchungen in den USA

Arbeiten auf amerikanischen Holzschwellengleisen wurden anfangs als nicht sehr erfolgversprechend eingeschätzt, da die übliche Schienenbefestigung mit Schiennägeln durchaus seitliches Spiel erlaubt. Doch die in das Holz eingearbeiteten Unterlagsplatten, im Zusammenwirken mit der vom DGS aufgebrachten Vertikal­kraft, reichen offensichtlich für einen ausreichenden Kraftschluss zwischen Schiene und Holzschwelle aus, der Mechanismus funktioniert. Die beabsichtigte Erhöhung des QVW wurde vielfach nachgewiesen.

Da in den USA die Gleisdurcharbeitungen strikt nach ihrer Notwendigkeit durchge­führt werden, wurde auch eine nennenswerte Verlängerung der Durcharbeitungszeiträume um etwa ein Drittel festgestellt. [28]

Heute sind in den USA und Kanada etwa 90 Dynamische Gleisstabilisatoren im regelmäßigen Einsatz. Entscheidend für diesen Erfolg ist, dass durch den DGS der notwendige QVW nach Stopfarbeiten wiederhergestellt wird und dass dies vom DOT (Department of Transportation) an-

erkannt ist [29]. Langsamfahrstellen, die bei den langen und schweren US-Zügen besonders teuer sind, können entfallen. In Tab. 2 sind wesentliche Untersuchungen zum QVW in den USA aufgelistet. Es fällt auf, dass der DGS offensichtlich eine bessere Wirkung auf den QVW hat als 100 000 Lasttonnen.

#### 4.3.3 Hochgeschwindigkeit und Gleisstabilisation

Hochgeschwindigkeitsversuche können auf neu gebauten Gleisen nur durchgeführt werden, wenn bereits eine ausreichende Stabilität der Gleislage erreicht ist. 1955 stellte die SNCF einen Geschwindigkeitsweltrekord von 355 km/h auf. Erschrocken mussten die Ingenieure feststellen, dass die Gleisgeometrie durch die Rekordfahrt zerstört wurde. Die Gleislage wurde damals mittels Soufflage (Schaufelverfahren) manuell hergestellt.

Bei den Weltrekordfahrten seit 1981 wurde die Gleislage jeweils mit Plasser & Theurer-Maschinen hergestellt, und der DGS sorgte für die nötige Stabilität. Von da an hielt die

Gleisgeometrie den hohen Beanspruchungen der Rekordfahrten stand. Die Rekorde im Einzelnen:

- 1981, SNCF, 380 km/h auf der Strecke Paris – Lyon, Frankreich,
- 1988, DB, zum ersten Mal über 400 km/h: 406 km/h auf der Strecke Würzburg – Hannover, Deutschland,
- 1990, SNCF, über 500 km/h: 515,3 km/h mit TGV Atlantique zwischen Vendome und Tours,
- 2007, SNCF, der Geschwindigkeitsrekord von Maglev-Zügen wird nur knapp verfehlt: 574,8 km/h auf der Schnellfahrstrecke zwischen Paris und Straßburg (Abb. 9).

#### 4.4 Gleisstabilisation und Schotterflug

Dem Auftreten von „fliegendem Schotter“, der mit großer Wucht Teile des Fahrwerkes trifft und beim Wegschleudern auch Gefahr für die Umgebung bedeutet, stand

man zunächst etwas ratlos gegenüber. Im Zuge der Aufklärung der Ursachen fand man heraus, dass die bei hohen Fahrgeschwindigkeiten unter den Zügen eintretende Sogwirkung zusammen mit den Verwirbelungen der Luft einen Teil der Ursache darstellte. Als zweite Vorbedingung konnte auf den Schwellen zwischen den Schienen liegender Schotter gefunden werden, der beim Herannahen eines schnellen Zuges aufgrund der zunehmenden Vibrationen der Schwelle zu springen begann, seine Auflage verlor und vom Luftstrom mitgerissen wurde. Ob auch aus den (lockeren) Schotteroberflächen zwischen den Schwellen Schotterkörner herausgerissen wurden, wurde nicht eindeutig geklärt.

Tatsache ist, dass der Einsatz des Dynamischen Gleisstabilisators die Schotterkörner veranlasst

- von den vibrierenden Schwellenoberflächen zu gleiten und



**Abb. 9:** Rekordfahrt mit 574,8 km/h mit einem Doppelstock -TGV



- das gesamte Schotterbett, im Besonderen seine oberen Schichten, zu verdichten und zu verfestigen.

Dieser Verfestigungseffekt ist bei jeder Neuschotterung schon empirisch festzustellen, man braucht nur vor dem Einsatz des Dynamischen Gleisstabilisators in die neu gestopften und verfüllten Schwellenfächer zu treten und nach dem Einsatz des DGS auf gleiche Weise das Gleis zu begehen.

Die wirksame Schotterverdichtung lässt den Schotter zusammensinken, die Schotteroberfläche kommt etwas unter der Schwellenoberfläche zu liegen. Es deutet vieles darauf hin, dass der regelmäßige Einsatz des DGS den durch Luftzug verursachten Schotterflug vermeidet, jedoch sind entsprechende Informationen meist vage und unzuverlässig. Andere Phänomene, wie z. B. das Einschlagen von Eisklumpen, die sich von den schnell fahrenden Zügen lösen und in das Schotterbett einschlagen, werden subsummiert.

## 5 Die dynamische Gleisstabilisation heute

### 5.1 Bestätigungen durch neue Untersuchungen

Die empirische Erfahrung mit der Verlängerung der Durcharbeitungszyklen durch den DGS ist durchaus positiv. Man rechnet im Schnitt mit 30 % Zyklusverlängerung. In einem UIC-Projekt wurde von verschiedenen Bahnen die Wirkung des DGS auf eine längere Haltbarkeit der Gleislage untersucht, die Ergebnisse waren ebenfalls positiv. Es stellte sich aber auch heraus, dass es oft schwierig ist, Testverhältnisse zu schaffen, bei denen für alle Anwendungsfälle gleiche Bedingungen herrschen [30].

Belgien, Österreich und Schweiz kamen zu dem Ergebnis, dass die Verschlechterungsrate mit Nachverdichtung geringer ist als ohne. Am klarsten waren die Er-

gebnisse aus der Schweiz, man stellte auch die Überlegenheit des DGS gegenüber der Zwischenfachverdichtung fest. Die positive Wirkung auf den QVW ist unbestritten. Der Einsatz von Vorkopfverdichtern im Stopfbereich ist aber trotzdem anzuraten. Adif, Spanien, stellte 20 % Einsparung der Stopfarbeiten auf Hochgeschwindigkeitsstrecken mit gutem Schotter fest; bei schlechtem Schotter gab es ebenfalls positive Effekte, die aber nicht quantifizierbar waren. Der benötigte QVW wurde jedenfalls verbessert.

### 5.2 Neue Möglichkeiten

#### 5.2.1 Einflussgrößen der Gleisstabilisation

Nach Lichtberger [31] zählen folgende Parameter zu den Einflussgrößen, die den Effekt der Gleisstabilisation beeinflussen:

- die Stabilisierfrequenz,
- die vertikale Auflast, die über die Hydraulikzylinder auf die Stabilisieraggregate ausgeübt wird,
- die Arbeitsgeschwindigkeit und
- die dynamische Schlagkraft.

Die ersten drei Parameter werden während der Maschinenarbeit variiert, die Schlagkraft ist durch die Exzentermasse vorgegeben. Bei der Standardausführung des DGS 62 N beträgt die gesamte dynamische Schlagkraft bei  $30 \text{ Hz} \pm 200 \text{ kN}$ . Die vertikale Auflast variiert von 0 bis 356 kN (Summe aller Aggregate).

Die Wirksamkeit der einzelnen Parameter – unter der Annahme, dass sie untereinander ungekoppelt sind – kann in folgender empirischen Formel dargestellt werden:

$$S = (4,2 \cdot \ln(h) - 4) \cdot (0,037 \cdot f - 0,14) \cdot (0,002 \cdot F_v + 0,52) \cdot (-0,07 \cdot \ln(v) + 1,03) \cdot (0,007 \cdot m_e + 0,4)$$

$$QVW[\%] = 13 \cdot \ln(S) + 10$$

S = errechnete Setzung durch DGS [mm]  
h = Hebung [mm]  
f = Frequenz [Hz]  
F<sub>v</sub> = vertikale Auflast [kN]



$v$  = Arbeitsgeschwindigkeit [km/h]  
 $m_e$  = Exzentermasse gesamt [kg]

Während die Exzentermasse in der Regel fix vorgegeben ist, wird die Auflast vom Nivelliersystem gesteuert und so die Höhenlage geregelt. Die Frequenz wird meistens an die Oberbauverhältnisse angepasst; damit Resonanzschwingungen vermieden werden können, gibt es für die Arbeit auf festen Bauwerken oft eigene Anweisungen. Die Arbeitsgeschwindigkeit beeinflusst das Ergebnis nur minimal, daher wird sie der vorlaufenden Maschine angepasst.

### 5.2.2 Verstellbare Unwucht

Aus der Formel ist ersichtlich, dass die Setzung am stärksten von der Exzentermasse beeinflusst wird. Es gibt daher die Möglichkeit, in den DGS verstellbare Unwuchten einzubauen und die Gleisabsen-

kung (und damit das Gleisnivellement) durch die Verstellung der Unwucht zu regeln. Dies ist besonders dort interessant, wo die Regelung durch die Auflast nicht ausreicht.

### 5.2.3 QVW-Messung mit dem Stabilisator

Der DGS bringt Reibenergie in das Gleis ein. Je größer der seitliche Widerstand, umso mehr Energie muss eingebracht werden. Es ist daher der Schluss zulässig, dass man den Querverschiebewiderstand mit dem DGS messen kann, wenn man die eingebrachte Energie aufzeichnet. Die Möglichkeit einer derartigen Aufzeichnung wird für den DGS angeboten. Da von den Anwendern aber Vergleichbarkeit mit bestehenden Messmethoden erwartet wird, ist eine entsprechende Validierung erforderlich. Van den Bosch von AET Niederlande hat auf Gleisen mit UIC 60-Schienen



**Abb. 10:** MDZ mit Universalstopfmaschine 09-32 4S Dynamic

und Monoblock Betonschwellen in einer Versuchsserie einen Umrechnungs-Algorithmus entwickeln können [32].

### 5.3 Neueste Entwicklungen

Die Standardausführung des Gleisstabilisators ist nach wie vor die vierachsige selbst angetriebene Maschine DGS 62 N (Abb. 7). Mit der Entwicklung der kontinuierlich arbeitenden Stopfmaschinen im Jahre 1983 ergaben sich aber neue Möglichkeiten: Der Stabilisator, der nur in kontinuierlicher Arbeitsweise gut funktioniert, kann jetzt mit Stopfmaschinen kombiniert werden (Abb. 10). Solche Maschinen haben die Bezeichnung „09-Dynamic“. Wesentliche Ausführungsvarianten sind:

- kontinuierlich arbeitende Streckenstopfmaschine als Ein-, Zwei-, Drei- oder Vier-Schwellen-Stopfmaschine,
- kontinuierlich arbeitende Universalstopfmaschine für Gleise und Weichen

als Ein- oder Zwei-Schwellen-Stopfmaschine,

- für Nordamerika wurde mit der Type Dyna-C.A.T. eine Kompaktlösung konzipiert (Abb. 11). Hier ist die Stopfmaschine ein Anbauteil zum DGS.

Eine andere Möglichkeit ist die Kombination mit einer kontinuierlich arbeitenden Schotterplaniermaschine; diese Variante ist in Japan die Standardausführung (Abb. 8). In Europa sind ebenfalls derartige Kombinationen eingesetzt, zum Beispiel in Frankreich.

Der Vorteil der Kombination liegt in der Einsparung an Bedienungspersonal und vor allem in der sich daraus ergebenden, zwingend richtigen Arbeitsweise.

#### 5.3.1 Stabilisieren in Weichen

Gleisstabilisation ist auch in Weichen möglich. Es müssen lediglich die seitlichen Anpressrollen hochgeklappt werden, da-



**Abb. 11:** Gleisstabilisator mit angebaute Stopftefl in Nordamerika

mit keine Weichenteile beschädigt werden. Durch die Auflast erfolgt trotzdem die Übertragung der Aggregatschwingungen ins Gleis (Abb. 12). Der Vorteil des Weichenstabilisierens liegt vor allem in der Verbesserung der vertikalen Festigkeit und auch darin, dass das Schotterbett der Weiche mit den Anschlussgleisen homogenisiert wird.

Bei den ÖBB gelten zum Beispiel – kurz gefasst – folgende Regeln für den Einsatz des DGS in Weichen:

- Gleisneulage:  
DGS wird immer und bei jeder Überfahrt der Stopfmaschine eingesetzt (siehe auch 4.2 – Lichtberger),
- Erhaltungsstopfung:  
 $V \leq 100$  km/h – DGS wird in Weichen empfohlen (kein Muss-Kriterium)  
 $100 < V \leq 160$  km/h – bei Stopfung im Kofferprofil ist der DGS nicht notwendig; bei allen anderen Einsatzfällen

schon (in diesem Fall gilt bei Nichtverwendung des DGS  $V_{\max} = 90$  km/h für 48 Stunden)

$V > 160$  km/h – in allen Fällen ist der DGS einzusetzen (ansonsten  $V_{\max} = 90$  km/h für 48 Stunden, anschließend  $V = 160$  km/h bis zum DGS-Einsatz).

## 6 Zusammenfassung

Die „dynamische Gleisstabilisation“ ist eine Technologie, die seit 40 Jahren zu einer Vervollkommnung der Gleisarbeiten beiträgt. Die Homogenisierung des Schotterbettes führt zu einer wirksamen Einbettung des Gleisrostes in das Schotterbett, verbunden mit Festigkeitswerten, die eine sichere Lage auch unmittelbar nach der Gleisbearbeitung gewährleisten. Der Vorteil der Verlängerung der Durcharbeitungszeiträume könnte allerdings noch viel mehr genutzt werden. Dafür ist die Politik



Abb. 12: Stabilisieren in Weichen

einer strikt zustandsabhängigen Gleisinstandhaltung eine gute Voraussetzung. Die Kombination mit anderen Maschinen, wie sie heute angeboten wird, ermöglicht einen kostengünstigen Betrieb dieser Technologie.

### Quellen

- [1] Schubert, E.: Vortrag zur ÖVG-Tagung in Bad Gastein, 1976
- [2] Rießberger, K.: Railway Gazette International, März 1977
- [3] Fortin, J. P.: International Railway Journal, September 1978
- [4] Glawischnig, W.; Rießberger, K.: Jänner 1979
- [5] Tests der PKP, 1977/1978
- [6] Tests der SBB, September 1978
- [7] Tests der FS, Februar 1978
- [8] Janin, G. J.: Revue Générale des Chemins de Fer, Oktober 1977
- [9] Fortin, J. P.; Klotzinger, E.: Revue Générale des Chemins de Fer, Oktober 1978
- [10] Janin, G.J.: Vortrag zur ÖVG-Tagung 1978
- [11] Tests der NS, Dept. 8e, November 1976
- [12] BR-Research Derby, Sectional Note No. 378, 10. März 1977
- [13] Tests der NS, Juli 1978
- [14] Eisenmann, J.; Deischl, F.: Bericht Nr. 744, 2. Juni 1976
- [15] Test der DB, Oktober 1978 Test der PKP, Juli 1978
- [16] Prud'homme, M.A.; Janin, M.G.: Die Stabilität des mit durchgehend verschweißten Schienen verlegten Gleises, Revue Général des Chemins de Fer 2/1968
- [17] Lichtberger, B.: Handbuch Gleis, Eurailpress Verlag, 3. Auflage, S. 504
- [18] Schubert, E.: Die räumliche Wirkung der Verdichtung des Gleisschotter, ETR Eisenbahntechnische Rundschau 1+2/1988, S. 71 – 74
- [19] Kaess, G.: Erfahrungen und Ergebnisse aus dem Einsatz des dynamischen Gleisstabilisators, ETR – Eisenbahntechnische Rundschau, 10/1987, S. 663 – 667
- [20] Lichtberger, B.: Die Homogenisierung und Stabilisierung des Schotterbettes, Internationales Verkehrswesen, Beilage zu Heft 3/93
- [21] Sluz, A.; Kish, A.: Evaluation of Dynamic Track Stabilization, Volpe Project Technical Memorandum, 2000
- [22] Kish A.; Sussmann, T.; Trosino, M.: Effects of Maintenance Operations on Track Buckling Potential, Proceedings of International Heavy Haul Association, Mai 2003
- [23] Sussmann, T.; Kish, A.; Trosino, M.: Investigation of the Influence of Track Maintenance on the Lateral Resistance of Concrete Tie Track, Transportation Research Board Conference, Jänner 2003
- [24] Clark – Read, IHHA 2011, 2010
- [25] Trevizo, C.: Restoration of Post Tamp Stability WP-150, AAR/TTCI Project Report, 1990
- [26] Kish, A.; Clark, D. W.; Thompson, W.: Recent Investigations on the Lateral Stability of Wood and Concrete Tie Tracks, AREA Bulletin 752, Volume 96, Oktober 1995
- [27] Samavedam, G.: Track Resistance Measurements on the Union Pacific, Union Pacific Test Report, 2001
- [28] Clark, R.: Dynamic Track Stabilization (Conrail), Seminar Brasilien, Juli 1995
- [29] Kish, A.: Improving Ballasted Track Lateral Resistance: the US Experience, UIC International Workshop, Ballast: Issues & Challenges, paper 46
- [30] UIC: Track Geometry Maintenance Durability Seminar, 11. October 2007, Athen, Griechenland
- [31] Lichtberger, B.: Handbuch Gleis, Eurailpress Verlag, 3. Auflage, S. 486 ff.
- [32] Van den Bosch, R.: Querverschiebewiderstandsmessung mit dem dynamischen Gleisstabilisator, EI – Der Eisenbahningenieur 6/2007