

Bemessungskonzept der UIC für Eisenbahnbrücken

Autor(en): **Siebke, H.**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **IABSE reports = Rapports AIPC = IVBH Berichte**

Band (Jahr): **37 (1982)**

PDF erstellt am: **15.08.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-28899>

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.



Bemessungskonzept der UIC für Eisenbahnbrücken

UIC Concepts for Steel Railway Bridges

Concept de dimensionnement de l'UIC pour les ponts-rails métalliques

H. SIEBKE

Prof. Dr. -Ing. Ministerialrat
Deutsche Bundesbahn
Frankfurt a.M., BRD

ZUSAMMENFASSUNG

Die internationale Harmonisierung bautechnischer Regelwerke wird am Beispiel des UIC-Merkblattes 778-1 – Empfehlungen zur Berücksichtigung der Ermüdung bei der Bemessung stählerner Eisenbahnbrücken – dargestellt. Dabei wird das Grundsätzliche der angewandten Methode an der Entwicklung und den Voraussetzungen aufgezeigt. Die neuzeitlichen Ergebnisse der Betriebsfestigkeitsforschung werden berücksichtigt und die abmessungsrelevanten Einflüsse der Beanspruchungen herausgestellt.

SUMMARY

UIC leaflet 778-1 "Recommendations on Fatigue Factors to be Considered in the Design of Steel Railway Bridges" is presented as an example of the international harmonization of construction regulations. The principle of the method proposed is discussed with respect to the basis of the development and the necessary assumptions. Recent results of research in the field of resistance in service are taken into consideration and the influence of the dimensions on the stresses emphasized.

RESUME

L'harmonisation internationale des règlements de construction est présentée par l'exemple du feuillet UIC 778-1 – Recommandations relatives aux facteurs de fatigue à considérer pour le dimensionnement des ponts-rails métalliques. Le principe de la méthode proposée est exposé sur la base du développement et des hypothèses nécessaires. Les récents résultats de la recherche dans le domaine de la résistance de service sont pris en considération et les influences des dimensions sur les sollicitations sont soulignées.



1. INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT

Harmonisierung der Regelwerke für die Bemessung von Bauwerken ist eine Voraussetzung, um auch in diesem Bereich die Handelsbeziehungen über nationale Grenzen hinweg auszuweiten. Es ist aber auch eine Möglichkeit, um weltweit gemachte Erfahrungen im nationalen Bereich zu nutzen. Läßt man wirtschaftliche Aspekte außer acht, bleibt die traditionelle Gepflogenheit, wissenschaftliche und technische Erkenntnisse über die nationalen Grenzen hinweg unter Fachleuten auszutauschen. Alle drei Betrachtungsweisen haben bei der Ausarbeitung des UIC-Merkblattes 778 "Empfehlungen zur Berücksichtigung der Ermüdung bei der Bemessung stählerner Eisenbahnbrücken", über welches berichtet werden soll, eine Rolle gespielt.

UIC ist die 60 Jahre alte Vereinigung der Eisenbahnverwaltungen, die dem grenzüberschreitenden Verkehr auf dem Schienenweg Rechnung trägt. Durch Vereinheitlichung bei Gleisen, Wagen und Lokomotiven sowie Absprachen und Vereinbarungen bei Fahrplänen und Tarifen sind die nationalen Eisenbahnnetze zusammengewachsen. Vor rd. 30 Jahren führte ein sporadischer Erfahrungsaustausch der für die Eisenbahnbrücken verantwortlichen Ingenieure zu einer ständigen Zusammenarbeit im Rahmen der UIC. Dieser am Anfang unverbindliche Austausch von Ansichten machte bald deutlich, wie sich durch das Infragestellen der eigenen, von der nationalen Tradition geprägten Meinung, im internationalen Kreis neue Erkenntnisse und wirtschaftliche Erfolge erzielen lassen. Wie auch in anderen Bereichen zu beobachten ist, wird zukünftig auch im Bauwesen entscheidender Fortschritt nur in internationaler Zusammenarbeit zu erreichen sein. Dies liegt vor allem an der Notwendigkeit, zur Beantwortung der immer komplexer werdenden Fragestellungen sowohl umfangreichere Versuchsreihen als auch aufwendigere Theorien zu benötigen. Ein derartiger Aufwand ist nur in Kooperation zu bewältigen. Die weltweit zu beobachtenden Anstrengungen bestätigen diese These. Ob solche Bemühungen von Erfolg gekrönt sein werden, wird weitgehend davon abhängen, ob es gelingt, den Prozeß einer Harmonisierung als solchen mit seinen arteigenen Gesetzmäßigkeiten zu erkennen und in den Griff zu bekommen.

Im Unterausschuß Brücken der UIC hat sich ein nachweisbarer Harmonisierungserfolg eingestellt. Es könnte daher hilfreich sein, am Beispiel des Merkblattes 778 nicht nur den endgültigen Inhalt, sondern auch den Weg, der dazu geführt hat, darzustellen.

2. HARMONISIERUNG DER EISENBAHNLASTEN

Die UIC-Frage 7/J/2a wurde eingerichtet, um die Bemessungsmethoden für stählerne Eisenbahnbrücken zu studieren. Als Faktum ergab sich nach einer Fragebogenaktion eine unübersichtliche Vielfalt von Bemessungsregeln, die im eigenartigen Widerspruch zu dem gleichartigen Aussehen der meisten Brücken stand. Besonders deutlich waren die unterschiedlichen Auffassungen hinsichtlich der anzunehmenden Verkehrslasten und des anzusetzenden Stoßfaktors, der eine aus den dynamischen Ablauf der Belastung herrührende Vergrößerung der statisch wirkenden Lasten berücksichtigen soll (Bild 1).

Abhilfe sollte ein international durchzuführendes Meßprogramm schaffen. Man hoffte durch eine statistische Auswertung der Meßergebnisse die nötigen Lasterhöhungswerte erkennen zu können, erzielte dann zwar zahlreiche Detailerkennnisse, aber auch die Einsicht: Ohne Theorie, d. h. ohne "Vorurteil", welches Ergebnis eigentlich erwartet wird, sind Messungen wenig aussagekräftig. In Zusammenarbeit mit dem ORE (Forschungs- und Versuchsamt des Internationalen Eisenbahnverbandes mit Sitz in Utrecht) wurde dann eine Theorie für den Schwingbeiwert aufgestellt, in Modellversuchen überprüft und

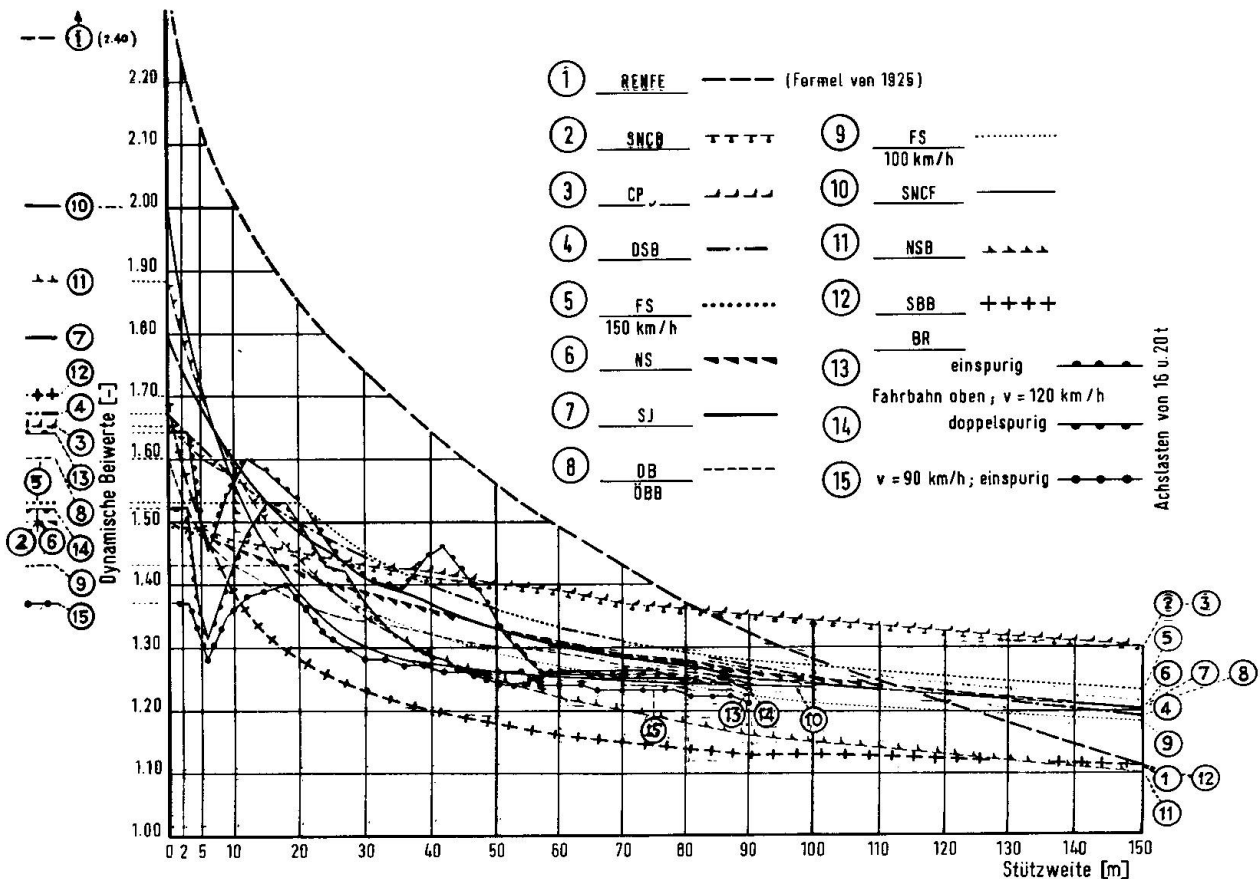


Bild 1: Dynamische Beiwerte nach seinerzeit gültigen Formeln der Eisenbahnverwaltungen (Eisenbahnbrücken aus Stahl, ohne Schotterbett, Schienen auf Schwellen ohne Schienenstöße).

auf die Meßwerte an Eisenbahnbrücken übertragen. Mit Hilfe moderner Datenverarbeitung gelang es, diese Theorie zu verfeinern und besonderen Gegebenheiten wirklichkeitsnah anzupassen. Um sie für die Praxis handhabbar zu machen, war diese Theorie vom UIC-Unterausschuß "Brücken" zu generalisieren. Hierzu war die Spanne wahrscheinlicher Eigenfrequenzen und Dämpfungen sowie auch eine Serie von Idealtypen für Betriebslastenzüge festzulegen und gleichzeitig das Belastungsbild für die statische Bemessungsbeanspruchung zu definieren, da beide Angaben als Einheit zu sehen sind.

Um unnötige Sicherheitsmargen abzubauen hatte man sich zum Ziel gesetzt, die Wirkung schnellfahrender, aber relativ leichter Personenzüge und die Wirkung langsamer, aber schwerer Güterzüge gleichzeitig abzudecken. Außerdem sollte das Belastungsbild einfach sein, damit die Auswirkungen konstruktiver Variationen im Verlauf einer Entwurfsbearbeitung überschaubar bleiben. Mit diesen Forderungen entfernte man sich weit von bisherigen Vorstellungen: Das Belastungsbild UIC 71 (Bild 2) ist kein idealisierter Eisenbahnzug und der Schwingbeiwert Φ ist kein dynamischer Effekt (Bild 3) des Belastungsbildes UIC 71! Es deckt in einer statischen Berechnung die wahrscheinlichen Beanspruchungen, die in Brücken aus der Überfahrt von Zügen entstehen können, ab. Das Belastungsbild ist klassifizierbar, d. h. durch Angabe eines logarithmisch gestuften Faktors können Lastannahmen für schwerere oder leichtere Eisenbahnverkehre getroffen werden oder umgekehrt, es können bestehende Lastannahmen oder bestehende Eisenbahnverkehre daran gemessen werden.

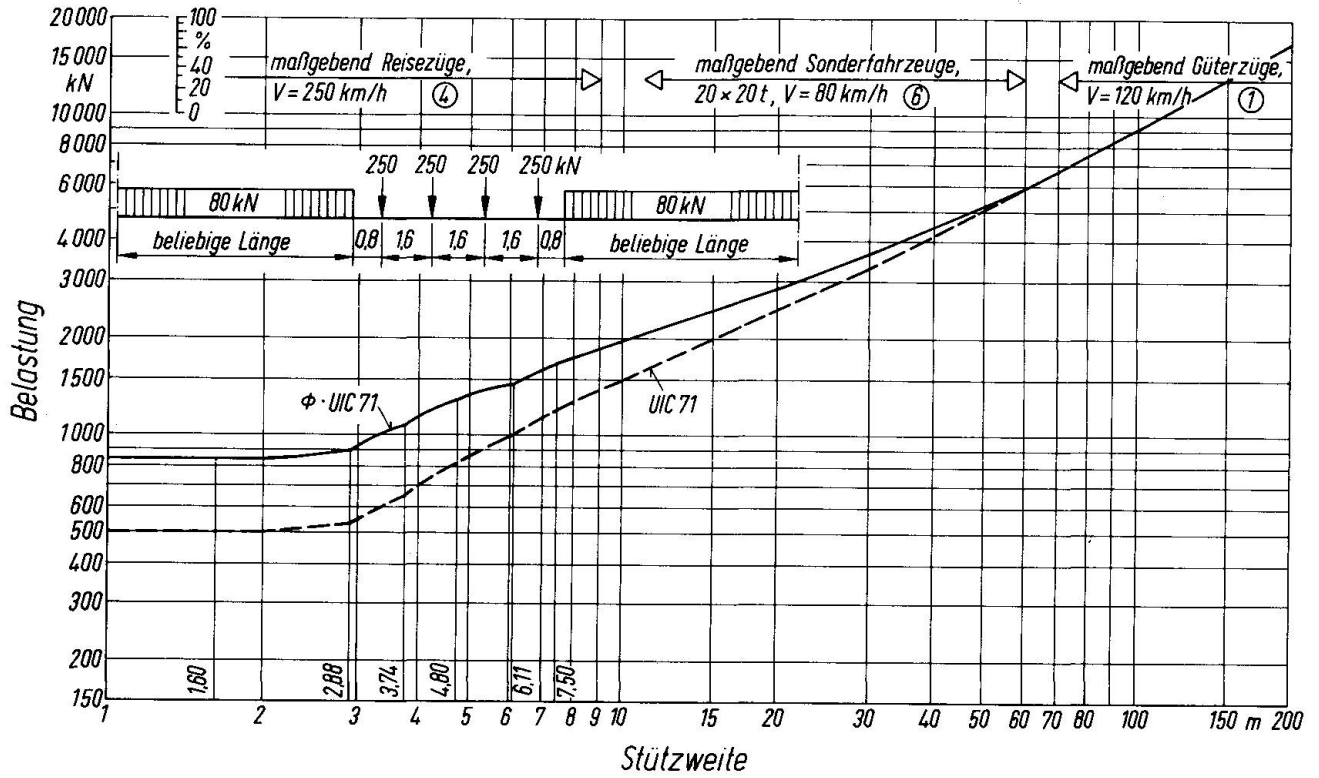


Bild 2: Belastungsbild UIC 71 und Biegemomente in Balken auf 2 Stützen in Abhängigkeit von der Stützweite.

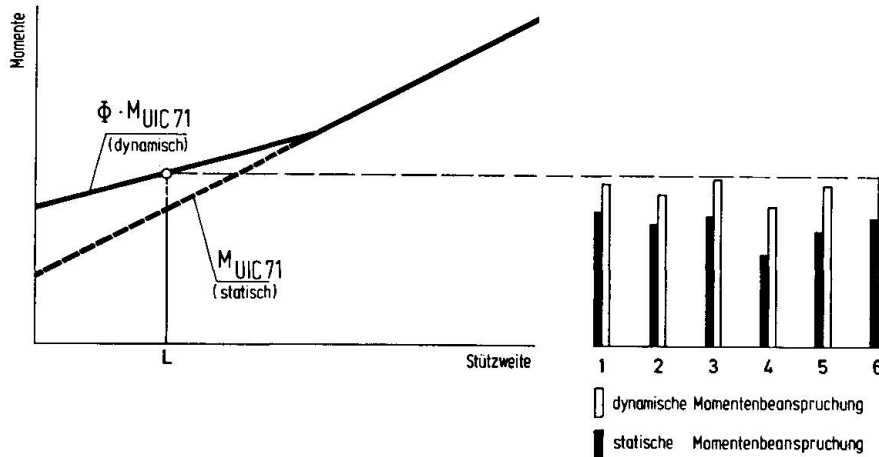


Bild 3: Verfahren zur Ermittlung der dynamischen Momentenbeanspruchung.

Dieses Vorgehen muß verglichen werden mit dem Abgehen von den an Rathäusern fixierten Klaftermaßen zum metrischen Maßsystem: Bei der Ausarbeitung des Belastungsbildes UIC 71 ist ein methodisch neuer Weg beschritten worden. Während sonst häufig der kleinste gemeinsame Nenner zu internationalen Vereinbarungen gemacht wird, von dem nur wenig harmonisierende Kraft ausgehen kann, wurde hier ein Maß definiert, in dem sich jede Verwaltung messen und mit dessen Maßzahlen Erfahrungen ausgetauscht und Entwicklungen gesteuert werden können.

3. HARMONISIERUNG DER ERMÜDUNGSBEMESSUNG

Der für die Harmonisierung der Eisenbahnlasten aufgezeigte Weg wurde für die Betriebsfestigkeitsbemessung erfolgreich fortgesetzt. Die analysierte Situation bei den Mitgliedsverwaltungen ergab

- völlig unterschiedliche Vorstellungen hinsichtlich der Ermüdung,
- nur wenige Beanspruchungsmessungen in Eisenbahnbrücken,
- offensichtliche Überschreitungen der Betriebsfestigkeit an bestimmten Stellen stählerner Eisenbahnbrücken,
- zahlreiche Versuchsergebnisse an verschiedenen Probeformen mit unterschiedlichem Auswertemuster und
- unterschiedliche Ausgangspositionen für Ermüdungstheorien.

Dieser Tatbestand war nicht geeignet, schnell zu einer allgemein anerkannten Harmonisierung zu führen. Ohne auf die tatsächliche Entwicklung einzugehen, soll jedoch das Wesentliche hervorgehoben werden. Die verwirrende Zahl oft widersprüchlicher Auffassungen und Erkenntnisse müßte gesiebt werden an ihrem Einfluß auf die Abmessungen im Eisenbahnbrückenbau und an der Möglichkeit zutreffender Prognosen. Nicht die größere Richtigkeit einer Theorie gegenüber einer anderen sollte für die Festlegung des Bemessungsverfahrens bestimmen, sondern die Fragen:

- Ergeben sich konstruktiv herstellbare Abmessungsdifferenzierungen und
- kann der Entwerfende über zutreffende Werte der Eingangsgrößen verfügen?

Mit dieser Zielsetzung wurde nicht versucht die international vorhandenen Ergebnisse von Betriebsfestigkeitsversuchen auf möglichst genaue, den Problemen entsprechende Wöhlerlinien festzulegen, sondern umgekehrt, es wurde versucht, ein Raster von Wöhlerlinien aufzustellen, in welches alle vorhandenen und alle zukünftigen Versuchsergebnisse so eingepaßt werden können, daß mit dieser Zuordnung die nötigen Abmessungen von Eisenbahnbrücken sinnvoll abgestuft werden können. Die Abstufung im logarithmischen Maßstab vorzunehmen ist naheliegend; gewählt wurde für den Spannungsmaßstab die Normzahlreihe R_{20} ^{*)}). Während für den Bereich der Betriebsfestigkeit zahlreiche Arbeiten vorlagen, die zu harmonisieren waren, bestand auf der Seite der Lastannahmen große Leere und es mußten mehrere eigene Formulierungsversuche unternommen werden. Eine Studiengruppe des ORE hat hier sehr grundlegende Arbeit geleistet. Schlüsselerkenntnis für jeden entwerfenden Ingenieur muß es sein, daß die Beanspruchungsgröße nur in Abhängigkeit von dem Betriebsfestigkeitscharakter der zu bemessenden Stelle anzugeben ist und

*) Dezimal-geometrische Folge mit 20 Werten in einer Dekade:

$$R_{20} = 9 \sqrt[20]{10}$$



der von der Neigung und dem Abknickpunkt der Wöhlerlinie bestimmt wird (Bild 4). Um eine einfache Bemessungsregel zu haben ist eine für alle

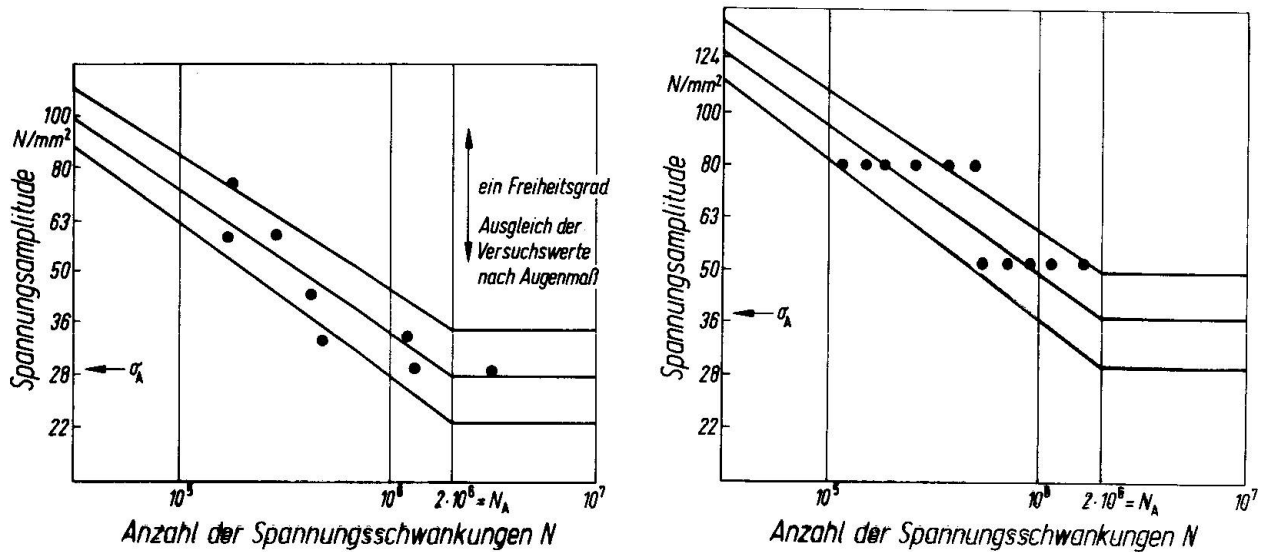


Bild 4: Auswertung von Versuchsergebnissen mit Hilfe der normierten Wöhlerlinie für Schweißverbindungen aus Baustahl.

Schweißverbindungen gleiche Neigung der Wöhlerlinien im doppeltlogarithmischen Netz und ein Grenzpunkt in Höhe einer gleichen Lastwechselzahl sinnvoll. Müssen für gelochtes oder ungestoßenes Material andere Werte angenommen werden, sind hierfür die Lastannahmen neu zu entwickeln. Das UIC-Merkblatt berücksichtigt zur Zeit nur Schweißverbindungen. Somit ist eine

einheitliche Lastannahme möglich. Der Verzicht auf eine Berücksichtigung der Stahlsorte als Eingangswert leitet sich für die zur Zeit gehandelten Baustähle als zwingend aus den Versuchsergebnissen ab.

Da für die Bemessungsregeln Wöhlerlinien aus Einstufenversuchen gewählt werden ist eine Methode anzugeben, wie die bei Zugüberfahrten schwankenden Beanspruchungshöhen den Kennwerten dieser Wöhlerlinien gegenübergestellt werden sollen. Da das Erschöpfen der Ermüdungsfestigkeit sich aus der Aufsummierung zahlreicher Einzelschädigungen ergibt, ist ein Verfahren festzulegen, nach dem die Größe der Einzelschädigungen festgelegt und aufsummiert wird. Man hat sich für die "rain-flow"-Zählmethode und die "Miner"-Regel entschieden. Dabei hat man auf die Berücksichtigung eines Mittelspannungseinflusses verzichtet. Dieser Einfluß ist umstritten und wird in Abhängigkeit vom Eigenspannungszustand gesehen. Seine konsequente Berücksichtigung würde eine modifizierte Zählmethode und eine iterative, von der gewählten Bemessungsgröße abhängige Beanspruchungsgröße erfordern. Die dadurch vielleicht zu erzielende größere Teilgenauigkeit an dieser Stelle im Bemessungsablauf liefert aber wegen der Schwankungsbreite der verfügbaren Eingangswerte und der grundsätzlichen Schwankungsbreite der Lebensdauervorhersage hinsichtlich der Abmessungen keine Aussage von Gewicht. Um nun die bemessungsrelevanten Einflüsse herauszufinden, wurde als Kriterium die Normzahlreihe R_{20} festgelegt. Einflüsse, deren Auswirkungen in dieser Reihe nicht unterscheidbar sind, bleiben unberücksichtigt.

Um die Summierung der schädigenden Lasteinflüsse für das Bemessungsverfahren zu normieren wurden eine Reihe von Verkehren hinsichtlich der Zugzahlen je Jahr, der Zuggattungen (Personen-, Güter-, Ganz-, Leerzüge), der beförderten Massen und der Achslasten international untersucht. Da es sich um eine Integration zahlreicher Einzeleinflüsse handelt, zeigte sich eine relative Unabhängigkeit von nationalen Besonderheiten. Um bei der Einzelbemessung die Einflußparameter mit möglichst geringer Fehlerbreite zu berücksichtigen, ist ein Ausgangswert zu suchen, der sich im Zentrum der möglichen Bandbreite befindet. Für die nach heutiger Erkenntnis zu berücksichtigenden Einflüsse ergeben sich danach folgende Werte:

- Streckenleistung 120 Züge je Tag und Gleis mit 22 Millionen Leistungstonnen je Tag und Gleis,
- Stützweitenbereich 7,1 m bis 10 m und
- Eingleisiges Bauwerk

Die sich mit diesen Werten in 50 Jahren aufsummierende Schädigung ergibt im doppelt-logarithmischen Netz eine Schädigungslinie parallel zur Betriebsfestigkeitslinie, die durch ein Wertepaar "Spannungswert der Doppelamplitude" und "Lastwechselzahl" zu kennzeichnen ist. Es erweist sich dabei als zweckmäßig, die Größe des Spannungswechsels in λ_T als Relativwert zum Beanspruchungswert aus der statischen Verkehrsbelastung (Belastungsbild UIC 71 mit Schwingbeiwert Φ) anzugeben. Nimmt man hier als zentralen Ausgangswert $\lambda_T = 0,5$ an (dieser Wert wurde bei Extremwertmessungen als überwiegend schädigende Betriebsbeanspruchung erkannt), ergibt sich als zugehörige Lastwechselzahl $N = 2 \times 10^6$. Mit anderen Worten: Die Schädigungssumme eines "Normalverkehrs in einem Zeitraum von 50 Jahren" entspricht bei einem eingleisigen 7,1 m bis 10 m weit gespannten Überbau einem einstufigen Lastwechselkollektiv mit $N = 2 \times 10^6$ Lastwechseln und einer Doppelspannungsamplitude von $\lambda_T = 0,5$.

Der bei einer Bemessung unter Berücksichtigung der Betriebsfestigkeit einzuhalten Sicherheitsabstand wurde zu $\gamma = 2,5$ gewählt. Hierbei stand der Gedanke Pate, daß für ein Bauwerk mit einer geplanten Nutzungszeit von 100 Jahren erst in der zweiten Hälfte dieser Zeit die operative Versagenswahrscheinlichkeit aus Ermüdung diejenige aus dem Versagen einer Grenzbeanspruchung überschreiten soll.

Mit diesen Festlegungen schrumpft die Betriebsfestigkeitsbemessung auf eine Entscheidungsfindung in einem Normzahlennetz zusammen. Das Auffinden der zulässigen Spannungsdoppelamplitude aus dem Belastungsbild UIC 71 geschieht mit Hilfe eines Abszissenwertes m , der sich aus den Anteilen aller Parameterinflüsse zusammensetzt.

$$m = m_0 + \Delta m_1 + \Delta m_a + \Delta m_b + \dots + \Delta m_i$$

Dem Ausgangswert m_0 , der sich auf die schon angesprochenen Zentralwerte in der Bandbreite der Einflußparameter bezieht, ist der Wert - 2 zugeordnet. Der Einfluß der Stützweite Δm_1 , der Streckenbelastung Δm_a und der Mehrgleisigkeit Δm_b bzw. Δm_c werden einem einfachen Tafelwerk entnommen (Bild 5). Der sich ergebende ganzzahlige m -Wert legt in dem schon angesprochenen Normzahlennetz (Bild 6) die zulässigen Schweißverbindungsstypen in Abhängigkeit von der aus der statischen Berechnung bekannten Doppelspannungsamplitude aus der Beanspruchung entsprechend Belastungsbild UIC 71 fest.



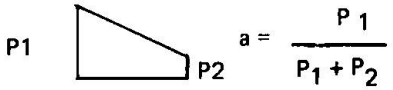
Δm_l - Stützweitereinfluss des betrachteten Bauteils.

Stützweite L [m]	< 3,6	3,6 ÷ 4,5	4,5 ÷ 5,6	5,6 ÷ 7,1	7,1 ÷ 10,0	10,0 ÷ 14,0	14 ÷ 28	> 28
Δm_l	.4	.3	.2	.1	± 0	+1	+2	+3


Δm_t - Einfluss der Streckenbelastung

Streckenbelastung [Mio. Lt/Jahr]	< 12	12 ÷ 18	18 ÷ 28	28 ÷ 45	< 45
Δm_t	+2	+1	± 0	-1	-2

Δm_a - Mehrgleisiger Überbau, addierende Wirkung

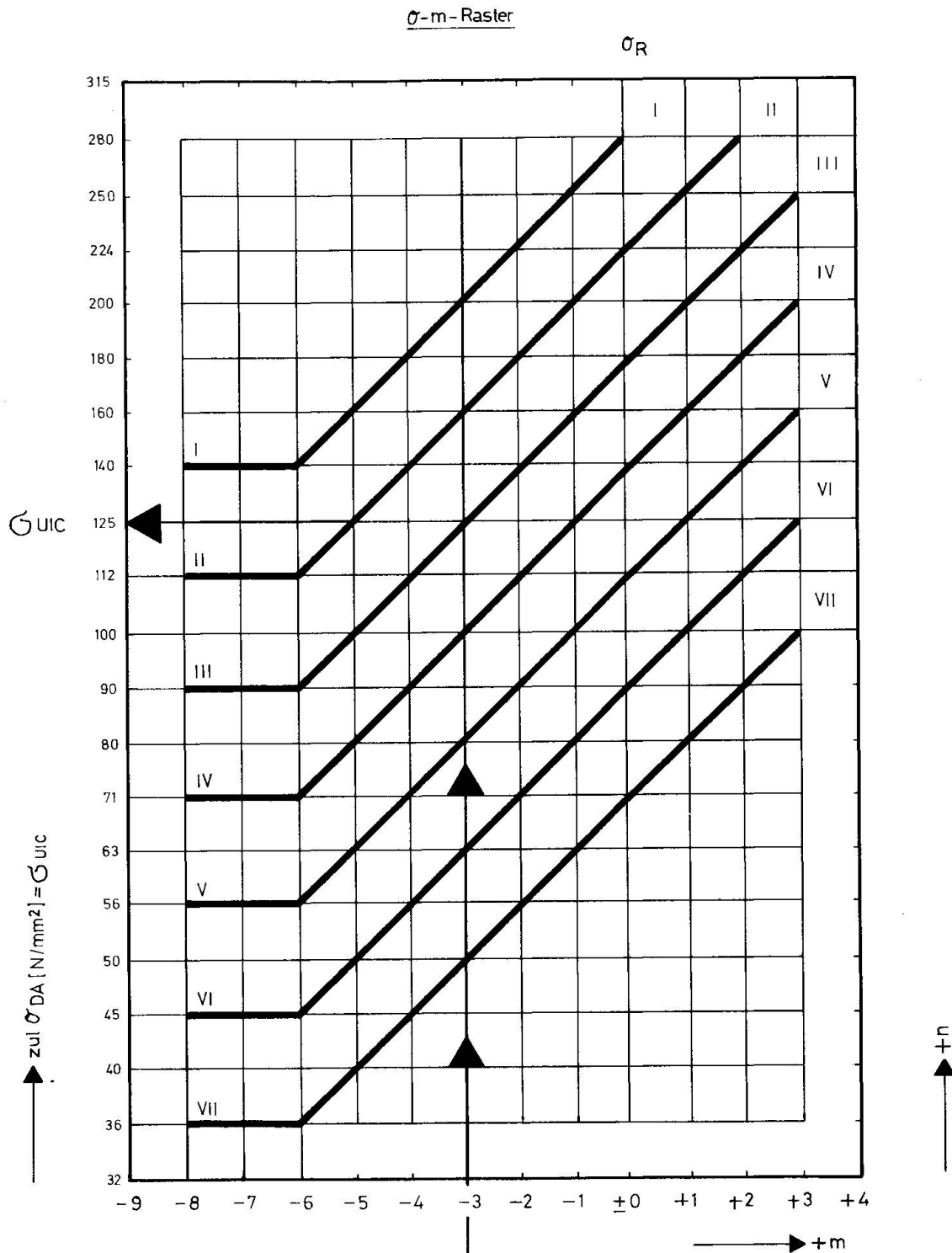
	0,5 ÷ 0,6	0,6 ÷ 0,75	0,75 ÷ 0,9	0,9 ÷ 1,0
Δm_a	+3	+2	+1	± 0

Δm_b - Mehrgleisiger Überbau, subtrahierende Wirkung

	0 ÷ 0,71	0,71 ÷ 1,0
Δm_b	± 0	-1

$b =$ Einwirkung des zweiten Gleises p_2 im Verhältnis zur Einwirkung des ersten Gleises p_1 , wenn die beiden Einwirkungen entgegengesetzte Vorzeichen haben.

Bild 5: Werte Δm_l , Δm_t , Δm_a , Δm_b .

Ablesebeispiel:

Gegeben: Stützweite $t = 10,0 \div 14,0 \text{ m}$;
 Streckenbelastung $> 45 \text{ Mio t/J}$
 Schweißverbindungstyp III

Damit wird $m = m_o + \Delta m_L + \Delta m_t = -2 + 1 - 2 = -3$;

Daraus folgt $\sigma_{uic} = 125 \text{ N/mm}^2$

Bild 6: Normzahlennetz



4. EIN ZUKUNFTSWEISENDES BEMESSUNGSVERFAHREN

Das hier aufgezeigte Vorgehen des UIC-Merkblattes 778 kann als zukunftsweisend bezeichnet werden; das Verfahren

- berücksichtigt durch die Normzahlrasterung nur wirklich bemessungsrelevante Einflüsse,
- läßt Raum für weitere Einflüsse, die sich als bemessungsrelevant erweisen,
- ermöglicht die Berücksichtigung abweichender Auffassungen (in einer Tabelle ist z. B. dargestellt, wie sich andere Sicherheitsabstände auswirken),
- ist ausbaufähig, um etwa andere Neigungen der Wöhlerlinie als $k = - 3,75$ zu berücksichtigen und
- ist außerordentlich praxisgerecht, denn es läßt Unsicherheiten in den Annahmen der Einflußparameter wirkungsgleich beurteilen. Es läßt mit einem Blick erkennen, ob eine feinere Berechnung Wirkung haben kann und wie groß etwa die Parameterverschiebung sein müßte, um die vorgesehene Konstruktion als ausreichend anzusehen.

Alle diese Überlegungen erfordern von Ingenieuren eine vom üblichen Vorgehen abweichende, entscheidungsfreudige Einstellung zu seinen Bemessungsproblemen. Mit einem Paar aus ganzen Zahlen über die Eignung einer Konstruktion zu entscheiden, ist schon etwas Neues, Großartiges. Die Deutsche Bundesbahn (DB), die an der Aufstellung des UIC-Merkblattes 778 federführend mitwirkte, wird dieses Bemessungsverfahren im Rahmen der Fortentwicklung der "Vorschrift für Eisenbahnbrücken und sonstige Ingenieurbauwerke (VEI)" - DS 804 der DB -, zu geeigneter Zeit im Rahmen ihrer Zuständigkeit einführen. Dies bedarf noch einer gewissen Abstimmung im nationalen Bereich, Aufklärung für die eigenen Ingenieure, Prüflingenieure sowie ausführenden Firmen und einer Umgewöhnung vom traditionellen Anschreiben zulässiger Spannungen zu zulässigen Verbindungstypen hin.

Ein erster Schritt in diese Richtung wurde mit der Herausgabe einer Übergangsvorschrift als Vorausgabe der DS 804 getan. Diese ersetzt die jahrzente lang gültige Berechnungsvorschrift BE - DV 804 der DB und die "Vorschrift für geschweißte Eisenbahnbrücken" DV 848 der DB, enthält allerdings noch das K -Verfahren

Der Wirklichkeit ist man mit diesen Modifikationen jedoch nicht näher gekommen. Dies ergibt sich allein aus der Streubreite, mit der Ermüdungsversagen überhaupt vorhergesagt werden kann. Es muß hinsichtlich der Dauerhaftigkeit eine log-normale Verteilung mit einem Variationskoeffizienten $v_x = 0,8$ angenommen werden. Dies bedeutet, daß ein Bauwerk, dem eine x mittlere Nutzungszeit von 10 Jahren vorhergesagt wird, mit gleicher Wahrscheinlichkeit nach 2,5 Jahren zu Bruch gehen oder noch 40 Jahre halten kann. Diese Aussage ist in Entscheidungsprozessen außerordentlich weich. Damit wird die Notwendigkeit zu einem zurückhaltenden Umgang mit den Zahlenwerten in Betriebsfestigkeitsbemessungsregeln deutlich. Konstruktive Regeln und stetige Überwachung müssen hinzukommen, um Bauwerksicherheit zu gewährleisten. Konstruktive Regeln lassen sich am leichtesten gewinnen, wenn Konstruktionen mit einem gleichen Maßstab gemessen werden können, Maßstäbe sind Konvention. Das UIC-Merkblatt ist eine Konvention mit dem Anspruch Maßstab zu sein.