Zeitschrift: IABSE reports = Rapports AIPC = IVBH Berichte
Band: 37 (1982)

Artikel: Zeit- und Dauerschwingfestigkeit von geschweissten Bewehrungsgittern
Autor: Schiessl, P.
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-28918

Nutzungsbedingungen
Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation
L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use
The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 09.08.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Zeit- und Dauerschwingfestigkeit von geschweissten Bewehrungsgittern

Fatigue Life and Limit of Welded Reinforcing Mesh

Résistance à la fatigue et aux sollicitations dynamiques de treillis d'armatures soudés

P. SCHIESSL
Dr. -Ing.
Institut für Betonstahl und Stahlbeton e.V.
München, BRD

ZUSAMMENFASSUNG
Für geschweisste Betonstahlmatten wird aus Einstufenversuchen eine allgemeingültige Wöhlerlinie abgeleitet, die als Grundlage für Betriebsfestigkeitsnachweise herangezogen werden kann. Teilweise vorgefertigte Plattendecken, die als Verbundbewehrung geschweisste Gitterträger enthalten, können entsprechend der Dauerschwingfestigkeit der verwendeten Biegezugbewehrung voll dynamisch beansprucht werden, wenn die Untergurtstäbe der Gitterträger nicht auf die Biegezugbewehrung angerechnet werden.

SUMMARY
A generally applicable S-N diagram for welded wire mesh fabric has been developed from constant amplitude tests and may be used as a basis for finite life design in all loading conditions. In addition it has been shown that partially prefabricated slab element reinforced by a form of welded "lattice beam" acting compositely have a fatigue resistance equivalent to that of the slab tensile reinforcement. In this respect they may be subjected to dynamic loading provided that the "lower flange" bars of the "lattice beam" are not designed to be load carrying.

RESUME
Des essais à amplitude constante ont permis de déterminer une courbe de Wöhler générale valable pour les treillis d'armatures soudés, qui peut être utilisée comme base pour la vérification à la fatigue sous charges de service. Des éléments de dalles partiellement préfabriquées comprenant comme armature de liaison des poutres en forme de treillis soudés ont une résistance aux sollicitations dynamiques correspondant à la résistance à la fatigue de l'armature tendue de flexion, pour autant que l'on ne prenne pas en compte la membrure inférieure des poutres à treillis pour le calcul de cette dernière.

1. PROBLEMSTELLUNG

1.1 Überblick

Wegen des Einflusses der Schweißungen, die als vorgegebene Kerben betrachtet werden können, ist die Dauerfestigkeit von geschweißten Betonstahlgittern vergleichsweise niedrig; bei geschweißten Betonstahlmatten darf der von der nicht ruhenden Last hervorgerufene Spannungsanteil nach den deutschen Vorschriften beispielsweise nur 80 MN/m² betragen, das sind nur 28% der nutzbaren Stahlspannung von 286 MPa. Entsprechendes gilt für andere durch Widerstandspunktschweißen hergestellte Bewehrungsgitter, z.B. Gitterträger (räumliche Bewehrungselemente für Halbfertigteile).

Der Einsatz von geschweißten Bewehrungsgittern in nicht vorwiegend ruhend belasteten Bauteilen oder Bauwerken ist nach den derzeit gültigen Vorschriften (Bemessung auf Dauerfestigkeit) deshalb stark eingeschränkt.

Es gibt jedoch eine Vielzahl von Bauteilen und Bauwerken, insbesondere solche, die Fahrzeugbelastungen unterworfen sind, wo eine relativ gut kalkulierbare Anzahl der maßgebenden Verkehrslasten innerhalb der angestrebten Lebensdauer auftritt, die wesentlich unter den 2 Millionen Lastspielen der Dauerfestigkeitsgrenze liegen.

In zukünftigen Lastnormen ist vorgesehen, dies durch Ansatz von Lastkollektiven zu berücksichtigen. Das bedeutet, daß die Ausnutzung der Betriebsfestigkeit von Baustoffen möglich wird, was speziell für die geschweißten Bewehrungsgitter eine wirtschaftlichere Nutzung bei dynamisch beanspruchten Bauwerken ermöglichen wird.

1.2 Geschweißte Betonstahlmatten aus gerippten Stäben

Voraussetzung für eine Bemessung im Betriebsfestigkeitsbereich ist die Kenntnis der Zeitschwingfestigkeit. Da bislang nur die Nutzung der Dauerfestigkeit zulässig ist, liegen im Bereich der Zeitschwingfestigkeit nur wenige Versuchsergebnisse vor, die für eine zuverlässige Beurteilung des Werkstoffverhaltens nicht ausreichen (siehe [1] bis [3]). Es wurden deshalb eingehende Untersuchungen zur Zeitschwingfestigkeit von geschweißten Betonstahlmatten durchgeführt (siehe [4]), die als Grundlage für Betriebsfestigkeitsnachweise herangezogen werden können. Die Ergebnisse dieser Versuche werden im Abschnitt 2 beschrieben.

1.3 Gitterträger

Die in [5] und [6] beschriebenen Versuche haben gezeigt, daß bis zu sehr hohen dynamischen Beanspruchungen der als Verbundbewehrung wirksame Teil der Gitterträger (Diagonalen) selbst dann unbeschädigt und voll wirksam blieb, wenn die Untergurtstäbe (Längsbewehrung) infolge der dynamischen Beanspruchung bereits bei relativ kleinen Lastspielzahlen gebrochen waren. Dies kann sowohl auf die unter dem Rechenwert liegende Beanspruchung der Verbundbewehrung, die bei dynamischer Beanspruchung für volle Schubdeckung ermittelt werden muß, zurückgeführt werden, als auch auf die Tatsache, daß sich die Schweißung der Diagonale mit dem Untergurtstab, das heißt, die Endverankerung der Verbundbewehrung in der Fertigplatte, in einem Bereich befindet, wo die Stahlspannung in der Diagonale zum Teil durch Verbundwirkung schon stark reduziert ist. Die Untergurtstäbe erhalten demgegenüber die volle rechnerische Stahlspannung und versagen bei hohen dynamischen Beanspruchungen wegen der ungünstigen Wirkung der Schweißung frühzeitig durch Dauerbruch.

Den im Abschnitt 3 beschriebenen Versuchen lag deshalb die Idee zugrunde, die Untergurtstäbe der Gitterträger nur als konstruktive Bewehrung zu betrachten, sie also nicht auf die Biegezugbewehrung anzurechnen und Brüche der Untergurtstäbe zuzulassen.

2. ZEITSCHWINGFESTIGKEIT GESCHWEISSTER BETONSTAHLMATTEN AUS GERIPPTEN STÄBEN

2.1 Lösungsweg

Geschweißte Betonstahlmatten werden in der Regel objektunabhängig gefertigt und über Händlerlager vertrieben. Sie werden in praktisch allen Bausparten eingesetzt und dabei stark voneinander abweichenden Betriebsbeanspruchungen unterworfen. Wegen des erforderlichen Umfanges an Versuchen ist es unter den gegebenen Verhältnissen kaum möglich, für alle vorkommenden Betriebsbeanspruchungen gesonderte Nachweise der Betriebsfestigkeit zu erbringen. Vielmehr ist es sinnvoll, zunächst eine allgemein gültige Wöhlerlinie in Einstufenversuchen abzuleiten und aufbauend auf dieser Wöhlerlinie durch Anwendung geeigneter Schadensakkumulationshypothesen Betriebsfestigkeitsnachweise für die jeweiligen Betriebsbeanspruchungen zu führen. Die Ermittlung einer allgemeingültigen Wöhlerlinie aus umfangreichen Material- und Bauteilversuchen wird nachfolgend beschrieben.

2.2 Versuchsplan

Die Auswirkung aller gezielt erfaßbaren Einflußparameter auf die Zeitschwingfestigkeit wurde zunächst an freien Proben mit einer Schweißstelle in Probenmitte im Hochfrequenzpulsator untersucht.

Durch die damit verbundene, im Vergleich zur Untersuchung des Zeitschwingverhaltens im einbetonierten Zustand erhebliche Verkürzung der Prüfzeit war eine umfassende Untersuchung der Zusammenhänge mit erträglichem Aufwand möglich. Die Übertragbarkeit der so gewonnenen Ergebnisse auf die Verhältnisse im einbetonierten Zustand wurde durch gezielt ausgewählte Vergleichsversuche mit einbetonierten Stäben nachgewiesen.

Da bei Praxisschweißungen, die im laufenden Produktionsbetrieb hergestellt werden, mit großen Streuungen gerechnet werden muß, können stabgeometrische und material-bedingte Einflußgrößen nicht mit Probestäben aus Praxisschweissungen untersucht werden, da maßgebende Einflußgrößen durch die unvermeidlichen Streuungen verdeckt oder verzerrt werden. Die Auswirkung aller möglichen Einflußparameter wurde deshalb zunächst an im Labor geschweißten Probestäben mit definierten Randbedingungen (Materialeigenschaften der Stäbe, Schweißparameter) studiert. In einem 2. Schritt wurde durch Entnahme von Betonstahlmatten bei Herstellern und Händlern der in der Praxis zu erwartende Streubereich untersucht.

2.3 Versuchsergebnisse

2.3.1 Einfluß der Schweißparameter

Die Schweißparameter Schweißstrom, Schweißzeit und Anpreßdruck wurden weit über den praxisüblichen Bereich hinaus variiert, um die daraus resultierenden Auswirkungen auf die Zeitschwingfestigkeit klar herauszuarbeiten. Es hat sich herausgestellt, daß als maßgebende Größe die Scherfestigkeit herangezogen werden kann, das heißt, daß bei gleicher Scherfestigkeit die Schweißparameter von untergeordneter Bedeutung sind.

Die erreichten Lastspielzahlen nehmen mit zunehmender Scherfestigkeit zwar ab, die nach den Laborschweißungen zu erwartende Streubreite im Bereich praxisüblicher Scherwerte ($\eta \approx 0{,}4 \cdot f_{yk} \cdot A_s$) ist jedoch relativ gering.

2.3.2 Einfluß der Stabkombination

Für alle Stabkombinationen wurden jeweils Stäbe aus denselben Walzungen verwendet, es ergaben sich somit keine überlagerten Einflüsse aus anderen Parametern.

Der Einfluß des geprüften Stabdurchmessers ist gering, die Ergebnisse können deshalb anhand von 2 Beispielen ausreichend dokumentiert werden.

Im Bereich der Stabkombinationen Längsstabdurchmesser/Querstabdurchmesser $\emptyset_l/\emptyset_q < 1$ nimmt die Zeitschwingfestigkeit mit kleiner werdendem Verhältniswert ab. Der Abfall bleibt jedoch gering, solang die Querstäbe Einzelstäbe sind. Erst bei Querstäben als Doppelstäbe ergibt sich ein größerer Abfall (siehe Bild 1, links).

Im Bereich des Stabdurchmesserverhältnisses $\emptyset_l/\emptyset_q > 1$ ist kein signifikanter Einfluß des Durchmesserverhältnisses gegeben, wie das Bild 1, rechts, deutlich zeigt.

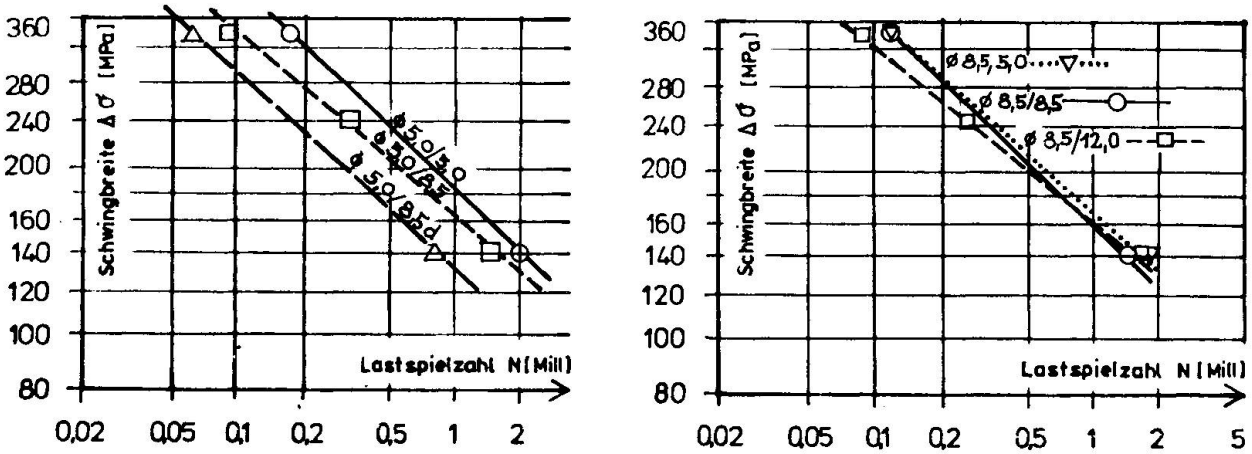

Bild 1: Einfluß der Stabkombination auf die Zeitschwingfestigkeit von geschweißten Betonstahlmatten. 50% Überlebenswahrscheinlichkeit; Schweißeinstellung normal

Fig. 1: Effect of bar combination on finite-life fatigue strength of welded fabric. 50 per cent survival probability; normal weld setting

2.3.3 Prüf- und Werkstoffparameter ohne signifikanten Einfluß

Alle weiteren in die Untersuchung einbezogenen Einflußparameter waren ohne signifikanten Einfluß. Im einzelnen waren dies:

- Form der Elektroden (v-förmig oder flach)
- Anlassen der Proben (375°/1/2 Std.)
- Oberlast (0,7 f_y bzw. $f_y/1{,}75$)

- chemische Zusammensetzung (zwischen Kohlenstoffgehalten von 0,05% und 0,16% war lediglich eine leichte Tendenz zu abfallenden Lastspielzahlen im Bereich der Dauerfestigkeit erkennbar)
- Herstellprozeß der Stäbe (Querschnittsabnahme und Richtvorgang)

2.3.4 Verlauf der Wöhlerlinie für geschweißte Betonstahlmatten

Da die in der Literatur bekannt gewordenen Versuche (siehe [1] bis [3]) darauf hindeuten, daß bei geschweißten Betonstahlmatten keine Dauerfestigkeit bei 2.10^6 Lastspielen erreicht wird, wurden auch Versuche im Lastspielbereich $> 2.10^6$ durchgeführt. Die Ergebnisse sind für die Stabkombination 6,0/8,5 mm in Bild 2 gezeigt.

Die Versuchsergebnisse bestätigen, daß Brüche bis zu 20.10^6 Lastwechseln auftreten können. In [7] wird dies darauf zurückgeführt, daß die durch das Schweißen bedingten Gefügeinhomogenitäten bereits als Anriß oder als Rißkeim einzustufen sind, und somit die Lebensdauer im Prinzip nur dem Rißforschritt entspricht.

Die Ergebnisse zeigen allerdings deutlich, daß die Wöhlerlinie in der normierten Darstellung nicht linear über die 2.10^6 Lastspielgrenze hinaus verlängert werden kann, sondern für Lastspielzahlen über 2.10^6 wesentlich flacher verläuft als im Lastspielbereich unter 2.10^6.

2.3.5 Streufeld bei Praxisschweißungen

Die Laborschweißungen haben gezeigt, daß Materialeinflüsse, Stabdurchmessereinflüsse und das Verschweißungsverhältnis die Zeitschwingfestigkeit nur in beschränktem Maße beeinflussen. Für die Untersuchung der Streuungen bei Praxisschweißungen war es deshalb möglich, die Versuche im Hinblick auf dynamische Beanspruchung der Stäbe auf eine ungünstige praxis-relevante Stabkombination zu beschränken. Es wurde die Stabkombination 6,0/8,5 gewählt, da es sich hierbei um ein ungünstiges Durchmesserverhältnis und einen Stabdurchmesser im unteren Durchmesserbereich handelt. Damit war bei Praxisschweißungen der größte Streubereich in der Zeitschwingfestigkeit zu erwarten. Darüber hinaus kommt diese Stabkombination in der in der Regel zweiachsig beanspruchten Standardmatte Q 377 vor. Untersucht wurden Stäbe aus dem Randsparbereich mit 6,0 mm-Einzelstäben und dem Mittelbereich mit 6,0 mm-Doppelstäben; es ergab sich kein Unterschied im Verlauf der Wöhlerlinie und bei den Streuungen.

Es wurde Versuchsmaterial bei insgesamt 11 Herstellern und Händlern entnommen und untersucht. Das Ergebnis ist in Bild 3 gezeigt: Bei Praxisschweißungen ist mit einem wesentlich größeren Streufeld der Zeitschwingfestigkeit zu rechnen, als dies bei Laborschweißungen, selbst bei Variation der Schweißparameter, weit über den praxisüblichen Bereich hinaus, erzielt werden kann; das heißt, diese Streuungen überdecken alle anderen Einflußparameter.

Gezielte Untersuchungen mit Sonderschweißungen an Stäben aus dem entnommenen Material haben gezeigt, daß die Streuungen eindeutig auf die Schweißausführung bei der laufenden Produktion zurückzuführen sind.

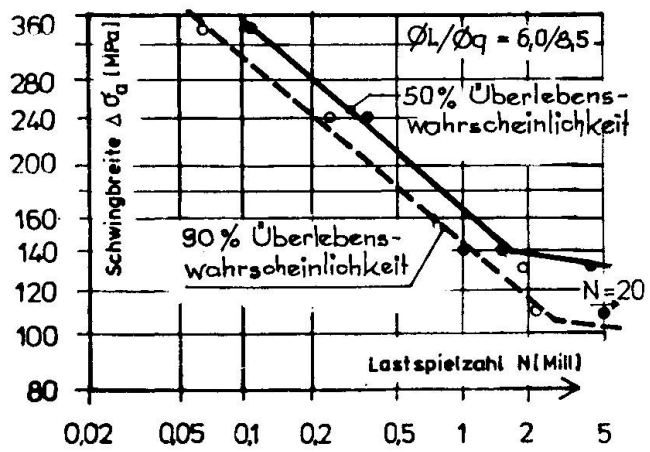

Bild 2: Normierte Wöhlerlinie für geschweißte Betonstahlmatten am Beispiel der Stabkombination 6,0/8,5mm

Fig. 2: Normalized S-N diagram for welded fabric as exemplified by the 6,0/8,5mm bar combination

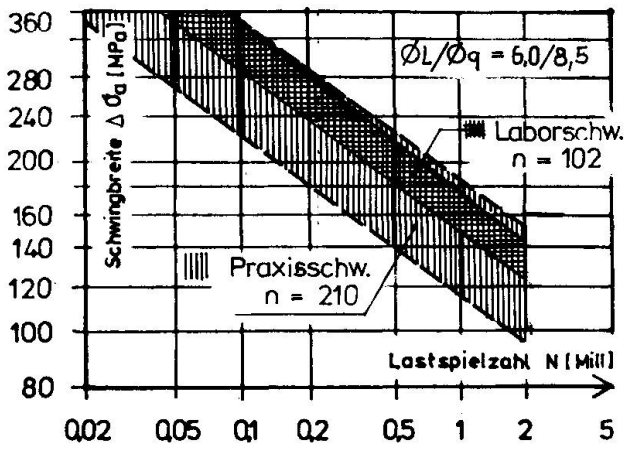

Bild 3: Streufeld für 90% Überlebenswahrscheinlichkeit

Fig. 3: Range of scatter for 90 per cent survival probability

2.3.6 Zeitschwingfestigkeit im einbetonierten Zustand

In Bauteilversuchen wurde die Übertragbarkeit der im freien Zustand im Hochfrequenzpulsator gewonnenen Ergebnisse auf baupraktische Verhältnisse untersucht. Die Prüfungen erfolgten in Biegebalken bei einer Prüffrequenz von 5 Hz. Die Lage des angeschweißten Querstabes in Bezug auf die Betonzugseite (außen- oder innenliegend) wurde mit in die Untersuchungen einbezogen.

Die in den Bauteilversuchen ermittelten Wöhlerlinien sind in Bild 4 den Versuchsergebnissen der vergleichbaren Stabkombination im freien Zustand im Hochfrequenzpulsator gegenübergestellt.

Im Bereich von 2.10^6 Lastspielen ist eine gute Übertragbarkeit der im freien Zustand ermittelten Ergebnisse auf die Verhältnisse im Bauteil, unabhängig von der Lage des Querstabes, möglich. Im Zeitschwingfestigkeitsbereich wirkt sich die Lage des Querstabes in Bezug auf die Betonzugseite mit zunehmender Schwingbreite jedoch immer stärker aus. Für außenliegende Querstäbe nehmen die Lastspielzahlen gegenüber dem freien Zustand deutlich ab, bei innenliegendem Querstab nehmen sie zu. Dies ist auf eine Biegebeanspruchung der Bewehrungsstäbe im Rißquerschnitt zurückzuführen, die sich der mittleren Zugbeanspruchung, die sich rechnerisch für die Zugbewehrung ergibt, überlagert.

2.4 Ableitung einer allgemeingültigen Wöhlerlinie

Aus Gründen der Anwendungsfreundlichkeit wird für alle möglichen Stabkombinationen geschweißter Betonstahlmatten eine allgemeingültige Wöhlerlinie angestrebt. Die Versuche haben gezeigt, daß dies möglich ist, ohne daß bei sog. "günstigen" Stabkombinationen zu große, nicht nutzbare Sicherheitsreserven in Kauf genommen werden müssen.

Darüber hinaus müssen die unter Produktionsbedingungen unvermeidlichen Streuungen der Zeitschwingfestigkeit und die Einflüsse einer ungünstigen Stablage der Bewehrung im Betonquerschnitt berücksichtigt werden.

Als Grundlage für Betriebsfestigkeitsnachweise kann aus den vorliegenden umfangreichen Untersuchungen die in Bild 5 gezeigte Wöhlerlinie für verschiedene Überlebenswahrscheinlichkeiten abgeleitet werden. Sie gilt unter folgenden Bedingungen:

- Qualitätsniveau der deutschen Betonstahlmattenproduktion
- Durchmesserbereich 4-12 mm
- Längsstäbe: $\emptyset_l/\emptyset_q > 0{,}57$ bei Einzelstabmatten und $\emptyset_l/\emptyset_q > 0{,}7$ bei Doppelstabmatten
- Querstäbe: $\emptyset_q/\emptyset_l > 0{,}57$ bei Einzelstabmatten und $\emptyset_q/\emptyset_l > 0{,}83$ bei Doppelstabmatten (Längsstäbe als Doppelstäbe)

Die nutzbaren Betriebsbeanspruchungen hängen von dem jeweiligen Sicherheitskonzept und Qualitätssicherungssystem ab, sollen hier aber nicht diskutiert werden.

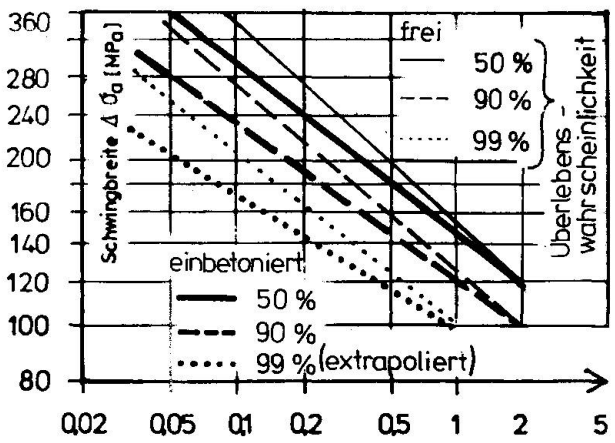

Bild 4: Ergebnisse im einbetonierten Zustand. 50% Überlebenswahrscheinlichkeit

Fig. 4: Test results of embedded specimens. 50% survival probability

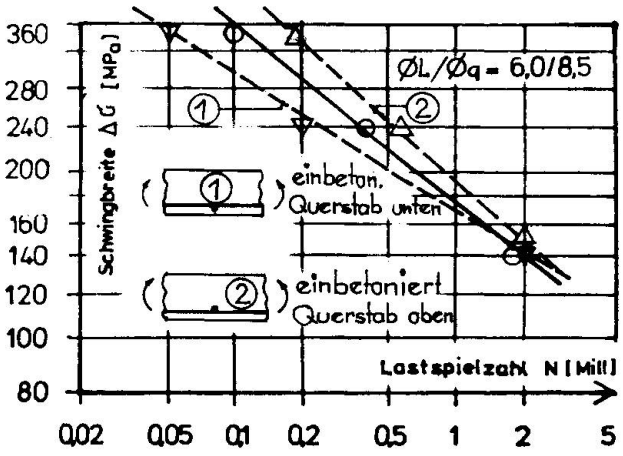

Bild 5: Wöhlerlinie für geschweißte Betonstahlmatten - Bemessungsgrundlage

Fig. 5: S-N diagram for welded wire fabric-basis for design

3. DYNAMISCH BEANSPRUCHTE MONTAGESTEIFE PLATTENDECKE MIT STATISCH MITWIRKENDER ORTBETONSCHICHT

3.1 Ausgangssituation und Lösungsweg

Mit der im Bild 6 gezeigten montagesteifen Plattendecke mit statisch mitwirkender Ortbetonschicht - System MONTAQUICK - steht erstmals ein teilweise vorgefertigtes Deckensystem zur Verfügung, das Stützweiten bis zu 5,3 m ohne Montageunterstützungen überbrücken kann.

Somit wird dieses Deckensystem mit geringen Montagegewichten und monolithischer Tragwirkung im Endzustand auch für den Brücken- und Industriebau interessant. In diesem Zusammenhang stellte sich die Frage nach der Anwendung solcher Systeme bei dynamischer Beanspruchung. Unter der in Punkt 1.3 bereits erläuterten Betrachtungsweise - Verbundbewehrung nicht entsprechend dem Rechenwert ausgenützt, nur als Montagestab verwendeter Untergurtstab des Trägers darf brechen - stellte sich nun die Frage:

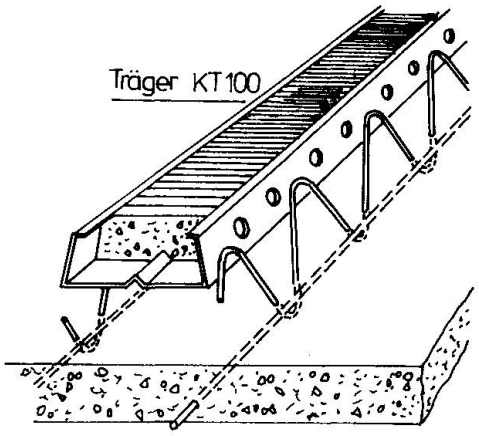

Bild 6: MONTAQUICK - montagesteife Fertigplatte

Fig. 6: MONTAQUICK - self-supporting prefabricated slab unit

- ist eine sichere Verankerung der Diagonalen in der Fertigplatte auch dann gewährleistet, wenn die Untergurtstäbe gebrochen sind und
- wie hoch ist die Dauerschwingfestigkeit der Diagonalen als Verbundbewehrung im Endzustand, wenn bei dynamischer Beanspruchung die Verbundbewehrung für volle Schubdeckung ermittelt wird.

3.2 Versuchsplan

Es wurden Versuche an Plattenstreifen mit den in Bild 6 gezeigten Gitterträgern vom Typ KT 100 durchgeführt. Diese Gitterträger haben aus Montagegründen vergleichsweise dicke Diagonalen mit Durchmesser 7 mm. Die Versuchskörper entsprachen hinsichtlich Aufbau und Herstellung baupraktisch üblichen Gegebenheiten. Zur Rißvorgabe wurden Dreiecksleisten eingelegt, auf diese Weise war die Rißbildung in unmittelbarer Nähe der Kreuzungsstelle zwischen Diagonale und Fertigteilfuge gewährleistet.

Entsprechend den üblichen Festlegungen im Prüfwesen wurde die Oberlast zu $\sigma_o = 0{,}7 \cdot f_y$ gewählt. Damit lagen die rechnerischen Stahlspannungen bei der Oberlast um ca. 25% über der zulässigen Gebrauchslast. Die Schubspannungen wurden zwischen $\tau = 0{,}2$ und $\tau = 0{,}66$ MPa variiert. Dem Verbundspannungswert $\tau = 0{,}66$ MPa entspricht ein Trägerabstand von 20 cm, der deutlich unter praxisüblichen Gitterträgerabständen liegt. Damit war mit dieser Prüfvariante der ungünstigste praktische Fall abgedeckt. Die Schwingbreiten wurden zwischen $\Delta\sigma = 150$ und 240 MPa variiert.

3.3 Versuchsergebnisse

In einer ersten Versuchsreihe wurde zunächst gezeigt, daß eine sichere Verankerung der Gitterträger-Diagonalen bis zur Grenzlastspielzahl von 2 Millionen Lastspielen auch dann möglich ist, wenn die Untergurtstäbe bereits bei relativ niederen Lastspielzahlen gebrochen sind. Dies kann aus den in Bild 7 gezeigten Versuchsergebnissen abgeleitet werden:

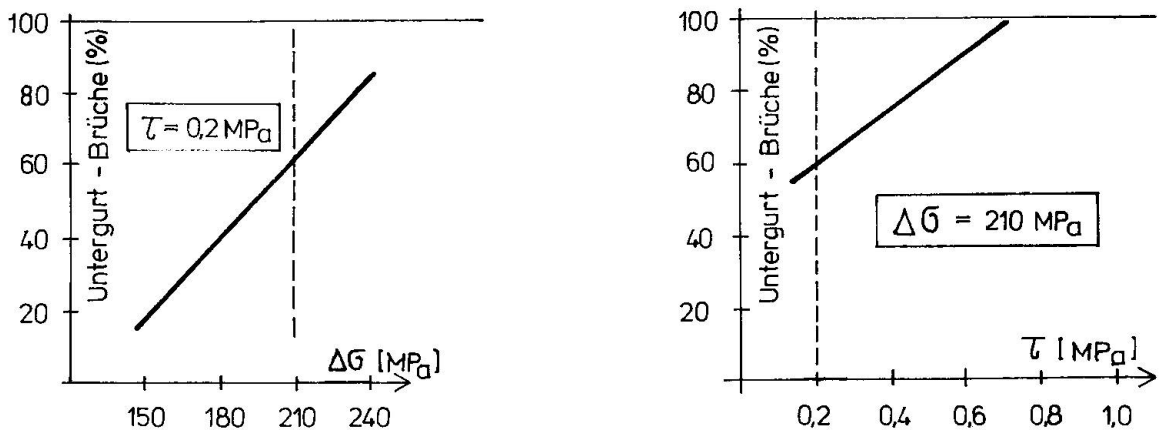

Bild 7: Anteil der Untergurtbrüche an den Untergurtknotenpunkten im Schubbereich

Fig. 7: Percentage of failures of the bottom flanges (2 ∅ 6) at the junctions of the diagonal bars (∅ 7) with the bottom flanges

Die zwei Graphiken in Bild 7 zeigen jeweils den Anteil der Bruchstellen in den Untergurtstäben an den Verschweißungspunkten mit den Diagonalen, die im Schubbereich lagen. So sind beispielsweise bereits bei einer Schwingbreite von $\Delta\sigma = 150$ MPa nach Erreichen der 2 Millionen Lastspielgrenze 20% der Untergurtstäbe gebrochen. Bis zu einer Schwingbreite von $\Delta\sigma = 240$ MPa nimmt dieser Anteil auf nahezu 100% zu. Man kann also davon ausgehen, daß bei einer Schwingbreite von $\Delta\sigma = 240$ MPa bereits bei sehr geringen Lastspielzahlen Untergurtstäbe in den Knotenpunkten brechen. Trotzdem ist eine sichere Verankerung der Diagonalen und ein ausreichendes Tragverhalten des Systems bis zur 2 Millionen-Lastspielzahlgrenze auch bei diesen hohen Schwingbreiten gewährleistet gewesen. Mit zunehmender Schubspannung in der Fuge nimmt der Anteil der gebrochenen Untergurtstäbe zu, wie die rechte Graphik im Bild 7 zeigt.

Unter Ansatz der in Deutschland für dynamische Beanspruchung üblichen Sicherheitsbeiwerte ist somit eine volle Ausnutzung der Biegezugbewehrung als Stabstahlbewehrung mit $\Delta\sigma = 180$ MPa möglich, wenn die Gitterträger-Diagonalen für volle Schubdeckung gemessen werden.

Allerdings haben die Versuche der ersten Serie auch gezeigt, daß eine dynamische Ausnutzung von Fertigplattendecken mit statisch mitwirkender Ortbetonschicht nicht ohne konstruktive Einschränkungen sinnvoll erscheint. So kann eine gestaffelte Bewehrung und eine zu geringe Betondeckung der Biegezugbewehrung zur Fuge zwischen Fertigteil und Ortbeton zu einem frühzeitigen Versagen des Verbundquerschnittes bei dynamischer Beanspruchung führen. Dies ist allerdings nicht Gitterträger-bedingt, sondern System-bedingt.

In einer zweiten Versuchsreihe mit Teilfertigdecken nach dem System MONTAQUICK wurde deshalb von vorneherein auf eine gestaffelte Bewehrung verzichtet und die Fertigplattendicke mit 6 cm festgelegt. Die Schubspannweite wurde so gewählt, daß sich eine volle Ausnutzung der Biegedruckzone ergab. Zum einen hatte sich aus den Versuchen der Serie 1 ergeben, daß dadurch die ungünstigsten Verhältnisse gegeben sind, zum anderen lagen auf diese Weise möglichst viele Untergurtknoten im Schubbereich.

Für die Schubbeanspruchung wurde der aus dem Mindestabstand der Träger resultierende ungünstigste Wert gewählt (τ= 0,66 MPa), die Schwingbreite für die Biegezugbewehrung betrug für alle Versuche der zweiten Serie $\Delta\sigma$ = 230 MPa und entsprach somit dem nach DIN 488 für nicht gebogene Betonrippenstähle einzuhaltenden Wert. Die Verbundbewehrung wurde für volle Schubdeckung bemessen.

Obwohl bis zu 50% aller Untergurtschweißknotenpunkte nach Versuchsende gebrochen waren, ist in allen Fällen - insgesamt wurden 5 gleichartige Versuche durchgeführt - eine einwandfreie Verankerung der Diagonalen in der Fertigplatte und eine einwandfreie Verbundwirkung zwischen Fertigplatte und Ortbeton erhalten geblieben. In keinem Fall ist ein Bruch oder Anriß in den Diagonalen aufgetreten.

Die Versuche haben somit gezeigt, daß das Tragverhalten der untersuchten montagesteifen Plattendecke im Endzustand bei dynamischer Beanspruchung allein von der Schwingfestigkeit der verwendeten Biegezugbewehrung abhängt und bei Verwendung von ungeschweißten Betonstabstählen, die nach den deutschen Vorschriften volle zulässige Schwingbreite von $\Delta\sigma$ = 180 MPa unter folgenden Voraussetzungen ausgenützt werden kann:

- Bemessung der Verbundbewehrung für volle Schubdeckung
- Untergurtstäbe der Gitterträger dienen nur als Montagestäbe (nicht auf die erforderliche Biegezugbewehrung angerechnet)
- Biegezugbewehrung unverschweißt mit einer zulässigen Schwingbreite von $\Delta\sigma$ = 180 MPa
- Fertigplattendicke d_1 = 6 cm
- keine Staffelung der Biegezugbewehrung

LITERATURHINWEISE

1. REHM, RUSSWURM: Die Eigenschaften von geschweißten Betonstahlmatten. Betonwerk + Fertigteil-Technik, Heft 8, 1975
2. REHM, NÜRNBERGER: Dauerschwingverhalten von widerstandspunktgeschweißten Baustahlmatten aus kaltgewalztem Betonrippenstahl. Schweißen und Schneiden, Heft 1, 1974
3. RUSSWURM, REHM: Dauerschwingfestigkeit (Betriebsfestigkeit) von Betonstahlmatten. Betonwerk + Fertigteil-Technik, Heft 3, 1979
4. MARTIN, SCHIESSL: Zeitfestigkeitsuntersuchungen an geschweißten Betonstahlmatten unter Zug-Schwell-Beanspruchung - Text + Anlagen. IBS-Bericht Nr. 373/80a vom 13.5.1980
5. DOWLINGS, LABIB: Verhalten vorgefertigter Betonbrückenplatten bei einem Brückenmodell natürlicher Größe unter ruhender und dynamischer Belastung. Engeneerings Structures Laboratories, Civil Engeneering Department, Emperial College Uni London, 1972
6. ATKINS: Die Verwendung von OMNIA-Fertigteilen für Brücken-Verbundkonstruktionen. Bericht der Fa. W.S. Atkins & Partner, Epsom, Surrey, 1969
7. HOBBACHER: Zur Betriebsfestigkeit der Schweißverbindungen auf bruchmechanischer Grundlage. Archiv für Eisenhüttenwesen, Febr. 1977