

Entwicklung einer neuartigen Stahlprofilblech-Verbunddecke

Autor(en): **Glas, H.-D. / Goeben, H.-E. / Kind, S.**

Objektyp: **Article**

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

Band (Jahr): **48 (1985)**

PDF erstellt am: **26.05.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-37472>

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.

Entwicklung einer neuartigen Stahlprofilblech-Verbunddecke

New Type of Composite Floor of Profiled Steel Sections

Nouveau plafond en construction composite de tôles profilées

H.-D. GLAS

Prof. Dr.-Ing.
Technische Hochschule Leipzig
Leipzig, DDR



H.-E. GOEBEN

Dr.-Ing.
Technische Hochschule Leipzig
Leipzig, DDR



S. KIND

Dr.-Ing.
VEB Metalleichtbaukombinat
Leipzig, DDR



ZUSAMMENFASSUNG

Es wird eine neuartige, in der DDR entwickelte Stahlprofilblech-Verbunddecke vorgestellt. Weiter werden Ergebnisse von fast 100 an der Technischen Hochschule Leipzig und im VEB Metalleichtbaukombinat durchgeführten Versuchen dargestellt und daraus Schlussfolgerungen für die Bemessung gezogen. Insbesondere werden Erkenntnisse diskutiert, die hinsichtlich des Verhaltens solcher Decken über den Stützen (Bereich der negativen Momente) gewonnen werden.

SUMMARY

A new type of composite floor of profiled steel sections, developed in the GDR, is presented. Further, the results of nearly 100 tests performed at the Technische Hochschule Leipzig and the VEB Metalleichtbaukombinat are illustrated and conclusions are drawn regarding design. In particular, the results concerning the behavior of these floors above stanchions (region of negative moments) are discussed.

RÉSUMÉ

On présente un nouveau plafond en construction composite de tôles profilées, développé en RDA. Des résultats de près de 100 essais faits par la Technische Hochschule Leipzig et le VEB Metalleichtbaukombinat sont illustrés et les conséquences pour le dimensionnement en sont tirées. En particulier les conclusions concernant le comportement de tels plafonds sur les appuis (région des moments négatifs) sont discutées.



1. KONSTRUKTIVE LÖSUNG

Bei Stahlprofilblech-Verbunddecken kann der Verbund zwischen Profilblech und Beton auf verschiedene Art konstruktiv realisiert werden, z.B. durch

- spezielle Profilierung des Bleches
- nachträgliche Komplettierung handelsüblicher, aber allein ungeeigneter Stahlprofilbleche
- Endverankerung der Profilbleche am Auflager in der Betonplatte, z.B. durch Kopfbolzendübel.

Es wurde, dem zweiten Weg folgend, der Verbund durch quer zur Profilrichtung aufgeschweißte Verbundbleche oder -winkel realisiert. Diese Variante ist schweißtechnisch besser zu beherrschen als die mehrfach vorgeschlagene Lösung, Bewehrungsstäbe quer auf den Profilblechobergurt aufzuschweißen. Die in Figur 1 dargestellte Verbundsicherung hat bei all ihren technologischen Schwächen die Vorteile, daß Halbzeuge verwendet werden können, die Verbundmittel an die konkrete Beanspruchung anpaßbar sind und mit einer Endverankerung (z.B. durch Kopfbolzendübel) kombiniert werden können.

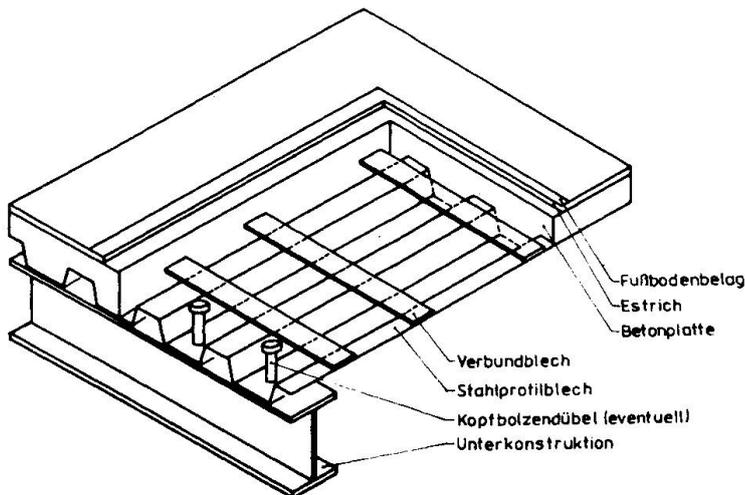


Fig. 1 Deckenaufbau mit Verbundsicherung

Diese Verbunddecke wird vom VEB Metalleichtbaukombinat ausgeführt.

Die Brandschutzforderungen werden entsprechend den funktionellen Forderungen entweder durch eine zusätzliche Unterdecke oder durch Zulagebewehrung aus Betonstahl erfüllt.

Nähere Angaben sind /1/ zu entnehmen. Die Bemessung erfolgt nach /2/. Weitere veröffentlichte Artikel sind /3/ /4/.

2. EINFLUSS DER VERBUNDFUGE AUF DIE TRAGFÄHIGKEIT

2.1 Allgemeines

Die verschiedenen Stahlprofilblech-Verbunddecken unterscheiden sich im wesentlichen durch die Art der Verbundsicherung. Die Ausbildung der Verbundfuge entscheidet darüber, ob das vollplastische Moment erreicht wird.

Es wird der Einfluß unterschiedlicher nichtlinearer Dübelsteifigkeiten, verschiedener Anordnungen der Verdübelungen und der Kombination unterschiedlicher Dübelsteifigkeiten untersucht.

2.2 Berechnung als elastisch verdübelter Träger

2.2.1 Berechnungsmodell

Die Stahlblech-Verbunddecke wird als elastisch verdübelte Rahmenkonstruktion berechnet. Das in Figur 2 dargestellte Berechnungsmodell kann wie folgt charakterisiert werden:

- Die Konstruktion ist diskontinuierlich verdübelt.
- Die Verbundmittel sind durch ihre Federkernlinie gekennzeichnet (elastisch, quasi starr, beliebig gekrümmt).
- Die Schubkräfte können in beliebiger Höhe des Profilbleches eingetragen werden. Bei der gewählten Verbundsicherung erfolgt die Lasteintragung in den Obergurt des Profilbleches.
- Die Stabachse des Profilbleches ist durch die elastische Schwerachse gegeben. Die Verschiebung des Schwerpunktes infolge Teilplastizierung wird in der Regel vernachlässigt.
- Der Betonobergurt ist gekrümmt. Die Stäbe sind dabei abschnittsweise gerade.

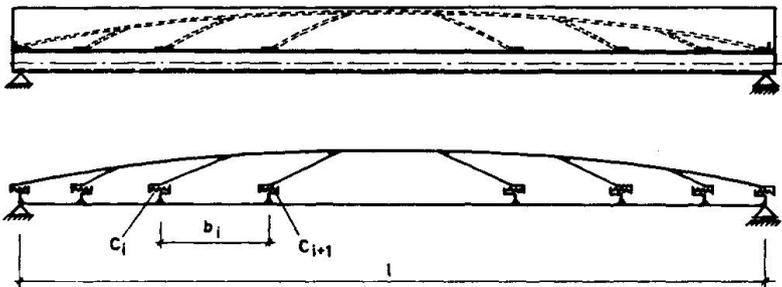


Fig. 2 Berechnungsmodell Einfelddecke

Die Tragfähigkeit gilt als erreicht, wenn von den Versagenskriterien ein Kriterium erreicht wird:

- Das Profilblech wird durch eine Grenzschnittkraftkombination N-M-Q beansprucht.
- Die Spannungen in der Betonplatte sind gleich der vereinbarten Grenzspannung.
- Die aufnehmbare Schubkraft der Verbundfuge ist erreicht.

2.2.2 Verbundmittel

Die Federkernlinie der Verbundmittel wird durch gesonderte Versuche bestimmt und rechnerisch überprüft. Dazu wurden die Verbundbleche als elastisch gestütztes Flächenelement betrachtet, das mit der FEM-Methode berechnet werden kann.

Die dazu benötigten Federkennwerte des Betons wurden näherungsweise über Ausgleichsrechnung aus den Verbundeigenschaften von Betonrippenstählen bestimmt. Grundlage dazu waren die Versuchsergebnisse von Rehm /5/.

Der Einfluß der Verformungen infolge Dauerlast wird nach /6/ über den Ansatz berücksichtigt:

$$s(t) = s(0) \cdot [1 + \varphi(t)] \quad (1)$$

$$\varphi(t) = (1 + 10t)^{0.08} - 1 \quad t \text{ [h]} \quad (2)$$

Die rechnerisch gefundenen Beziehungen wurden an 20 eigenen Detailversuchen überprüft, bei denen Blechdicke und -breite sowie die Art der Befestigung variiert wurden. Es zeigte sich, daß die Befestigung der Verbundbleche einen entscheidenden Einfluß auf die Größe der Relativverschiebungen hat. Je näher die Verbundbleche am Rand des Profilblechobergurtes befestigt sind, um so günstiger ist die Wirkung.

2.2.3 Rechenprogramm

Es wurde ein Rechenprogramm in der Programmiersprache FORTRAN



geschrieben. Die Bearbeitung erfolgte auf der EDVA EC 1022 am Rechenzentrum der TH Leipzig.

Mit Hilfe des Rechenprogrammes können ermittelt werden:

- Schnittkräfte in Profilblech und Betonplatte
- Dübelkräfte und Relativverschiebung in der Verbundfuge
- Durchbiegungen.

Die Ergebnisse werden iterativ verbessert, zuerst die belastungsabhängigen Dübelsteifigkeiten und anschließend die Steifigkeiten von Profilblech und Betonplatte.

Zur Rechenzeit können keine generellen Angaben gemacht werden. Sie ist abhängig von

- Dübelanzahl
- Gleichmäßigkeitsgrad der Dübelauslastung
- Erforderlicher Steifigkeitskorrektur.

Entspricht die Dübelverteilung genau dem Schubkraftbild in der Verbundfuge, so sind nur wenige, manchmal nur ein Iterationsschritt erforderlich. Weicht die Anordnung der Dübel von der Schubkraftverteilung ab, weisen die einzelnen Dübel infolge unterschiedlicher Beanspruchung verschiedene Steifigkeiten auf, so erhöht sich die Anzahl der Berechnungsschritte. Das Rechenprogramm reagiert auch empfindlich auf starke Knicke in der Steifigkeitskennlinie der Dübel.

2.2.4 Versuche

Es wurden 19 Versuchskörper (davon 1 Vorversuch) auf ebener Unterlage aufliegend, hergestellt. Sie wurden nach dem Erhärten entschalt und die erste Woche feucht gehalten, dann ohne weitere Nachbehandlung im Freien gelagert. Die projektierte Betongüte war Bk 25.

Die Prüfkörper (Einfelddecken) hatten eine Länge von 2000 mm (Stützweite 1800 mm). Die Deckendicke betrug 100 mm bis 200 mm. Die Belastung erfolgte bis auf zwei Ausnahmen durch zwei symmetrisch angeordnete Einzellasten im Abstand l_s vom Auflager. Damit liegt das charakteristische Momenten-Schub-Verhältnis

$$MQV = \frac{M}{Q \cdot h_a} = \frac{Q \cdot l_s}{Q \cdot h_a} = \frac{l_s}{h_a} \quad / - / \quad (3)$$

zwischen 1.10 und 7.37. Die Breite der Plattenstreifen beträgt in Abhängigkeit von den verwendeten Profilblechen bei den Vorversuchen 500 mm und bei der Hauptserie 400 mm. Der Versuchsaufbau ist Figur 3 zu entnehmen.

Die Versuchskörper wurden bis zum Versagen stufenweise mit Zwischenentlastung auf eine Vorlast belastet. Die Versuche waren so konzipiert, daß bei den meisten Versuchskörpern die Verbundfuge versagte.

Der Vergleich der rechnerischen Versagenslasten mit den experimentell bestimmten zeigt gute Übereinstimmung. So weichen die Ergebnisse im Mittel 16,8 % nach der sicheren Seite hin ab (Mittelwert 1,168; Standardabweichung 0,143; Variationskoeffizient 0,122).

3. DURCHLAUFENDE DECKEN

3.1 Problemstellung

Bei durchlaufenden Stahlbetondecken ist der Querschnitt über der ersten Innenstütze meist für die Bemessung maßgebend. Bei Stahlprofilblech-Verbunddecken wird dieser Zustand durch die reduzierte Breite der Betondruckzone verschärft. Der Einfluß dieser reduzierten Breite und der aussteifenden Wirkung des

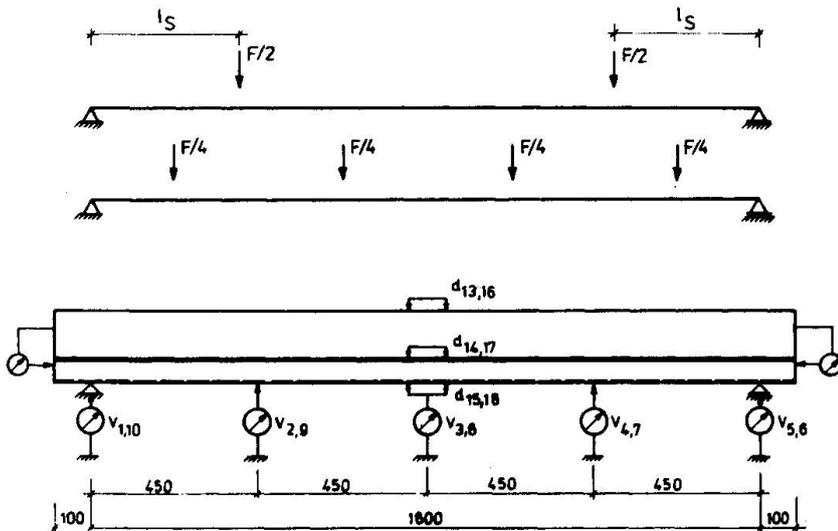


Fig. 3 Versuchsaufbau

Profilbleches auf Trag- und Verformungsverhalten des Querschnittes war zu untersuchen.

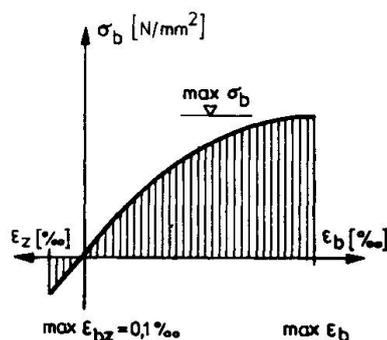
3.2 Querschnitt über der Innenstütze

3.2.1 Voraussetzungen und Ansätze

Es wurden folgende Voraussetzungen getroffen:

- Die Querschnitte bleiben eben.
- Der Stahlquerschnitt des Profilblechsteiges wirkt voll mit (gilt nur bei geringen Stegblechhöhen).
- Der Druckflansch des Profilbleches wirkt nur teilweise mit (Berücksichtigung des überkritischen Beulens).

Für die Spannungsverteilung in der Betonbiegedruckzone wird der schon von Dilger /7/ verwendete Ansatz verwendet (Figur 4). Die maximale Bruchstauchung wird aus Versuchen von Rüsç bestimmt.



$$\sigma_b = \max \sigma_b \left[1 - \left(1 - \frac{\epsilon_b}{\max \epsilon_b} \right)^2 \right]$$

$$\max \epsilon_b = \max \epsilon_b (R_p, \text{Form der Druckzone})$$

$$\max \epsilon_{bz} = 0,1 \%$$

$$\max \sigma_b = R_p$$

bei Kurzzeitlast

$$\sim 0,8 R_p$$

bei Dauerlast

Sie ist abhängig von Betongüte und Form der Betonbiegedruckzone. Die Volligkeit der Spannungsverteilung ist im wesentlichen abhängig von Betongüte, Form der Betonbiegedruckzone und vom Belastungsgrad

Fig. 4 Spannungsverteilung über Betonbiegedruck- und -zugzone

(näherungsweise durch die Randstauchung darstellbar). Für den Spannungsverlauf in der Biegedruckzone wird affiner Verlauf vorausgesetzt. Der Ansatz ist gültig für

- Kurzzeit- und Dauerstandsbelastung
- Gebrauchs- und Versagenslast
- beliebige Form der Betonbiegedruckzone.

Mittels der gewählten Spannungsfunktion kann die kammartig geformte Betonbiegedruckzone in eine identische rechteckige überführt werden.

Für die Beschreibung des Trag- und Verformungsverhaltens des Profilblechflansches ist es ausreichend, wenn ein rechteckiges Beulfeld mit den Abmessungen a und b untersucht wird. Dieses ist an den Querrändern starr und an den Längsrändern elastisch eingespannt. Näherungsweise wird gelenkige Lagerung angesetzt (Das Profilblech hebt sich in den unteren Laststufen infolge der größeren Querdehnzahl vom Beton ab. Damit kann sich die Kante verdrehen, und es kann nicht mehr starre Einspannung angesetzt werden). Für die Vorverformung wird affiner Verlauf vorausgesetzt:

$$w = f \cdot \sin^2 \frac{\pi x}{a} \sin \frac{\pi y}{b} \quad (4)$$

$$w_0 = f_0 \cdot \sin^2 \frac{\pi x}{a} \cdot \sin \frac{\pi y}{b} \quad (5)$$

Mit Hilfe des energetischen Verfahrens nach Galerkin/Bubnow wurden die Differentialgleichungen der biegsamen Platte gelöst. Es ergeben sich Polynome dritten Grades für die Bestimmung der effektiven Profilflanschbreite in Abhängigkeit vom Seitenverhältnis $\alpha = a/b$. Dabei wird α so gewählt, daß $\varphi = b_m/b$ ein Minimum wird.

3.2.2 Ergebnis

Die Auswertung der Beziehungen für $\varphi = b_m/b$ ist in Figur 5 dargestellt. Dabei stellen die Kurven für die Vorverformungen $f_0 = (5 \dots 25) t$ nur theoretische Grenzwerte dar.

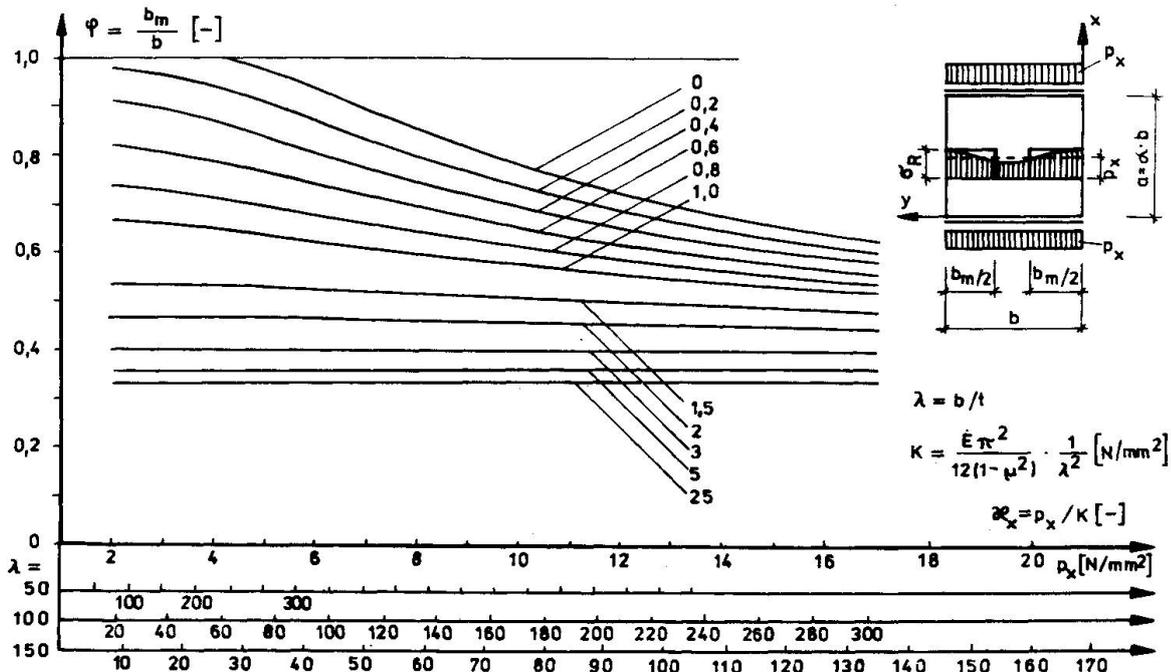


Fig. 5 Mitwirkende Breite des Druckflansches im Verbundzustand

Zur Bestimmung der Vorverformung aus dem Betonierzustand wird ein an den Quer- und Längsrändern gelenkig gelagertes Beulfeld untersucht. Berücksichtigt wurden folgende Einflüsse:

- Vorverformung des unbelasteten Bleches
- Betonierquerlast
- frei verschiebliche bzw. unverschiebliche Längsränder.

Beste Übereinstimmung mit Versuchsergebnissen ergab sich bei der Annahme frei verschieblicher Längsränder und bei Vernachlässigung der Querlast.

Bei der Überlagerung der Spannungen aus Betonier- und Verbundzustand ist das Ergebnis nur noch vom Seitenverhältnis α abhängig. Durch systematisches Einschachteln wird α so bestimmt, daß die mitwirkende Breite ein Minimum wird.

Durch Zusammenfassung der Beziehungen für die Betonbiegedruckzone und das Profilblech ist die Momenten-Krümmungs-Beziehung des Querschnittes bestimmbar. Der Einfluß des Profilbleches auf die Rotationsfähigkeit des Querschnittes sowie auf die zu erwartende Versagenslast ist Figur 6 zu entnehmen.

Es wurden 32 Versuchskörper geprüft, bei denen das Profilblech als Druckbewehrung wirkte. Davon versagten 20 durch Biegebruch. Die Nachrechnung dieser Versuche ergab gute Übereinstimmung bei Berücksichtigung des Profilbleches als Druckbewehrung:

- Mittelwert 1.079
 - Standardabweichung 0.093
 - Variationskoeffizient 0.086
- Die bestehende Abweichung ist auch darauf zurückzuführen, daß sich im Beton ein dreiachsiger Spannungszustand aufgebaut hat, der bei der Nachrechnung nicht berücksichtigt wurde. Bei Vernachlässigung der Druckbewehrung sind große Abweichungen festzustellen (1.307-0.171-0.131).

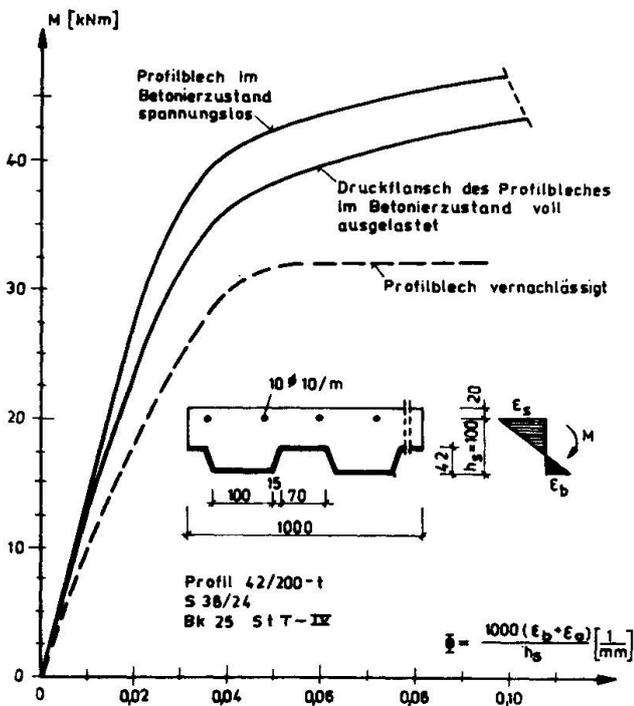


Fig. 6 Momenten-Krümmungs-Beziehungen von Stahlprofilblech Verbunddecken

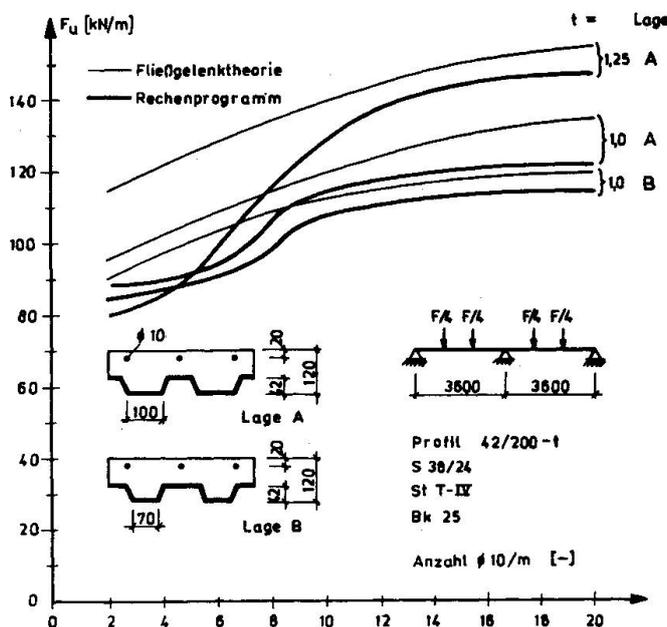
3.3 Momentenumlagerung

Für die Bestimmung der Schnittgrößenverteilung von Stahlprofilblech-Verbunddecken an statisch unbestimmten Systemen wurde ein Rechenprogramm geschrieben, das auf folgenden Voraussetzungen beruht:

- Die Querschnitte bleiben eben.
- Die Schubverformungen sind klein gegenüber den Biegeverformungen und werden deshalb vernachlässigt.

Es wurden verschiedene Parametereinflüsse untersucht. Besonderes Augenmerk wurde dem Einfluß unterschiedlicher Bewehrungsgrade

über der Innenstütze auf die Gesamttragfähigkeit des Konstruktionssystems und auf den Umlagerungsgrad des Stützenmomentes zugewandt (Figur 7).



Für extreme Bewehrungsverhältnisse wurden Umlagerungsgrade α_u bis zu 80 % nachgewiesen. Der Vergleich der analytisch gefundenen Versagenslasten mit den Versuchsergebnissen, die an 4 Zweifelddecken gewonnen wurden, ergab für das Last-Verformungs-Verhalten gute Übereinstimmung.

Fig. 7 Versagenslasten unterschiedlich bewehrter Zweifelddecken

LITERATURVERZEICHNIS

1. KIND S., Experimentelle und analytische Untersuchungen zum Tragverhalten von Stahlprofilblech-Verbunddecken. TH Leipzig, Dissertation, September 1984.
2. Berechnung, bauliche Durchbildung und Ausführung von stahlblechbewehrten Decken (Stahlblech-Verbunddecken). Vorschrift der Staatlichen Bauaufsicht, 7. Entwurf 09/84, VEB Metallleichtbaukombinat- Forschungsinstitut.
3. GOEBEN H.-E., KIND S., Weltstandsanalyse über Stahlprofilblech-Verbunddecken und Ausblick auf Anwendungsmöglichkeiten in der DDR. Wissenschaftliche Berichte der TH Leipzig, 1980, Heft 1.
4. MARX S., KIND S., GOEBEN H.-E., Verbundkonstruktionen im Stahlbau - Ein Beitrag zur Walzstahleinsparung. Wissenschaftliche Berichte der TH Leipzig, 1984, Heft 1.
5. REHM G., Über die Grundlagen des Verbundes zwischen Stahl und Beton. Deutscher Ausschuss für Stahlbeton, 1961, Heft 138.
6. FRANKE L., Einfluß der Belastungsdauer auf das Verbundverhalten von Stahl in Beton (Verbundkriechen). Deutscher Ausschuss für Stahlbeton, 1976, Heft 268.
7. DILGER W., Veränderlichkeit der Biege- und Schubsteifigkeit bei Stahlbetontragwerken und ihr Einfluß auf Schnittkraftverteilung und Traglast bei statisch unbestimmter Lagerung. Deutscher Ausschuss für Stahlbeton, 1966, Heft 179.
8. RÜSCH S., STÖCKL S., Versuche zur Festigkeit der Biegedruckzone und Einflüsse der Querschnittsform (Dreieck, Rechteck, Plattenbalken). Deutscher Ausschuss für Stahlbeton, 1969, Heft 207.