

Rationalisierung der Bewehrungstechnik – Ein unerschöpfliches Forschungsthema oder eine Möglichkeit zur Kostensenkung und Qualitätssteigerung im Stahlbetonbau?

G. Rehm, R. Eligehausen, B. Neubert und R. Lehmann, Stuttgart

1 Einleitung

Steigende Löhne und Gehälter, Mangel an geschultem Fachpersonal und steigende Baupreise bei unsicherer Auftragslage zwingen die Bauindustrie zur Rationalisierung in allen Leistungsbereichen. Gleichzeitig besteht jedoch auch die Notwendigkeit, die Ausführungsqualität zu erhalten bzw. zu erhöhen. Während Einschalen und Betonieren durch den Einsatz von Großflächen- und Systemschalungen sowie Anwendung von Transportbeton wesentlich beschleunigt wurden, setzen sich auf dem Teilgebiet Bewehren rationelle Arbeitsmethoden nur langsam durch. Die Möglichkeiten, die die neuen Bewehrungsrichtlinien der DIN 1045 [1] bieten, werden offenbar nicht immer ausreichend genutzt. Dies mag daran liegen, daß im Vergleich zum Rohbau der Anteil der Bewehrungskosten, von Ausnahmen abgesehen, gering ist. Jedoch ist die Ausbildung der Bewehrung in bezug auf Baufortschritt und Dauerhaftigkeit der Bauwerke von essentieller Bedeutung. Dauerhafte Betonbauwerke bedingen u. a. eine verlegefreundlich und betoniergerecht geplante, maßgerecht gebogene, ausreichend steife sowie ordentlich eingebaute Bewehrung. Es ist daher erstaunlich, daß immer wieder über Details wie z. B. die Verankerung an kurzen Auflagern, Menge der Mindestbewehrung oder Maßnahmen zur Verbesserung der Dauerhaftigkeit von Stahlbetonbauwerken durch Erhöhung der Betondeckung und des Mindestzementgehalts etc. diskutiert, jedoch keine Gesamtkonzeption vorgelegt wird, welche statische und konstruktive Erfordernisse optimiert. Dabei müßte der Komplex Bewehrungstechnik eine zentrale Stelle einnehmen.

Von Flächentragwerken abgesehen, dominiert immer noch die „konventionelle“ Bewehrung aus Einzelstäben und Einzelbügeln. Dies ist sowohl im Hinblick auf die Wirtschaftlichkeit als auch auf die Dauerhaftigkeit keineswegs optimal. Daher werden im folgenden am Beispiel stabförmiger Bauteile Maßnahmen zur Verbesserung aufgezeigt und die wirtschaftlichen Vorteile anhand einer praktischen Erprobung erläutert sowie die mögliche Verbesserung der Ausführungsqualität diskutiert. Die Untersuchungen wurden im Rahmen des Forschungsvorhabens „Rationalisierung der Bewehrungstechnik“ [2] durch-

geführt, das in dankenswerter Weise vom Land Nordrhein-Westfalen gefördert wurde.

2 Möglichkeiten der Rationalisierung

Wegen der weiter steigenden Lohnkosten muß zukunftsorientierte Rationalisierung der Bewehrungstechnik in erster Linie auf Einsparung lohnintensiver Arbeiten sowohl bei der Herstellung als auch beim Verlegen der Bewehrung ausgerichtet sein. Demgegenüber sind durch Materialeinsparungen keine wesentlichen Rationalisierungseffekte zu erwarten [3]. Die international angestrebte Rationalisierung durch Standardisierung der Stabformen und der Bewehrungszeichnungen [4–6] zielte hauptsächlich darauf ab, den Aufwand des Ingenieurs für das Erstellen der Bewehrungspläne und Stahllisten durch den Einsatz von EDV-Anlagen zu verringern [7–9]. Der Aufwand für das Verarbeiten der Bewehrung wird dagegen trotz Vorfertigung in Flechtzentralen [10] nur wenig gesenkt, wenn die traditionelle Bewehrungsführung beibehalten wird. Eine durchgreifende Verringerung des Arbeitsaufwandes ist auf Grund vorliegender Untersuchungen [11–14] nur dann zu erwarten, wenn folgende Maßnahmen zusätzlich ergriffen werden (Bilder 1–3):

- Vereinfachung der Bewehrungsführung durch Verwendung weniger und einfacher Stabformen (vorzugsweise gerade Stäbe) und Beschränkung auf möglichst wenige Positionen,
- Verwendung möglichst dicker Stäbe, wobei selbstverständlich konstruktive Gesichtspunkte zu beachten sind,

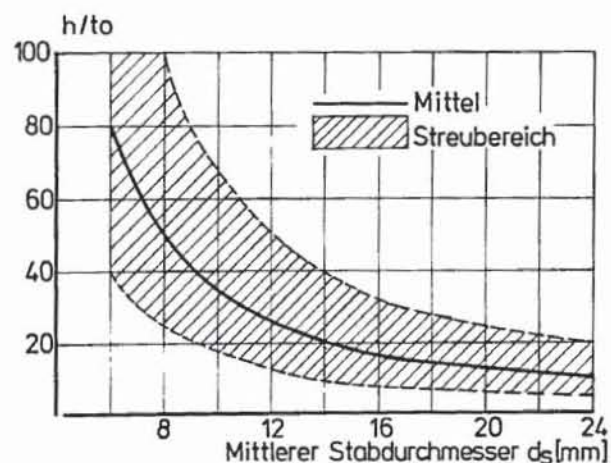


Bild 1. Abhängigkeit zwischen dem mittleren Stabdurchmesser d_s und dem Aufwand für das Verarbeiten von Betonstahl (nach [11])

Prof. Dr.-Ing. G. Rehm ist Ordinarius am Institut für Werkstoffe im Bauwesen an der Universität Stuttgart und Leiter der Forschungs- und Materialprüfungsanstalt Baden-Württemberg, Otto-Graf-Institut, Stuttgart. Dr.-Ing. R. Eligehausen ist wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Werkstoffe im Bauwesen an der Universität Stuttgart. Dipl.-Ing. B. Neubert und Dipl.-Ing. R. Lehmann sind wissenschaftliche Mitarbeiter im Referat Metallische Werkstoffe, Korrosion bzw. im Referat Sonderkonstruktionen an der Forschungs- und Materialprüfungsanstalt Baden-Württemberg, Otto-Graf-Institut, Stuttgart.

- Einsatz industriell vorgefertigter Elemente, insbesondere als Ersatz für dünne Stabdurchmesser (z.B. aus Matten erstellte Bügelkörbe anstelle von Einzelbügeln),
- Baukastenmäßiger Zusammenbau der zu größeren Teilelementen vorgefertigten Bewehrung in der Schalung zur Beschleunigung der Verlegearbeiten.

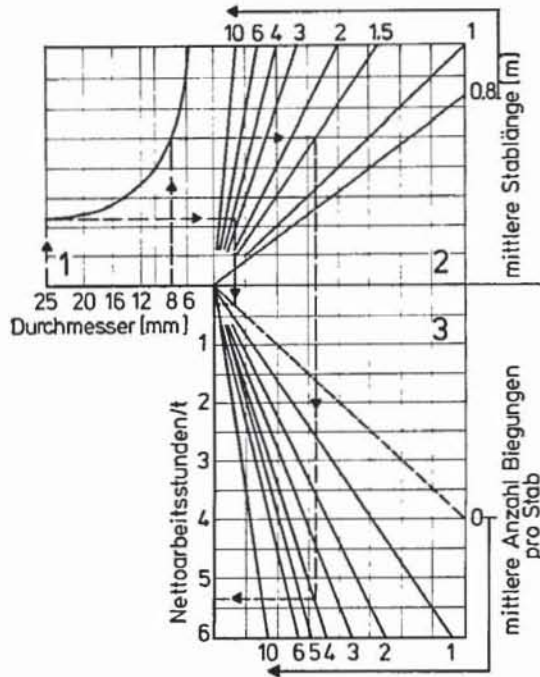


Bild 2. Nettoarbeitsaufwand für das Schneiden und Biegen von Betonstahl (nach [11])

Ausgehend von entsprechenden Vorschlägen [15, 16] wurde ein Bewehrungssystem entwickelt, das die o.g. Bedingungen erfüllt und als extremes Beispiel in Bild 4 in Form eines Schemaplanes für einen Durchlaufträger dargestellt ist.

Grundkonzept ist die konsequente Vorfertigung der Bewehrung zu stapelbaren Teilelementen, die Entkopplung der Zwangspunkte beim Verlegen, der baukastenmäßige Zusammenbau der Bewehrung in der Schalung sowie die leichte Anpassung an den Schnittkraftverlauf [3].

Feld-, Stütz- und Schubbewehrung sind unabhängig voneinander. Die Feld- und Stützbewehrung bestehen aus geraden, ggf. gestaffelten Stäben; auf Schrägstäbe wird verzichtet. Die Längsbewehrung wird bei hohen Bewehrungskonzentrationen vorzugsweise gebündelt, wobei ggf. eine zusätzliche (im Bild nicht dargestellte) Hautbewehrung zur Beschränkung der Rißbreite erforderlich ist.

Das vorgefertigte Bewehrungselement für das Feld besteht aus einem oben offenen Bügelkorb und der eingebundenen Feldbewehrung, die je nach den Platzverhältnissen in den Knotenbereichen in diese reichen kann (Normalfall) oder vorher endet und durch zugelegte dünne Stäbe verankert wird. Eine Abstufung der Schubbewehrung ist auf einfache Weise durch nachträglich von oben eingestellte leiter- oder korbartige Schubzulagen, die die Längsbewehrung nicht umschließen, zu erreichen. Bügelkörbe und Schubzulagen werden vorzugsweise aus geschweißten Betonstahlmatten hergestellt. Die Stützbewehrung wird teilweise außerhalb des Steges angeordnet. Sie kann aus einer sog. Grundmatte, die als Träger für angebundene Einzelstäbe dient, oder aus einer entsprechend dimensionierten Matte allein bestehen. Das Schließen der oben offenen Bügelkörbe übernimmt eine im Bild nicht dargestellte obere Deckenbewehrung.

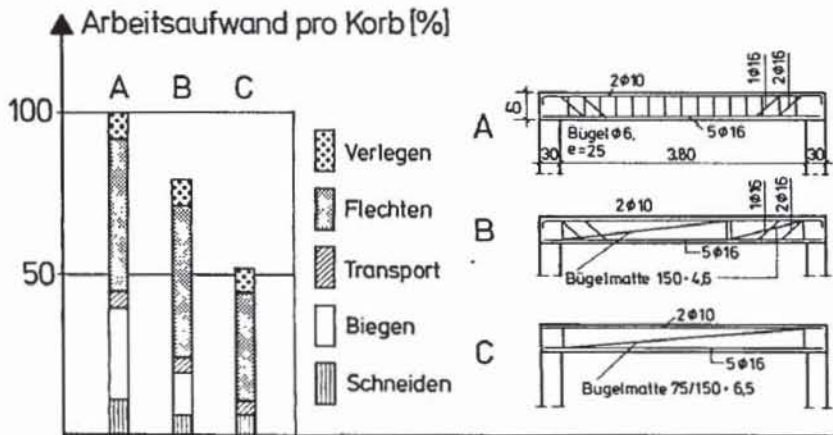


Bild 3. Aufwand für das Verarbeiten der Bewehrung eines Unterzuges (nach [13])

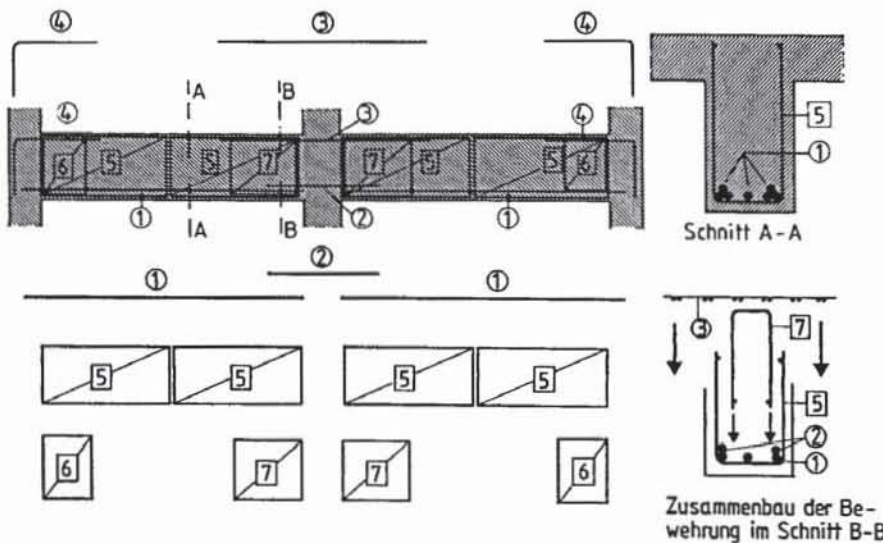


Bild 4. Bewehrung eines Durchlaufträgers: Schemabewehrungsplan für ein rationalisiertes System. 1, 2 Feldbewehrung; 3 Stützbewehrung; 5 Bügelkorb; 6, 7 Schubzulagen

3 Auswirkungen der vorgeschlagenen rationalisierten Bewehrung

Die Ausbildung der Bewehrung wird stark vereinfacht und ist im Prinzip festgelegt. Deshalb wäre die ingenieurmäßige Bearbeitung einzelner Tragglieder von der Schnittkraftermittlung bis zur Erstellung der Bewehrungszeichnungen und Stahllisten in einem Arbeitsgang mittels EDV-Anlagen üblicher Größe, die praktisch in jedem Ingenieurbüro vorhanden sind, ohne Schwierigkeiten möglich [17]. Der Einsatz von unmaßstäblichen Schemaplänen bietet sich an. Solche sind nach [6] für Fertigteile und Serienfertigungen bereits erlaubt. Für den Normalfall müßten Anschlüsse ggf. maßstäblich gezeichnet werden.

Unabhängig von der Art der Bewehrungspläne sind trotz Erhöhung des Stahlverbrauchs im Mittel um etwa 10% Einsparungen an Kosten für die verlegte Bewehrung und eine Verringerung der Verlegezeiten und damit eine Beschleunigung des Baufortschrittes erzielbar (s. Abschn. 4).

Die Vorfertigung der Bewehrung erfolgt abseits des kritischen Weges vorzugsweise an witterungsgeschützten Flechtplätzen oder im Werk. Die gegenüber der Baustelle wesentlich besseren Arbeitsbedingungen wirken sich günstig auf die Qualität aus. Durch Einsatz geeigneter Maschinen ist eine präzise Fertigung der Teilelemente möglich. Die übersichtliche und daher wenig fehleranfällige Bewehrung sowie das notwendige exakte Vorplanen der einzelnen Verlegeschritte (unter Berücksichtigung der Verhältnisse in den Knotenpunkten) gewährleistet einen ordnungsgemäßen Einbau. Wenn planmäßig gebogen wird, ist die Betondeckung leichter einzuhalten, weil die Bewehrungselemente ausreichend steif sind und daher weniger Abstandhalter zur Fixierung der Lage ausreichen. Durch ausreichend große Rüttellücken wird die Herstellung eines dichten und dauerhaften Betons begünstigt.

4 Praktische Erprobung

Die Wirtschaftlichkeit der vorgeschlagenen Maßnahmen und ihre allgemeine Anwendbarkeit wurden beim Bau eines sechsgeschossigen Einkaufszentrums mit Bürohochhaus bei einer Gesamtnutzfläche von ca. 30000 m² im Stadtzentrum von Heilbronn erprobt [18]. Bauausführende Firma war die Ph. Holzmann AG, Frankfurt. Die damals noch notwendige

Zustimmung im Einzelfall wurde vom Innenministerium des Landes Baden-Württemberg erteilt.

Die Stahlbetonskelettkonstruktion des Gebäudes ist in horizontaler Richtung durch Wände bzw. Treppenhaukerne ausgesteift (Bild 5). Dem statischen System liegt ein Stützenraster von 10 m × 10 m zugrunde. Die 10 m langen Hauptträger, in deren Mittelbereich vier Durchführungen von Versorgungsleitungen liegen, lagern auf Achteckstützen auf. In die Hauptträger binden im Abstand von 2,5 m Nebenträger ein. Die durchlaufende massive Deckenplatte ist 12 cm dick. Die Bauzeit für die tragende Konstruktion war mit ca. 10 Monaten knapp bemessen.

Die bauausführende Firma hatte für Haupt- und Nebenträger eine sog. Systembewehrung entwickelt (Bild 6a), die gegenüber einer konventionellen Bewehrung stark vereinfacht war. Vorgesehen waren aus geschweißten Betonstahlmatten vorgefertigte Bügelkörbe. Gerade und teilweise auch zur Schubdeckung aufgebogene Längsstäbe waren bereits darin eingebunden. Die Verankerung der Korbbügel erfolgte über nach außen gebogene Winkelhaken. Beim Hauptträger kamen vierschnittige Bügel zum Einsatz. Zur Versteifung des ca. 10 m langen Elementes für Transport und Einbau wurde dabei der äußere Bügelkorb im mittleren Drittel geschlossen. Die Bügelabstände der Nebenträgerkörbe variierten entsprechend dem Querkraftverlauf zwischen 5 und 15 cm. Die neben den aufgebogenen Längsstäben erforderliche Stützbewehrung aus geraden Einzelstäben war nach der Zugkraftlinie abgestuft. Die untere Deckenbewehrung aus Zeichnungsmatten band in die Nebenträger ein. Die obere Deckenbewehrung bestand aus Lagermatten.

Die Vorfertigung der Hauptträgerkörbe im Werk wurde sehr rasch aufgegeben, da sie nicht stapelbar waren und demzufolge hohe Transportkosten entstanden. Sie wurden daraufhin ebenso wie die Nebenträgerkörbe auf der Baustelle aus den gebogen angelieferten Bügelmatten und Einzelstäben gefertigt.

In Konkurrenz zur „Systembewehrung“ trat die von den Verfassern vorgeschlagene „rationalisierte“ Bewehrung, die nach den in Abschnitt 2 beschriebenen Grundsätzen ausgebildet war (Bild 6b). Sie war gekennzeichnet durch oben offene Bügelkörbe aus geschweißten Betonstahlmatten, deren Querschnitt etwa der Mindestbügelbewehrung nach [1] entsprach. Die Stababstände waren konstant. Den Rest der erforderlichen Schubbewehrung bildeten bei den Hauptträgern korb-, bei den Nebenträgern leiterförmige Schubzulagen. Die Ver-

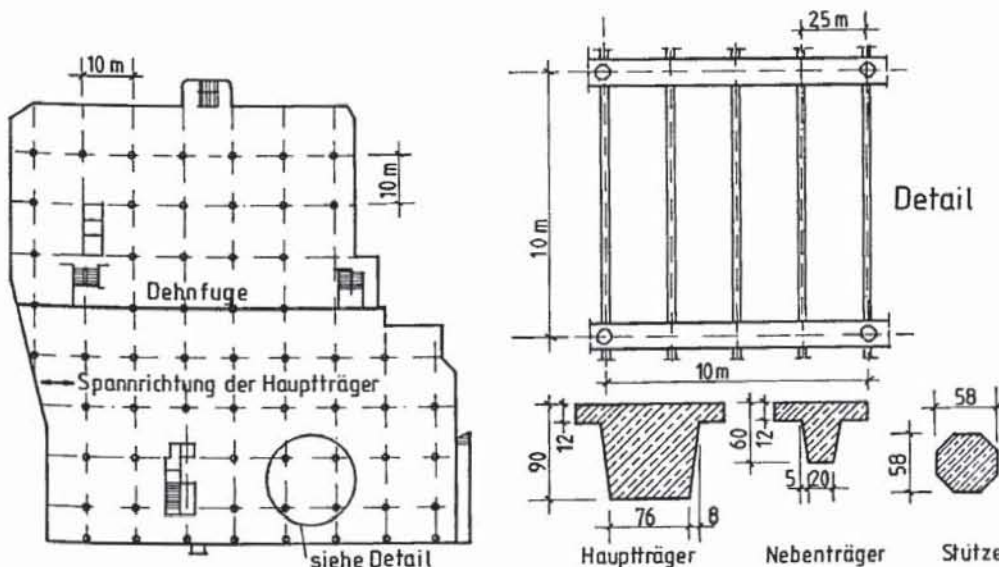


Bild 5. Grundriß, statisches System und Querschnitt der Tragelemente des Einkaufszentrums Heilbronn

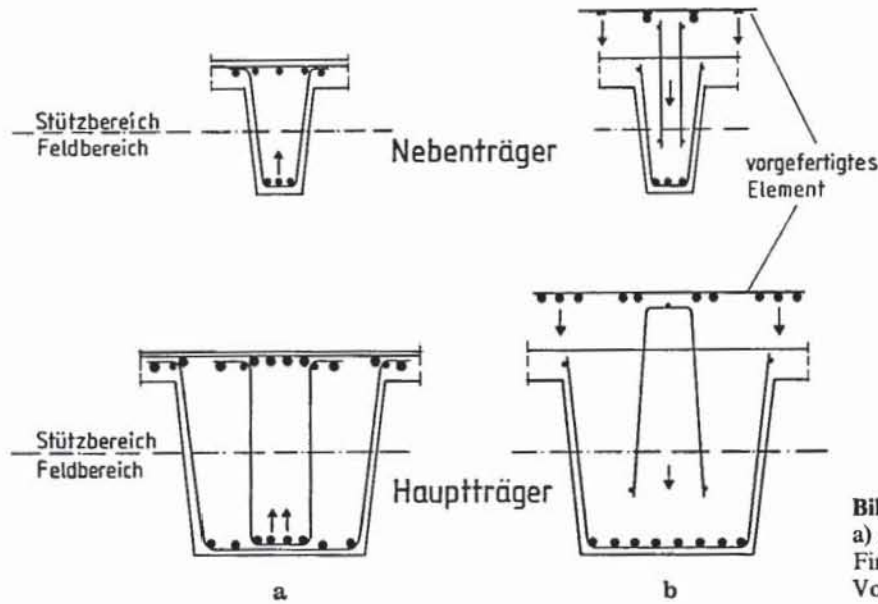


Bild 6. Bewehrung der Haupt- und Nebenträger. a) „Systembewehrung“ der bauausführenden Firma; b) „Rationalisierte“ Bewehrung; Vorschlag der Verfasser

ankerung von Bügeln und Schubzulagen erfolgte entsprechend [1], Bild 25d, über angeschweißte Längsstäbe, die den Körben die für den Transport und den Einbau notwendige Steifigkeit verliehen. Die mit der Feldbewehrung aus geraden Stäben komplettierten Bügelkörbe waren ebenso wie die Schubzulagen auf engstem Raum stapelbar. Die Stützbewehrung der Nebenträger bestand aus geschweißten Betonstahlmatten mit aufgebundenen Einzelstäben, die der Hauptträger aus großzügig abgestuften Einzelstäben, die aber nicht wie vorgeschlagen als Element verlegt wurden. Die Deckenbewehrung wurde beibehalten.

Die Baufirma bewehrte zunächst ca. 20000 m² Deckenfläche mit der „Systembewehrung“. Nach dem probeweisen Einsatz der „rationalisierten“ Bewehrung wurden die restlichen Decken des Einkaufszentrums sowie das Bürohochhaus mit der „rationalisierten“ Bewehrung errichtet.

Bild 7 zeigt den Arbeitsablauf, bei dem alle Arbeiten kontinuierlich ohne gegenseitige Behinderung ausgeführt werden konnten. Zunächst wurden die Bügelkörbe von Hauptträger (1a) und Nebenträger (1b) mit eingebauter Feldbewehrung

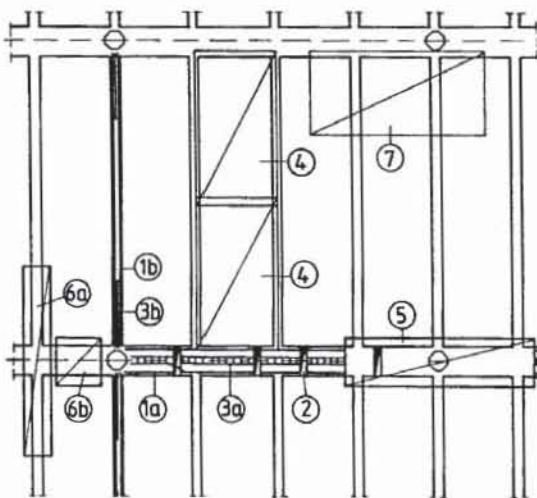


Bild 7. Ablaufplan für das Verlegen der „rationalisierten“ Bewehrung. 1a Hauptträgerkorb; 1b Nebenträgerkorb; 2 Aussparungen; 3a Schubzulagen (Korb); 3b Schubzulagen (Leitern); 4 Untere Deckenbewehrung; 5 Stützbewehrung Hauptträger; 6a Stützbewehrung Nebenträger; 6b Zulagematte; 7 Obere Deckenbewehrung

in die Schalung eingehoben. Das Einfädeln der Haupt- und Nebenträgerkörbe bereitete keine Schwierigkeiten, da sich diese bei etwa mittiger Aufhängung am Kran genügend weit durchbogen, um eingeschoben werden zu können (Bild 8). Im begehbaren Korb des Hauptträgers wurden die Bügel im Bereich der Aussparungen (2) ausgeschnitten und die Schalkörper problemlos eingesetzt. Sehr einfach war die Vervollständigung der Schubbewehrung durch die Schubzulagen (3a, b), die bei den Hauptträgern zwischen die Aussparungen gestellt wurden (Bild 9). Anschließend wurde die untere Deckenbewehrung verlegt (4). Danach erfolgte der Einbau der Stützbewehrung der Hauptträger (5), darüber verlief die Stützbewehrung des Nebenträgers (6a) bzw. eine Matte zum Schließen des Hauptträgerkorbes (6b). Das Verlegen der zu Elementen vorgefertigten Stützbewehrung der Nebenträger bereitete keine Schwierigkeiten (Bild 10). Zuletzt wurde die obere Lage der Deckenbewehrung (7) eingebaut, die die Nebenträgerkörbe schließt. Die fertig verlegte Bewehrung war sehr übersichtlich.

Für beide Bewehrungssysteme nahm die ausführende Firma den Zeitbedarf auf. Die Ergebnisse zeigt Bild 11. Verglichen wird der Aufwand für die einzelnen Bauteile und ein repräsentatives Deckenfeld, jeweils aufgeschlüsselt nach den Arbeitsgängen Vorflechten, Transportieren und Einbauen. Zu beachten ist, daß die Zeitaufnahme bei der „rationalisierten“ Bewehrung bereits beim zweiten Einsatz, bei der „Systembewehrung“ dagegen nach Einarbeitung auf ca. 20000 m² Deckenfläche stattfand.

Es ist zu erkennen, daß sich durch den Einsatz der „rationalisierten“ Bewehrung der insgesamt benötigte Zeitaufwand für die fertig verlegte Bewehrung eines repräsentativen Deckenfeldes gegenüber der „Systembewehrung“ um ca. 28% verringerte, wobei hauptsächlich Verlegezeit eingespart wurde. Daher war es möglich, den ursprünglich vorgesehenen Arbeitszeitpunkt zu verkürzen, was zur Einhaltung der vorgesehenen Bauzeit wesentlich beitrug.

Die Verringerung des Zeitaufwandes für das Verlegen der Unterzugbewehrung war zunächst auf das wesentlich einfachere Einfahren der Körbe in die Schalung zurückzuführen, weil das Durchfädeln von aufgebogenen Stäben durch die Bewehrung der Stützen entfiel. Weiterhin wurde für den Einbau der Schalkörper für die Aussparungen in die Hauptträger infolge der Begehrbarkeit der Körbe deutlich weniger Zeit benötigt. Schließlich wirkte sich der Wegfall der sperrigen Winkelhaken (handliche Bewehrungskörbe) und das Verlegen der



Bild 8.



Bild 9.



Bild 10.

Bild 8–10. 8 Einfädeln eines Nebenträgerkorbes in einen Hauptträgerkorb. 9 Einsetzen von korbartigen Schubzulagen in einen Hauptträger. 10 Verlegen der Stützbewehrung eines Nebenträgers

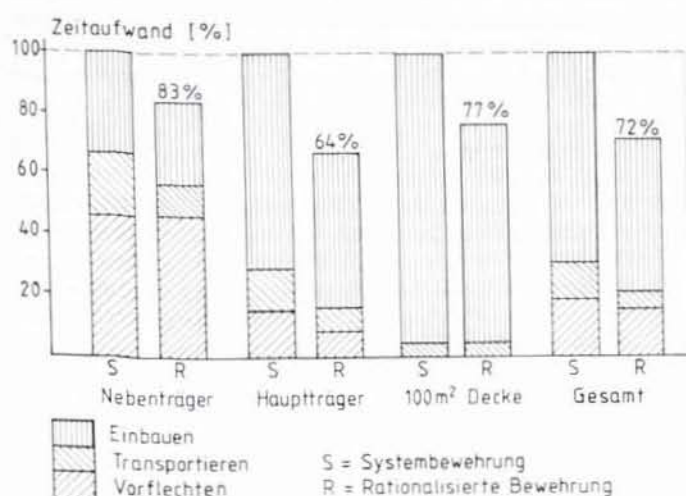


Bild 11. Vergleich des Zeitaufwandes für die Bewehrungsarbeiten zwischen der „Systembewehrung“ und der „rationalisierten“ Bewehrung

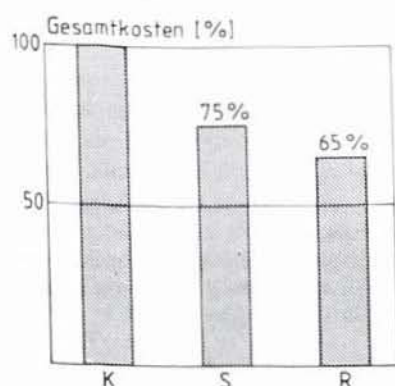


Bild 12. Vergleich der Gesamtkosten für die Bewehrung zwischen traditioneller Ausführung, „Systembewehrung“ und „rationalisierter“ Bewehrung. Vergleichsgrundlagen: Materialkosten: St III 500 DM/t, St IV 1000 DM/t; Lohnkosten 25 DM/h; Zeitbedarf Konventionell: 25 h/t; K = Konventionelle Bewehrung; S = Systembewehrung; R = Rationalisierte Bewehrung

Stützbewehrung des Nebenträgers in Form vorgefertigter Elemente günstig aus. Beim Verlegen der Deckenbewehrung wurde Zeit eingespart, da die untere Bewehrung wegen der hakenlosen Verankerung der Bügel leicht in die Nebenträger eingefädelt werden konnte und die obere Bewehrung auf den angeschweißten Stäben der Bügel auflag, wodurch Abstandhalter eingespart wurden.

Den Gesamtkostenvergleich zeigt Bild 12. In die Gegenüberstellung wurde eine nach konventionellen Methoden gefertigte Bewehrung mit einbezogen, um den gegenüber dem Normalfall zu erzielenden wirtschaftlichen Vorteil mit aufzuzeigen. Dem Vergleich liegen die Lohn- und Materialkosten zur Zeit der Bauausführung (1975) zugrunde. Der Aufwand für das Verarbeiten der konventionellen Bewehrung wurde zu 25 h/t angenommen. Danach lassen sich im vorliegenden Fall die Gesamtkosten durch die „rationalisierte“ Bewehrung gegenüber einem konventionellen System um ca. 35% senken. Auch gegenüber der bereits stark vereinfachten, die Möglichkeiten der damals geltenden Norm ausschöpfenden „Systembewehrung“ wurde noch eine Ersparnis von ca. 13% erzielt.

Neben den durch Zahlen belegten wirtschaftlichen Vorteilen bestätigten sich nach Meinung aller am Bau Beteiligten die eingangs beschriebenen Vorteile hinsichtlich einer Verbesserung der Ausführungsqualität durch Vorfertigung und einfacheren Einbau der Bewehrung in die Schalung bei Reduzierung des Zeitdruckes sowie durch geringere Fehleranfälligkeit infolge besserer Überschaubarkeit.

5 Schlußfolgerungen und Ausblick

Die durchgeführten Untersuchungen zeigen, daß eine Senkung der Bewehrungskosten und eine oft noch wichtigere Verringerung der Verlegezeiten bei gleichzeitiger Verbesserung der Ausführungsqualität erreichbar ist. Es bleibt zu hoffen, daß die neuen Möglichkeiten, die für die allgemeine Anwendung in Form der Neufassung der Bewehrungsrichtlinien [1] aufbereitet wurden, auch konsequent genutzt werden. Dabei muß die Bewehrung schon bei der Planung in ihrer Gesamtheit gesehen und auf fertigungstechnische Gegebenheiten abgestimmt werden. Die Einhaltung der Betondeckung, die für die

Dauerhaftigkeit von Bauteilen von entscheidender Bedeutung ist, erfordert steife Bewehrungselemente, die zweckmäßigerweise aus geschweißten Betonstahlmatten hergestellt werden. Bei hohen Bewehrungsgraden sollte man die Einzelstäbe zu Bündeln zusammenfassen, um ausreichend große Rüttellücken zur Herstellung eines dichten Betons zu erhalten. Die Reihenfolge des Verlegens der zu stapelbaren Teilelementen vorgefertigten Bewehrung ist unter Beachtung der Verhältnisse in Knotenpunkten im Detail festzulegen.

In diesem Zusammenhang sei noch auf folgendes hingewiesen:

Die Funktionen der Abstandhalter (Gewährleistung der Betondeckung) und der Hautbewehrung (Beschränkung der Rißbreiten) lassen sich eventuell auch miteinander verbinden, z.B. durch Einlegen korrosionsgeschützter, räumlich geflochtener bzw. räumlich geschweißter Drahtmatten. Diese würden unmittelbar auf die Schalung gelegt und trittfest ausgebildet als flächige Abstandhalter dienen, wodurch die Betondeckung wesentlich sicherer als durch das vielfach diskutierte Vorhaltemaß eingehalten werden kann. Diese Ausführung von Hautbewehrungen wird zur Zeit auf ihre Brauchbarkeit überprüft.

Die überwiegend praktizierte Methode der Abrechnung der Bewehrungskosten auf der Grundlage des Bewehrungsgewichtes ist verständlicherweise wenig geeignet, Rationalisierungsbestrebungen zu unterstützen. Wie dargelegt, führt eine Rationalisierung zwar zu einem Mehrverbrauch an Stahl, insgesamt gesehen aber doch zu Kosteneinsparungen durch Verminderung der Vorbereitungs- und Verlegezeit.

Aus diesem Grunde erscheint es sinnvoll, den Materialpreis und den Verlegeaufwand immer getrennt zu erfassen, wie dies in [19] vorgeschlagen wurde. Eine entsprechende Anpassung an die im Anwendungsland vorliegenden Verhältnisse ist natürlich notwendig, aber auf diese Weise ist eine stärkere Verbreitung der verbesserten Bewehrungstechnik zu erwarten.

Literatur

1. DIN 1045. Beton- und Stahlbetonbau, Bemessung und Ausführung, Ausg. Dezember 1978, Berlin: Beuth-Verlag 1978
2. Rehm, G., Eligehausen, R., Neubert, B.: Rationalisierung der Bewehrungstechnik. Abschlußbericht. Institut für Werkstoffe im Bauwesen an der Universität Stuttgart, Dezember 1979
3. Rehm, G., Eligehausen, R., Neubert, B.: Rationalisierung der Bewehrungstechnik. Abschlußbericht, Teil 1, Theoretische Untersuchungen. Institut für Werkstoffe im Bauwesen an der Universität Stuttgart, Dezember 1979
4. Internationale Organisation für Normung (ISO): Normentwurf ISO/OIS 4066, Building and civil engineering drawings, bar scheduling. ISO/TC 10/SC 8, August 1976
5. König, G., Weber, L.: Rationalisiertes Zeichnen im Stahlbetonbau. Bauwirtschaft 29 (1975) 693–698
6. DIN 1356 Teil 10, Bewehrungszeichnungen. Vornorm, Mai 1980, Berlin: Beuth-Verlag 1980
7. Becqu , A.J., Tuit, A.: Buig -en knipstaten, gemaakt met en computer. Cement 23 (1971) 66–77
8. Schalcher, H.R.: Der Einsatz von elektronischen Datenverarbeitungsmaschinen f r die Erstellung und Weiterverarbeitung von Eisenlisten. Schweizer. Bauztg. 89 (1971) 414–418
9. Berner, H., Bubenheim, H.J.: Automatisches Erstellen von Bewehrungszeichnungen f r Durchlauftr ger. Mitt. Inst. Massivbau, TH Darmstadt, H. 20 (1977)
10. Smit, J.: Vlechtwerk in ontwikkeling. Cement 23 (1971) 62–65
11. CUR-Kommission E 2: Rationalisatie van de Wapening, Teil 1. Bericht Nr. 74. Zoetermeer, Niederlande, Oktober 1976
12. Hecht, W., Soretz, St.: Wirtschaftliche Herstellung der Bewehrung im Stahlbetonbau. Betonwerk + Fertigteil-Technik 38 (1972) 345–350
13. Fritz, H.J., Vollmer, H.: Vergleichsuntersuchung f r das Herstellen von Bewehrungselementen f r Stahlbetonbalken. Baustahlgewebe, Ber. Forsch. Tech. H. 7 (1971)
14. Laengle, O.E.: Preisbedingte Gestaltungstendenzen im Stahlbetonbau. Schweizer. Tech. Z. 67 (1970) 965–971
15. Leonhardt, F.:  ber die Kunst des Bewehrens von Beton- und Stahlbetonbauteilen. Beton- und Stahlbetonbau 60 (1965) 181–192, 212–220
16. Rehm, G., Eligehausen, R.: Rationalisierung der Bewehrung im Stahlbetonbau. Betonwerk + Fertigteil-Technik 38 (1972) 335–344
17. Rehm, G., Eligehausen, R.; Mall e, R.: Rationalisierung der Zeichenarbeiten im Stahlbetonbau. Betonwerk + Fertigteil-Technik 41 (1975) 233–238, 289–294
18. Rehm, G., Lehmann, R.: Rationalisierung der Bewehrungstechnik. Abschlußbericht, Teil 10, Demonstrativbauvorhaben. Inst. Werkstoffe im Bauwesen, Univers. Stuttgart, Dezember 1979
19. CUR-Kommission E 2: Rationalisatie van de Wapening, Teil 2. Bericht Nr. 94. Zoetermeer, Niederlande, Oktober 1979