

Rationalisierung der Bewehrung im Stahlbetonbau

Rationalization of reinforcement in reinforced-concrete construction / Rationalisation de l'armature dans la construction en béton armé

VON PROF. DR.-ING. GALLUS REHM, DIPL.-ING. ROLF ELIGEHAUSEN, BRAUNSCHWEIG, TECHNISCHE UNIVERSITÄT BRAUNSCHWEIG

1. Problemstellung

Faßt man die Rationalisierung als notwendige Vorstufe für eine Industrialisierung auf und definiert diese nach Bay [1]: „Industrialisierung bedeutet Mechanisierung. Mechanisierung wiederum ist Ersatz manueller Handwerksarbeit im Bau durch Vorwegnahme des Produktionsablaufes durch Planen, nicht nur der Konstruktion als solche nach Form und Gehalt, sondern Arbeitsvorbereitung bis zum letzten Detail. Lohnintensive Produktionsdurchgänge sind weitgehendst durch zutreffenden maschinellen Einsatz zu lenken.“ — so muß man bekennen, daß auf dem Gebiete der Bewehrungstechnik noch nicht jene Stufe erreicht ist, die man als dem Stand der Technik und den Forderungen der Zeit entsprechend bezeichnen könnte.

Die Bewehrung wird, von Ausnahmen abgesehen, im wesentlichen nach den gleichen Prinzipien wie vor 50 Jahren gezeichnet, gebogen und in der Schalung zu einem Gerippe verbunden. Sie besteht aus einer Vielzahl von Einzelstäben unterschiedlicher Abmessungen mit unterschiedlichen Formen und wird in aller Regel in mühseliger Kleinarbeit durch Verrödeln zu einem ausreichend steifen Gebilde zusammengefügt. Dabei ist der Aufwand, beginnend vom Zeichnen des Bewehrungsplanes über das Biegen, Verlegen und Zusammenfügen in allen Einzelphasen nicht nur nicht optimal, sondern unverhältnismäßig lohnintensiv. So werden im Mittel für das Schneiden und Biegen in Abhängigkeit von der Zahl der Einzelpositionen und der Stabdicke bis zu 20%, für das Flechten und Verlegen 60—100% je Tonne des derzeitigen Materialpreises für Betonstahl III berechnet. Das plangemäße Vorbereiten und Einbringen der Bewehrung führt also zu Kosten, die das 0,8- bis 1,2fache des Materialpreises ausmachen. Der Endpreis für den Abnehmer enthält weitere Zuschläge für Transport und

Zwischenlagerung sowie anteilige Gemeinkosten des Unternehmers.

Die in Bild 1 gezeigte Entwicklung der Lohn- und Betonstahlkosten im Bauwesen gilt für die Niederlande [2], sie dürfte jedoch auch annähernd die deutschen Verhältnisse beschreiben. Während danach die Kosten für Betonstahl in Zukunft nur geringfügig anwachsen, ist mit einem unverminderten Anstieg der Lohnkosten zu rechnen. Da die Kosten für die Weiterverarbeitung des Betonstahls überwiegend durch Löhne und Gehälter bestimmt werden, muß eine Rationalisierung sich vorzugsweise auf dieses Gebiet konzentrieren.

Die Notwendigkeit für eine Rationalisierung ergibt sich aber nicht nur aus der wahrscheinlichen Kostenentwicklung; vielmehr muß das in Zukunft sicher noch steigende Bauvolumen und die erkennbar abnehmende Zahl der am Bau zur Verfügung stehenden, insbesondere gelern-ten Arbeitskräfte berücksichtigt werden.

Außerdem ist der Zeitaufwand für die Planung, d. h. für das Herstellen der Bewehrungspläne und Aufstellen von Eisenlisten erkennbar zu hoch. Die Rationalisierung muß daher bereits im Planungs- bzw. Ingenieurbüro beginnen.

Schließlich ist die Organisation der Baustelle besser durchführbar, wenn die einzelnen Arbeitstakte unabhängig von der Bewehrung festgelegt werden können. Es ist unbestritten, daß der Baufortschritt in vielen Fällen durch die langwierige, weil komplizierte Fertigung der Bewehrung verzögert wird. Zumindest in einzelnen Bereichen des Bauwesens hat sich durch die Großflächenschalung die Technik des Einschalens wesentlich vereinfacht und beschleunigt. Auch das Bereiten des Betons wurde durch Lieferbeton vom Baustellenbetrieb unabhängig gemacht. Das Bewehren hingegen erfolgt immer noch von Hand und bestimmt nicht unwesentlich das

Baukostenentwicklung

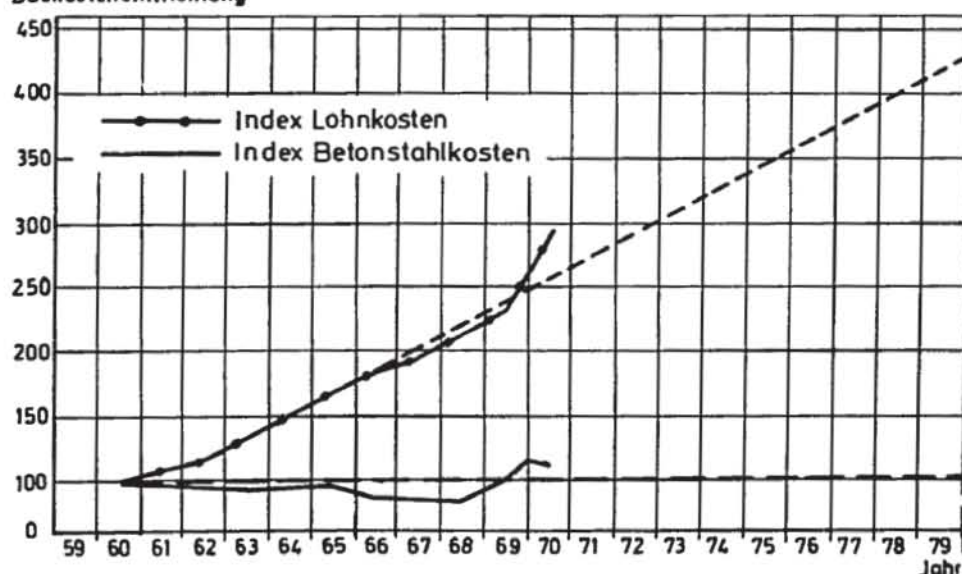


Bild 1. Entwicklung der Lohn- und Betonstahlkosten in den Niederlanden nach [2]

Fig. 1. Evolution of labour and reinforcing-steel costs in the Netherlands (according to 2)

Fig. 1. Evolutions des coûts de main d'oeuvre et des fers à béton au Pays-Bas, d'après [2]

Tempo des Bauablaufes. Dies läßt sich besonders deutlich bei Baustellen feststellen, die im Taktverfahren arbeiten.

2. Möglichkeiten der Rationalisierung

2.1 Vorfertigung der Bewehrung

Durch Zusammenfassen der Weiterverarbeitung des Betonstahles in einer zentralen Stelle ist eine weitgehende Mechanisierung der einzelnen Arbeitsgänge möglich. In der Literatur [14], [15] sind einige Gesichtspunkte aufgeführt, die den Vorteil dieser Methode erkennen lassen sollen. Zweifellos bietet die Vorfertigung eine Reihe von Vorteilen:

Die Arbeitsbedingungen in den sogenannten Flechtzentralen können als besser bezeichnet werden, weil weitgehend in geschlossenen Räumen gearbeitet werden kann. Ferner können angelernte Arbeitskräfte eingesetzt und eine gleichmäßigere Auslastung von Arbeitern und Geräten erreicht werden. Die Auswirkungen auf den Baufortschritt sind darin zu sehen, daß das Betonieren nicht mehr von der rechtzeitigen Beendigung der Flechtarbeiten, sondern nur noch von der rechtzeitigen Anlieferung der Bewehrungseinheiten abhängt. Ein Platzbedarf für das Vorbereiten und Flechten der Bewehrung auf der Baustelle ist praktisch nicht erforderlich. Kleine und mittlere Bauunternehmen können auf eigene Eisenbiege- und Flechtabteilungen verzichten.

Trotzdem muß der Rationalisierungseffekt der Vorfertigung so lange als gering bezeichnet werden, als die bisher üblichen Bewehrungsformen in ihrer ganzen Vielfalt und Kompliziertheit beibehalten werden. Die einfache Nachahmung bisheriger Methoden mit einer Abwandlung der Art des Verbindens (z. B. Schweißen anstatt Rödeln) der Einzelteile zu transportablen Körben kann nur einen Teilerfolg bringen.

Neben den materialtechnischen Fragen (Schweißbarkeit) ist vor allem der Transport von sperrigen, das Ladegewicht der Fahrzeuge nicht immer auslastenden Elementen gelegentlich ein kostenbestimmender Faktor. Es ist somit die oft vertretene Meinung, mit der Vorfertigung wäre das ganze Problem der Rationalisierung der Bewehrungstechnik gelöst, zumindest so lange unbegründet, als keine grundlegende Änderung in der Methode des Bewehrens selbst herbeigeführt wird.

In manchen Ingenieurbauten ist bedingt durch das Bauverfahren die Vorfertigung der Bewehrung allerdings Voraussetzung für eine wirtschaftliche Lösung [3], [4], [5].

2.2 Standardisierung

Standardisierung heißt Vereinheitlichung. Sie muß nicht zwingend zu einer Verminderung der Gestaltungsmöglichkeiten, kann aber bei sinnvoller Anwendung zu einer Rationalisierung führen.

Die Standardisierung kann sich beziehen auf die Bewehrungstypen (Stabformen) einschließlich ihrer Vermaßung und Bezeichnung sowie auf die Gestaltung der Eisenlisten [6], [7], [8]. Ein Beispiel für standardisierte Stabformen zeigt Bild 2, das aus [7] entnommen ist.

Weiterhin könnten die Bewehrungszeichnungen nach einheitlichen Gesichtspunkten gestaltet werden. Es wäre festzulegen, welche Angaben an welcher Stelle zu machen und welche Vereinfachungen zulässig sind [9]. Voraussetzung hierfür ist allerdings immer die Standardisierung der Bewehrungstypen und der Eisenlisten.

Schließlich sollte die Standardisierung auch die Bewehrungsführung erfassen. Es müßten brauchbare, praktisch erprobte und den allgemeinen Anforderungen genügende Ausführungen, beispielsweise für Stützenstöße, für Kreuzungsstellen von Balkenbewehrungen, Wandbewehrungen usw. angegeben werden [10]. Auf eine mögliche Vorfertigung der Bewehrung sollte dabei Rücksicht genommen werden, wie dies bei dem in Bild 3 dargestellten Beispiel offensichtlich der Fall ist.

VORZUGSFORMEN

NR	FORM	NR	FORM	NR	FORM
20		38	ODER 	51	
32				60	
33		41	ODER 	62	
34				81	
35		43		83	
37					

ANDERE FORMEN

36		52		72	
39		53		73	
42		54		74	
45		55		75	
48				77	
49		65		85	

Bild 2. Standardisierte Stabformen nach [7]

Fig. 2. Standardized barshapes (according to 7)

Fig. 2. Formes normalisées d'aciers, d'après [7]

Die Standardisierung ist die Voraussetzung für das Erstellen von Bewehrungszeichnungen und Eisenlisten, die Steuerung der Schneide- und Biegemaschinen, die Ausfertigung der Lieferscheine und Anhänger und die Abrechnung durch EDV-Anlagen [11], [12], [13]. In Bild 4 ist ein von einer EDV-Anlage gezeichneter Bewehrungsplan für einen Durchlaufträger dargestellt.

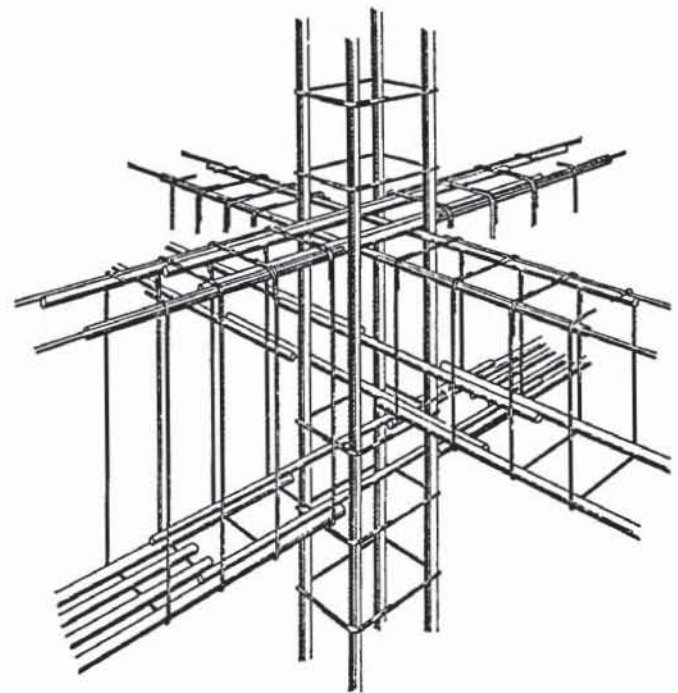


Bild 3. Vorschlag für eine standardisierte Bewehrungsführung im Kreuzungspunkt von Unterzügen nach [10]

Fig. 3. Proposal for a standardized reinforcement running in the point of intersection of beams (according to 10)

Fig. 3. Projet d'exécution d'un armaturage normalisé au point de croisement de deux longerons, d'après [10]

weisen wäre immer noch ausreichend, um einen Rückgang der Stahlbetonbauweise auszuschließen. Deshalb sollte man möglichst rasch Vorzugsabmessungen für ausgewählte Bauteile festlegen, weil damit erhebliche Kosteneinsparungen sowohl für die Schalung als auch die Bewehrung erzielt werden können.

Auf dem Teilgebiet der Bewehrung ließen sich Rationalisierungseffekte durch Verwendung vorgefertigter genormter Teilelemente sowie durch die Mechanisierung des gesamten Herstellungsprozesses sowohl der Bewehrungselemente selbst als auch der Gesamtbewehrung erzielen.

Die Bewehrung könnte entweder aus Teilelementen auf der Baustelle (in der Schalung) unter Einsatz der dort vorhandenen Hebezeuge zusammengesetzt oder als fertiger Korb, gegebenenfalls in mehrere Abschnitte unterteilt, angeliefert werden.

Die Anschlüsse müßten nach einheitlichen, festen Regeln (vgl. 2.2) gestaltet werden.

Die Vorzüge dieses Systems sind:

- Die Bewehrungskörbe wären katalogisiert, könnten also aus ähnlichen Tabellen oder Diagrammen in Abhängigkeit von den Bauteilabmessungen und der Belastung wie Matten oder Stabstahl ausgewählt werden. Die Bewehrungszeichnungen müßten lediglich Angaben über die gewählten Korbtypen enthalten.

- Auf die Erstellung von Eisenlisten und Herauszeichnen einzelner Bewehrungsformen könnte verzichtet werden, weil der vom Statiker zu erstellende Typenplan alle für die Weiterverarbeitung notwendigen Informationen enthalten würde.

- Infolge der möglichen vollständigen Mechanisierung würden angelernte Arbeiter den anfallenden Aufgaben gerecht werden,

- die mit großer Präzision hergestellten Körbe würden die Fehlermöglichkeiten beim Einbau wesentlich vermindern, wenn nicht gar ausschließen.

- Die Biegebetriebe könnten auf Lager arbeiten.

- Lehren, wie sie bei der Vorfertigung unter Einsatz von Einzelstäben oft erforderlich sind, könnten hier mit Sicherheit entfallen.

2.5 Entwicklung neuer Werkstoffe mit den gleichen Vorzügen wie Stahlbeton

In diese Gruppe wären vorzugsweise die sogenannten Faserbetone einzuordnen. Dabei handelt es sich um einen mit Stahldrahtabschnitten in statistischer Verteilung bewehrten Beton. Die Stahldrähte sollen zur Erhöhung der Zugfestigkeit bzw. zur Aufnahme der Gesamtzugkräfte dienen. Der besondere Vorteil liegt darin, daß die „Bewehrung“ praktisch mit dem Beton gleichzeitig, also ohne wesentlichen zusätzlichen Arbeitsaufwand, eingebracht werden kann.

Setzen wir voraus, daß dies technisch einwandfrei möglich ist, so würde die Wirtschaftlichkeit dieses Verfahrens ausschließlich vom Materialeinsatz bestimmt werden. Der Kostenanteil für das Biegen und Verlegen der traditionellen Bewehrung könnte einem eventuellen Mehrverbrauch an Stahl zugestanden werden. Aus bisherigen Versuchen [17] kann abgeleitet werden, daß der Wirkungsgrad der Stahlfasern in statistischer Verteilung, bezogen auf den effektiven Stahlquerschnitt, etwa bei 0,3 liegt. Man bräuchte also zur Aufnahme der gleichen Zugkraft ca. die dreifache Stahlmenge gegenüber einer üblichen Bewehrung. Da die Verarbeitungskosten zumindest derzeit noch nicht das Dreifache der Stahlkosten betragen, ist der Faserbeton zumindest „rechnerisch“ noch nicht konkurrenzfähig. Die Verhältnisse verschieben sich allerdings zugunsten des Faserbetons, wenn man die zur

Zeit angebotenen Endpreise je Tonne Stahl konventioneller Bewehrung zugrunde legt.

Durch Erhöhung des Wirkungsgrades und Verwendung hochfester Stahldrähte mit einer gegenüber bisher wesentlich höheren ausnutzbaren Spannung kann diese Bauweise in Sonderfällen sicherlich schon in absehbarer Zeit von praktischer Bedeutung werden.

Der „Stahlsaitenbeton“ mit einer sehr dichten Packung von extrem dünnen, hochfesten Drähten rückt in den Bereich der Überlegungen für wirtschaftliche Bauweisen. Der Zementstein dient praktisch nur noch als schubfeste Verbindung der Einzeldrähte und als Korrosionsschutz.

Auch sind Ansätze für die Entwicklung eines quasi-homogenen Stahl-Beton-Verbundwerkstoffes erkennbar, der die Vorteile des Stahlbaues (statisch günstige Profile) mit denen des Stahlbetonbaues (einfache Verbindungen, Verdübelung) vereinen könnte. Der Einsatz vorgefertigter selbsttragender Stabelemente mit zweckentsprechender Querschnittsgestaltung könnte als Schalung und Zugglied eine weitere Rationalisierung nicht nur der Bewehrung erbringen.

Faßt man die bisherigen Überlegungen zusammen, so ist festzustellen, daß der größte Rationalisierungseffekt durch den Einsatz vorgefertigter, genormter Teilelemente bzw. ganzer genormter Bewehrungskörbe erzielbar ist, daß aber bereits beachtliche Fortschritte durch den Einsatz standardisierter Bewehrungs-Teilelemente erreicht werden können.

Unter den derzeitigen Verhältnissen kann der Einsatz von standardisierten Teilelementen als fortschrittliche Lösung angesehen werden. Daher sollen im nachfolgenden zunächst nur die damit zusammenhängenden Probleme behandelt werden. Weitergehende Vorschläge, insbesondere im Hinblick auf eine Normung von Bauteilformen und -abmessungen sollen später nach Vorliegen fundierter Ergebnisse aus laufenden Untersuchungen unterbreitet werden.

3. Probleme und Möglichkeiten des Einsatzes von standardisierten Bewehrungselementen

Rationalisierung ist nicht an eine vollständige Mechanisierung oder Vorfertigung gebunden. Es handelt sich immer um ein Optimierungsproblem und deshalb müssen die jeweils herrschenden Material- und Lohnkostenrelationen berücksichtigt werden. Nach den heute geltenden Gesetzmäßigkeiten dürfte es zweckmäßig sein, nur solche Bewehrungsteile in Form von Halbfabrikaten industriell herzustellen, deren Einzelfertigung lohnintensiv ist. Dazu zählen zweifellos das Schneiden, Biegen, Flechten und Verlegen von dünnen Einzelbügeln und dünnen Einzelstäben (Bild 5). Deshalb scheint eine getrennte Betrachtung für Flächen- und Stabtragwerke notwendig. Ebenso erscheint eine Aufteilung nach dem Grad der

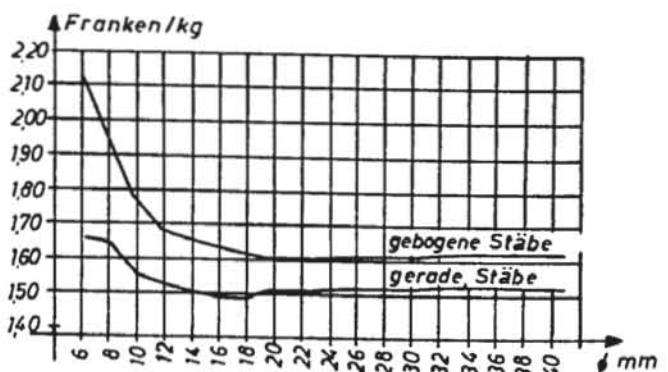


Bild 5. Preis für verlegten Betonstahl in Abhängigkeit vom Stabdurchmesser [18]
 Fig. 5. Price of laid reinforcing steel as a function of bar diameter [18]
 Fig. 5. Prix de l'acier à béton, en place, en fonction du diamètre des barres [18]

Übereinstimmung mit den geltenden Stahlbetonbestimmungen zweckmäßig. Die einschlägigen Abschnitte der DIN 1045 sind zugegebenermaßen nicht im Hinblick auf eine Vorfertigung abgefaßt und es ist denkbar, daß durch Modifikation der Vorschrift ohne Beeinträchtigung der Sicherheit brauchbare, die Rationalisierung erhöhende Lösungen gefunden werden können.

3.1 Standardisierte Bewehrungselemente in Übereinstimmung mit den geltenden Normen

3.1.1 Flächentragwerke

In der überwiegenden Zahl der Fälle werden geschweißte Bewehrungsmatten eingesetzt. Damit wird gegenüber einer Bewehrung aus dünnen Einzelstäben zweifellos ein beachtlicher Rationalisierungseffekt erzielt. Dieser drückt sich nicht immer im Endpreis aus, da die Kalkulation meist auf Kostengleichheit verschiedener Systeme ausgerichtet ist.

Von Sonderfällen abgesehen ließen sich wohl alle Aufgaben mit Hilfe von standardisierten Matten lösen. Der beachtlich hohe Anteil (ca. 50%) von sogenannten Listen- oder Zeichnungsmatten am Gesamtverbrauch ist allerdings ein deutliches Zeichen dafür, daß die mögliche Einsparung an Stahl immer noch als optimale Lösung der gestellten Aufgabe angesehen wird. Dabei kann der Gesamtaufwand infolge Sonderanfertigung der Matten, getrennte Lagerung und evtl. Mehraufwand beim Verlegen höher sein als bei Einsatz standardisierter Elemente mit höherem Stahlverbrauch.

Falls Zeichnungs- bzw. Listenmatten durch einen echten Bedarf begründet sind, müßte die Frage nach der optimalen Standardisierung der anderen (Lager-)Matten gestellt werden. Zweifellos wird man kaum jemals alle Bauvorhaben mit nur wenigen standardisierten Bewehrungstypen bewehren können. Es sollte aber doch möglich sein, den überwiegenden Teil, beispielsweise 80—90%, ohne Sonderanfertigung wirtschaftlich bewältigen zu können.

Der zunehmende Einsatz von geschweißten Bewehrungsmatten auch in höher auf Schub beanspruchten Bauteilen wirft gelegentlich konstruktive Probleme bezüglich der Anordnung der Schubbewehrung auf. Es sind Vorschläge über die Ausbildung von Sondermatten bekannt, die ein Aufbiegen einzelner Stäbe aus der Mattenebene in Form von Schrägeisen gestatten. Ein anderer Vorschlag sieht vor, auf die Flächenbewehrung schmale, leiterförmige Streifen aufzuschweißen, die im Bedarfsfalle durch Aufbiegen aus der Mattenebene als Schubbewehrung dienen können. In Durchlaufkonstruktionen können die Leitern gleichzeitig als Abstandhalter zwischen der oberen und unteren Bewehrung dienen (Bild 6).

Ein vorteilhaftes Anwendungsgebiet für Matten mit aufgeschweißten Leitern ist in Rippendecken gegeben. Die Abstände der Leitern werden dem Rippenabstand, die Quer- und Längsstäbe der Leitern der erforderlichen Schub- bzw. Längsbewehrung angepaßt. Damit ließe sich die Bewehrung von Rippendecken durch ein großflächiges, gut stapelbares, steifes Element in einem Arbeitsgang herstellen (Bild 7).

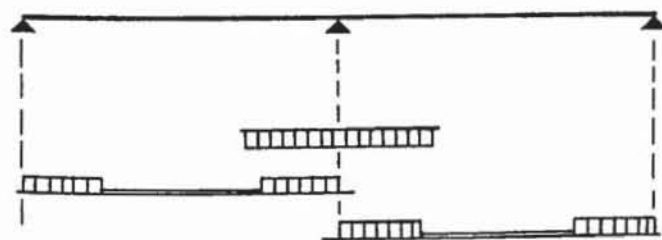


Bild 6. Matte mit Schubleitern, Bewehrung einer Platte
Fig. 6. Mesh with shear ladders; reinforcement of slab
Fig. 6. Treillis avec armatures relevées; armaturage d'une dalle

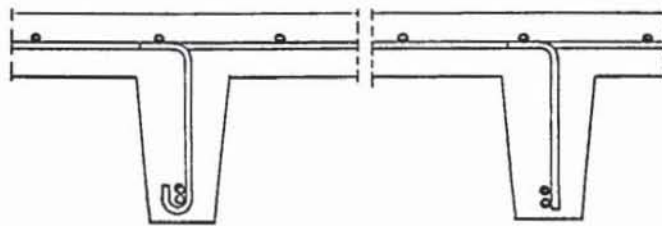


Bild 7. Matte mit Schubleitern, Bewehrung einer Rippendecke
Fig. 7. Mesh with shear ladders; reinforcement of ribbed floor
Fig. 7. Treillis avec armatures relevées; armaturage d'un plancher nervuré

Im Zusammenhang mit einer für Hersteller und Verbraucher gleichermaßen erwünschten Verminderung und Standardisierung von Mattentypen erscheint die Frage zumindest von theoretischem Interesse, ob es als optimal angesehen werden kann, die Querstäbe von Matten immer der jeweils erforderlichen Querbewehrung anzupassen. In einer ganzen Reihe von Anwendungsfällen wäre es vorteilhafter, die Hauptbewehrung nur mittels für die Tragfähigkeit unbedeutender, in größeren Abständen angeordneter, sogenannter Positionsdrähte zu verbinden und die erforderliche Querbewehrung durch eine gleichartig ausgebildete Matte mit entsprechend geringem Stahlquerschnitt abzudecken. Da die Standardisierung nur dann den überwiegenden Teil der Bewehrungsmatten erfassen kann, wenn eine einfache und möglichst universelle Einsatzmöglichkeit gegeben ist, scheint die vorgeschlagene Variante zumindest überlegenswert.

Auch Flächenbewehrungen müssen durch Abstandhalter in ihrer Lage fixiert werden. Das Anbringen von Abstandhaltern erfordert bei geschweißten Betonstahlmatten nach den Untersuchungen in [19] 15—35% der gesamten für das Verlegen der Bewehrung benötigten Zeit. Die vor Jahren auf den Markt gebrachten sogenannten Verbundstahlmatten wiesen aus Kunststoff bestehende in regelmäßigen Abständen angespritzte Abstandhalter auf. Trotz der nachgewiesenen Verkürzung der Verlegezeit durch Wegfall des Anbringens gesonderter Abstandhalter war — soweit feststellbar — kein Abnehmer bereit, diese Zusatzvergünstigung zu honorieren bzw. zumindest anzuerkennen, da die Nachteile beim Stapeln und Wegnehmen von Einzelmatten durch Verhaken der hervorstehenden Abstandhalter den beim späteren Verlegen erzielbaren Vorteil wieder aufheben sollten. Wenn man die Erfahrung berücksichtigt, daß manche technische Entwicklung erst im zweiten Anlauf den ursprünglich erwarteten Erfolg bringt, so ist es zumindest nicht auszuschließen, daß in Zukunft Bewehrungselemente mit fabrikmäßig angebrachten Abstandhaltern zur Verfügung stehen. Zumindest sollte man gezielt untersuchen, ob dadurch ein besonderer Rationalisierungseffekt erzielt werden kann.

3.1.2 Stabtragwerke

Es ist zweckmäßig, nach Längs- und Schubbewehrungen zu unterscheiden, da die Schubbewehrung im wesentlichen aus dünnen Stäben besteht und in der Herstellung daher als besonders lohnintensiv bezeichnet werden muß.

3.1.2.1 Schubbewehrung

Besteht die Schubbewehrung aus Bügeln allein, so ergibt sich gegenüber einer Schubbewehrung aus Bügeln und Schrägstäben bei voller Schubdeckung und üblichen Schlankheiten ein um 15% bis 20% höherer Stahlbedarf. Bei verminderter Schubdeckung wird der Unterschied geringer (Bild 8). Dabei beträgt der Anteil der Bügel an der Gesamtbewehrung bei Schubdeckung nur durch Bü-

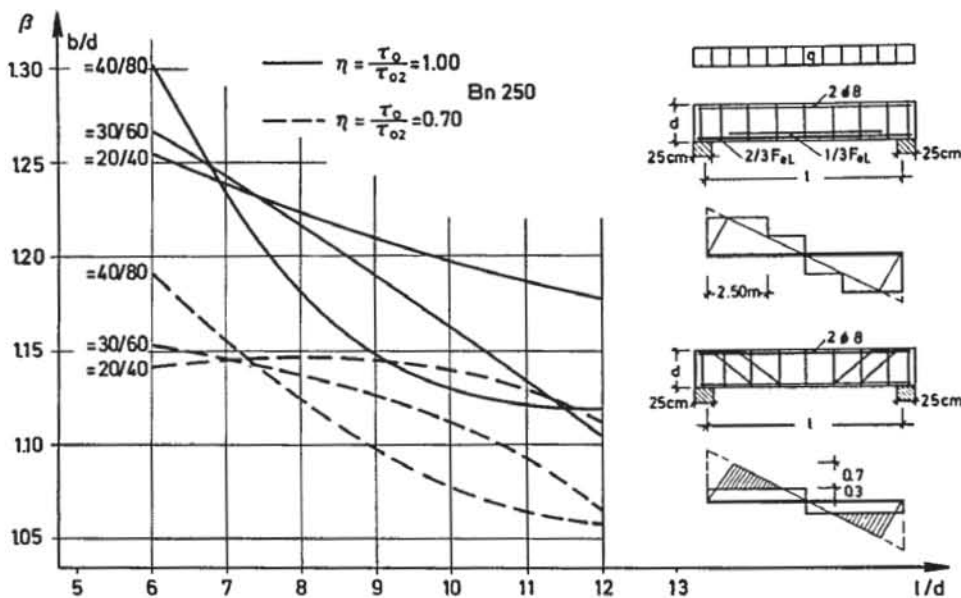


Bild 8. Verhältnis der Korbgeichte bei Schubabdeckung durch Bügel alleine und Schubabdeckung durch Bügel und Schrägstäbe in Abhängigkeit von l/d für verschiedene Querschnittsabmessungen und Schubdeckungsgrade

Fig. 8. Relation between cage weights with shear covering by stirrups only and shear covering by stirrups and diagonal bars as a function of l/d for different cross-sectional dimensions and shear covering degree

Fig. 8. Rapport du poids d'une armature en fonction de l/d , pour différents sections et différents taux d'absorption du cisaillement, les effets de cisaillement étant absorbés par des étriers seuls ou par un ensemble d'étriers et de barres inclinées

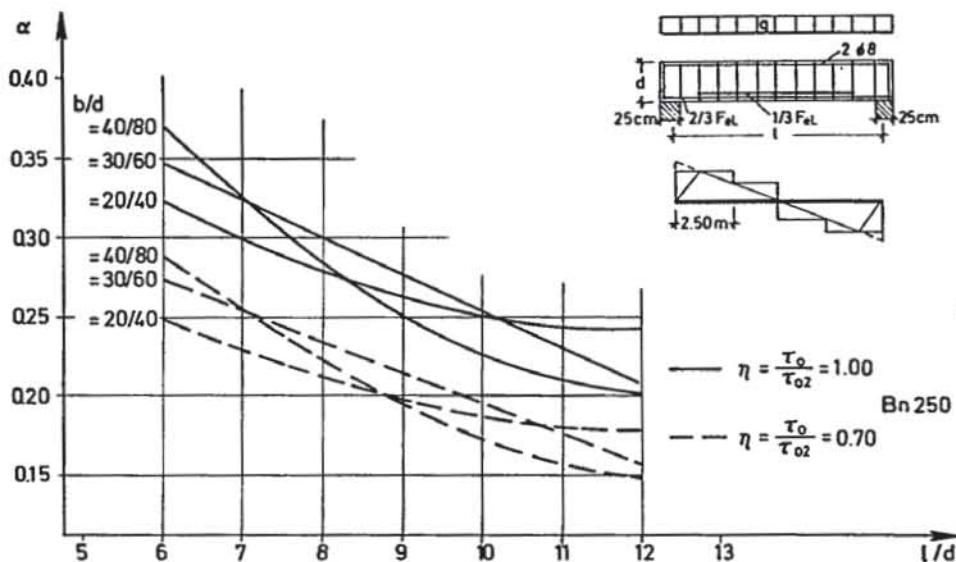


Bild 9. Verhältnis des Gewichtes der Bügel zum Gesamtgewicht eines Bewehrungskorbes in Abhängigkeit von l/d für verschiedene Querschnittsabmessungen und Schubdeckungsgrade

Fig. 9. Relation between weight of stirrups and total weight of reinforcement as a function of l/d for different cross-sectional dimensions and shear covering degree

Fig. 9. Rapport du poids des étriers au poids total d'une armature, en fonction de l/d pour différentes sections et différents taux d'absorption du cisaillement

gel ca. 25 Gew.-%. Der Anteil ist hauptsächlich abhängig von der Höhe der Schubspannungen, dem Schubdeckungsgrad und der Schlankheit des Bauteils (Bild 9).

An erster Stelle steht hier somit die Frage, ob der höhere Materialeinsatz bei Schubbewehrung aus nur Bügeln und der höhere Stahlpreis für die dünnen Abmessungen (Bild 5) durch Rationalisierung der Weiterverarbeitung ausgeglichen bzw. überboten werden kann. Die Literatur enthält hierzu keine eindeutigen Angaben. Nach [20] ist eine Schubsicherung mit Bügeln und Schrägeisen auf der Grundlage der Preise von 1962 wirtschaftlicher als eine Schubbewehrung aus Bügeln allein. Dabei wird vorausgesetzt, daß die Bügel aus Einzelstäben hergestellt werden.

Es bedarf keiner besonderen Überlegungen, um festzustellen, daß unter diesen Bedingungen Schubbewehrungen aus überwiegend Schrägeisen immer billiger sein werden. Selbst wenn der Biegeaufwand für Bügel und Schrägeisen etwa gleich wäre, würde der höhere Materialaufwand bei Schubbewehrung aus Bügeln allein und der höhere Preis für dünne Abmessungen den Ausschlag geben.

Nach Untersuchungen in [21] kann durch den Einsatz von Bügelementen, beispielsweise aus geschweißten Mattenteilen hergestellt, die Arbeitszeit für das Herstellen des Bewehrungskorbes erheblich verringert werden. Im einzelnen wurden für einen speziellen Anwendungsfall folgende Varianten untersucht:

- Herkömmliche Bewehrung, bestehend aus geraden und aufgebogenen Stäben sowie Einzelbügeln und zwei Montagestäben;
- wie a) — statt Einzelbügel Bügelmatten;
- Bewehrung bestehend nur aus geraden Stäben, Schubdeckung durch eine durchgehende Bügelmatte mit engeren Stababständen an den Rändern (Zeichnungsmatte);
- wie c), jedoch anstatt der Einzelstäbe Verwendung eines sog. Tragstreifens, das sind durch aufgeschweißte Querstäbe verbundene Einzelstäbe.

Ein Vergleich des Zeitaufwandes zeigt, daß bereits die Variante b), d. h. der Ersatz von Einzelbügeln durch eine Bügelmatte eine Arbeitszeitersparnis von 22%, die Variante c) durch Weglassen der Schrägeisen eine noch höhere Ersparnis von 52% gegenüber der herkömmlichen Ausführung erbrachte. Dabei ergab sich der größte Zeitgewinn durch das Biegen größerer Elemente anstatt Einzelstäbe und durch erhebliche Verminderung der Bindestellen beim Zusammenbau des Korbes.

Berücksichtigt man das Verhältnis von Material- und Lohnkosten (Bild 10), so dürfte durch den Einsatz von vorgefertigten Bügelementen der Mehraufwand an Stahl zumindest ausgeglichen werden.

Setzt man Betonstahlmatten ein, so können die Bügelstäbe entweder in Mattenquer- oder in Mattenlängsrichtung angeordnet werden. Beide Varianten bieten Vor- und Nachteile, die im folgenden stichwortartig aufgezeigt werden sollen.

VERHÄLTNIS DER MATERIAL- ZU
WEITERVERARBEITUNGSKOSTEN

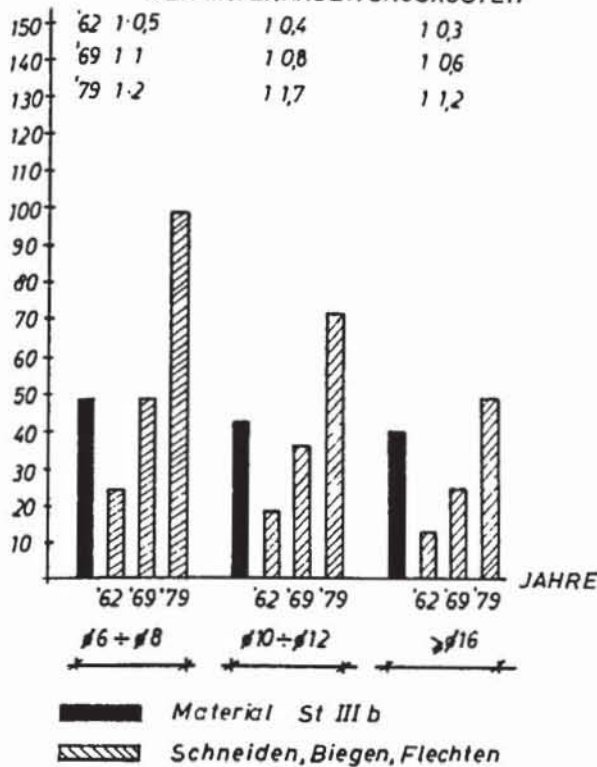


Bild 10. Verhältnis der Betonstahl- zu Lohnkosten nach [2]
Fig. 10. Relation between reinforcing steel and labour costs (according to 2)
Fig. 10. Rapport entre le prix de l'acier et les salaires, d'après [2]

3.1.2.1.1 Bügelstäbe in Mattenlängsrichtung (Querstäbe als Positionsdrähte)

Um den Verschnitt gering zu halten, sollten die Elemente in möglichst großen Längen oder aber als Rollen angeliefert werden. Die letztgenannte Ausführung setzt allerdings voraus, daß geeignete Richtmaschinen zur Verfügung stehen, die es erlauben, die Drähte ohne Beschädigung der Verbindungsstellen (Knoten) gerade zu richten.

Die Vorteile der beschriebenen Anordnung bestehen u. a. darin, daß

- Bügel beliebiger Form und mit beliebigem Umfang praktisch ohne Verschnitt (bei Rollen) hergestellt werden können;
- relativ wenige (z. B. 5) Grundtypen, die sich nur im Drahtdurchmesser unterscheiden, ausreichen, um bei üblichen Balkenabmessungen und zweischnittigen Bügeln Schubspannungen bis zu 18 kp/cm² abzudecken;
- die Querstäbe, in den Bügeln die Längsstäbe, dünn gehalten werden können und im wesentlichen nur der Stabilisierung des Korbes dienen;
- bei geschweißten Matten nur geringe Anforderungen an die Schweißpunkte zu stellen sind, da die Positionsdrähte keine statische Funktion haben;
- durch Ineinanderschachteln mehrerer Bügelkörbe eine stufenweise Anpassung an die jeweiligen Beanspruchungsverhältnisse erreicht werden kann;
- bei entsprechender Ausbildung der Grundelemente diese auch als Flächenbewehrung eingesetzt werden könnten, insbesondere dann, wenn die Untersuchungen ergeben, daß das gesonderte Einbringen der Querbewehrung keine Kostenerhöhung mit sich bringt.

Als Nachteile wären zu nennen:

Jeder Bügelkorb weist nur eine Länge gleich der Mattenbreite, also beispielsweise 2,5 m, auf. Der Bügelkorb des gesamten Bauteiles muß also aus mehreren Elementen zusammengesetzt werden. Damit

sind zusätzliche Bindestellen und evtl. sogar obenliegende Montagestäbe erforderlich.

Falls die bisher in den Vorschriften für geschweißte Matten enthaltenen Bedingungen hinsichtlich der Lage der angeschweißten Drähte in bezug auf die Schweißstellen eingehalten werden müssen, ergeben sich für jede Balkenabmessung unterschiedliche Schneideskizzen und möglicherweise Schneideverluste.

Will man den Schneideverlust vermindern, müßte man eine größere Typenzahl mit unterschiedlichen Querstababständen in Kauf nehmen oder bei geschweißten Matten eine Stahlqualität einsetzen, die durch die Heftsweißung selbst bei nachträglichem Biegen an der Schweißstelle keine unzulässige Beeinträchtigung ihrer Eigenschaften erfährt.

Die Verankerung in der Druckzone wäre immer durch Haken erforderlich. Diese Ausführung ist allerdings im Normalfall derzeit eher billiger als die Verankerung mit angeschweißten Längsstäben, da das Biegen eines Elementes einschließlich des zusätzlichen Stahlbedarfes für die Hakenschenkel derzeit noch geringere Kosten verursacht als ein bzw. zwei angeschweißte durchgehende Längsstäbe. Im Endpreis können sich allerdings durch weitere Kostenfaktoren andere Verhältnisse ergeben.

Wegen der nicht vorausbestimmbaren Lage der Positionsdrähte am Umfang sind Bügel mit nach innen gebogenen Haken nicht stapelbar. Bei offenen Bügeln könnte dieser Nachteil durch Biegen der Haken in Balkenlängsrichtung oder Anordnen der Positionsdrähte auf der Bügelaußenseite vermieden werden.

Durch Verwendung eines Werkstoffes, der auch an Schweißstellen ohne Beeinträchtigung seiner Gebrauchsfähigkeit gebogen werden kann oder Verbinden der Drähte durch andere Maßnahmen als durch Schweißen, könnte die Zahl der Grundelemente niedrig und deren Einsatz universell gehalten werden.

3.1.2.1.2 Bügelstäbe in Mattenquerrichtung (Längsstäbe als Positionsdrähte)

Auch diese Elemente können entweder in fixen Längen oder in Rollen angeliefert werden. Die Vorteile bestehen darin, daß:

- die Verankerung durch am Rand der Matte angeordnete angeschweißte Drähte erfolgen kann. Dies ist insbesondere im Hinblick auf die industrielle Fertigung und die Stapelbarkeit sowie die einfache Verlegung ganzer Körbe als Vorteil zu werten;
- durch den Wegfall von Haken bei offenen Bügeln und Anordnung der Längsstäbe auf der Bügelaußenseite die Stapelbarkeit der Körbe gewährleistet ist;
- die Korblänge entsprechend der Breite der vorhandenen Biegemaschinen, derzeit maximal 5 m, gewählt werden kann und daher weniger Bindestellen bei größerer Stabilität des Korbes anfallen;
- das Aufwickeln und Rollen leichter möglich ist, da nur die dünnen Positionsdrähte gerichtet werden müssen; die Lage der Längsstäbe so gewählt werden kann, daß sie nicht in den Bereich einer Abbiegung der Bügelstäbe zu liegen kommen.

Als gewichtige Nachteile sind jedoch folgende Gesichtspunkte zu berücksichtigen:

Jede Mattentypen stellt eine Spezialmatte dar und es können damit nur wenige Balkenabmessungen bewehrt werden, da die mögliche Bügellänge (Umfang) durch die Mattenbreite festgelegt ist.

Um die gängigsten Balkenabmessungen und üblichen Schubspannungen abdecken zu können, wäre eine große Zahl von Grundtypen vorzuhalten.

Die Verankerung durch angeschweißte Querstäbe ist im allgemeinen teurer als das Anbringen von Haken, insbesondere dann, wenn zur Verankerung zwei Querstäbe erforderlich sind und die relativ dünnen Positionsdrähte hierfür nicht ausreichen.

Eine größere Variabilität in der Form und im Umfang

der aus einer Mattentypen herzustellenden Bügel kann erzielt werden, wenn die am Rand liegenden Längsdrähte in einer solchen Entfernung vom Bügelstabende angeordnet werden, daß die Verankerung durch Haken mit unterschiedlicher Schenkellänge erfolgen kann.

3.1.2.2 Längsbewehrung

Die traditionelle Längsbewehrung besteht aus einzeln eingelegten Stäben. Da die Gesamtkosten pro Tonne Stahl mit abnehmender Stabdicke steigen (siehe Bild 5), ist der Trend, mit möglichst wenig dicken Stäben die erforderliche Bewehrung einzulegen, aus wirtschaftlicher Sicht verständlich. Diesem Bedürfnis stehen Forderungen hinsichtlich der Rißbegrenzung und einer einwandfreien Verankerung gelegentlich entgegen.

Der Vorteil der Einzelstäbe ist zweifellos die gute Anpassung an den statisch ausgewiesenen Stahlquerschnitt. Als Nachteil kann der hohe Anteil an Handarbeit beim Verlegen und Einbinden sowie der Aufwand für den Transport angeführt werden. Außerdem ist trotz zahlreicher Bindestellen die vorgesehene Lage nicht immer mit der erforderlichen Genauigkeit einzuhalten.

Der Aufwand für das Flechten und den Transport könnte durch Einsatz von zu größeren Einheiten zusammengefaßten Stabelementen vermindert werden. Das Zusammenfügen kann bei entsprechenden Einrichtungen im Biegebetrieb beispielsweise durch Verschweißen der Einzelstäbe mit in großen Abständen angeordneten Querdrähten erfolgen. Dies hätte den Vorteil, daß man sich den jeweiligen Verhältnissen (Stabdurchmesser, Abstand und Länge) gut anpassen kann. Ein vollautomatisierter Fertigungsbetrieb könnte die Stabelemente aber sicherlich kostengünstiger herstellen. Eine Normung der Bauteilabmessungen und die Festlegung eines einheitlichen Stababstandes von beispielsweise 5 cm würde diese Entwicklung fördern. Es darf jedoch nicht übersehen werden, daß insbesondere Elemente aus dicken Stäben erhebliche Probleme bezüglich des Transportes, der Zwischenlagerung und der Weiterverarbeitung mit sich bringen und der dadurch bedingte höhere Aufwand den Rationalisierungseffekt in Frage stellen kann.

Würde man sich auf relativ kleine, beispielsweise jeweils nur drei oder vier Stäbe enthaltende Elemente beschränken, könnten die Vorteile, die sich aus der Abminderung der Handarbeit durch Verminderung der Bindestellen und das Einlegen größerer Stabeinheiten in einem Arbeitsgang, sowie aus der genauen Einhaltung der vorgesehenen Abstände ergeben, schwerer wiegen als die zur Herstellung der Teilelemente aufzuwendenden Kosten. Insbesondere auf Baustellen würde die Anlieferung von Stabeinheiten ein rasches Zusammenfügen der Bewehrung erlauben.

In der Literatur [14] wird darauf hingewiesen, daß eine Verminderung der Zahl der Stabdurchmesser ein wirtschaftlicher Vorteil wäre. Vergleicht man den prozentualen Verbrauch einzelner Stababmessungen, so zeigt sich, daß in der BRD die Abmessungen 18, 22 und 24 mm wesentlich seltener als alle anderen Abmessungen verwendet werden. Würde man die Staffelung von 6–16 mm in 2-mm-Abständen belassen, so könnten die dickeren Abmessungen zweifellos auf Durchmesser 20, 25 und 28 mm beschränkt werden, ohne daß dadurch die Anpassung an den erforderlichen Bewehrungsquerschnitt beeinträchtigt würde.

Bei den bisherigen Ausführungen wurde immer davon ausgegangen, daß die Bügel- und Längsbewehrung jeweils getrennt gefertigt und eingebracht wird. Es bereitet aber zumindest technisch keinerlei Schwierigkeiten, die Bügel vollautomatisch vom Ring in praktisch beliebigen Abmessungen zu fertigen und in einem Arbeitsgang mit der gesamten oder einem Teil der Längsbewehrung durch Punktschweißen zu verbinden. Dieses Verfahren würde durch die Standardisierung der Bügelformen, Bügelabmessungen und der Bewegungsführung begünstigt. Man würde dadurch ein transportfähiges und

ohne weitere Veränderung verwendbares Bewehrungselement erhalten. Für größere Stützweiten müßten Teilelemente gefertigt und auf der Baustelle zusammengefügt bzw. durch Verschweißen oder andere geeignete Verfahren miteinander verbunden werden.

Eine Normung der Bauteilabmessungen würde den Einsatz auch dieses Verfahrens fördern, weil es die kontinuierliche und daher wirtschaftliche Fertigung gleichbleibender Teile auf Lager gestatten würde. Dabei sei angemerkt, daß die Breite der Einzelemente nicht unbedingt der des Bauteiles entsprechen muß, sondern daß durch Nebeneinandersetzen kompletter Teilelemente, beispielsweise schmaler Bügelkörbe mit Längsstäben die erforderliche Bewehrung erstellt werden kann.

3.2 Mögliche Formen der Bewehrung in Stabtragwerken bei Modifikation der geltenden Stahlbetonbestimmungen

Die Standardisierung insbesondere von Bügelementen wird dadurch erschwert, daß „Bügel, die als Schubbewehrung dienen, die Zugbewehrung und gegebenenfalls die Druckbewehrung umschließen und über die ganze Querschnittshöhe reichen müssen“ und daß „offene Bügel nur bei Bügeldurchmessern $d_e \leq 14$ mm zulässig sind und nur dann, wenn eine Querbewehrung in Höhe der Bügelenden mindestens im Abstand der Bügel vorhanden ist, deren Querschnitt mindestens die Hälfte des Querschnittes der Bügel beträgt.“ [25]

Es wäre zu klären, ob die gesamte Zugbewehrung mit dem vollen Querschnitt der Bügelbewehrung zu umschließen bzw. welcher Mindestquerschnitt dazu erforderlich ist.

Würde man zu der Erkenntnis gelangen, daß als Umschließungsbewehrung ein geringerer Querschnitt als zur Schubdeckung erforderlich ist, würde sich bei Anordnung der Bügelstäbe in Mattenlängsrichtung (s. 3.1.2.1.1) eine beachtliche Rationalisierung durch weitere Verminderung der Typenzahl der Bügelemente erzielen lassen. Man könnte dann nämlich die standardisierten Elemente auf die Mindestbügelbewehrung abstellen, einen unabhängig von der Höhe der Schubspannungen die Zugbewehrung stets umschließenden Bügelkorb (Hautbewehrung) herstellen und die fehlende Schubbewehrung entsprechend dem Querkraftverlauf durch Zulegen von winkelförmigen oder leiterartigen Elementen im Querschnittsinnen gestaffelt anordnen. Selbstverständlich müssen die Zulagen mindestens im Schwerpunkt der Zugbewehrung ausreichend verankert sein. Mögliche Ausführungsbeispiele zeigt Bild 11.

Geht man davon aus, daß ein Umschließen der Zugbewehrung in erster Linie ein Aufspalten des Querschnittes in Längsrichtung und ein Abplatzen der Betonüberdeckung im Bereich hoher Verbundspannungen verhindern soll, erscheint es vertretbar, die Umschließungs-

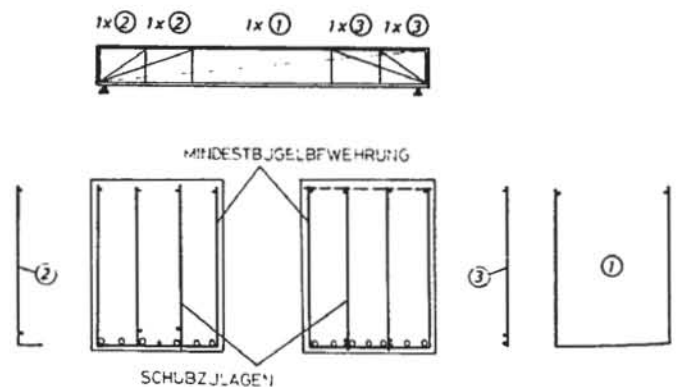


Bild 11. Querschnitt mit der Zugbewehrung umschließender Mindestbügelbewehrung und Schubzulagen

Fig. 11. Cross section with minimum circumferential reinforcement in the form of ties, comprising reinforcement for tension and shear allowances

Fig. 11. Coupe avec armaturage minimum d'étriers entourant l'armaturage de traction et de cisaillement

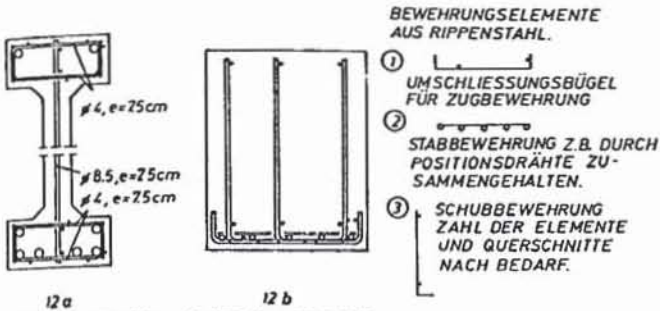


Bild 12a. Bügelform bei Balken 69/2 [22]
Bild 12b. aus 12a abgeleitete theoretisch mögliche Bügelbewehrung für Rechteckbalken

Fig. 12a. Shape of stirrup for beams 69/2 [22]
Fig. 12b. Theoretically possible circumferential reinforcement in the form of ties, derived from 12a, for rectangular beams
Fig. 12a. Form d'étrier pour poutre 69/2 [22]
Fig. 12b. Etriers déduits théoriquement de 12a, pour une poutre rectangulaire

bewehrung geringer als die Schubbewehrung zu wählen. Bei den von Kupfer und Baumann [22] beschriebenen Versuchen an hoch auf Schub beanspruchten Doppel-T-Balken betrug bei einer Ausführung die Umschließungsbewehrung annähernd nur ein Viertel der Schubbewehrung. Hierbei ist allerdings nur ein horizontaler Schenkel des Umschließungsbügels in Rechnung gestellt, weil nur dieser einem Aufspalten des Flansches auf der Unterseite entgegenwirken kann. Die Versuche zeigen überdies, daß im Schwerpunkt der Zugbewehrung verankerte Bügelelemente eine ausreichende Schubsicherheit gewährleisten. Daraus könnte die in Bild 12b dargestellte Bewehrung für Rechteckbalken entwickelt werden. Bei Verwendung von geschweißten Stahlblechträgern in Balken und Decken wird diese Art der Bewehrungsführung im allgemeinen bereits zugestanden. Während für maximal 2 Zulagestäbe ≤ 16 mm kein Umschließen der Zugbewehrung also keine zusätzliche Querbewehrung gefordert wird, sind bei dickeren Zulagestäben zumindest diese umfassenden Kappenbügel oder sogenannte Spangen anzuordnen. Dabei darf sowohl deren Querschnitt geringer als ihr Abstand im allgemeinen größer als derjenige der Schutzbewehrung (Diagonalen) der Gitterträger sein. Da für Bewehrungen nach DIN 1045 keine anderen Beurteilungsmaßstäbe zugrunde gelegt werden können, ist die Frage der Umschließung der Zugbewehrung durch Bügel bzw. der Art und der Menge einer ersatzweisen Querbewehrung besonders vordringlich zu klären.

Bei Bügelelementen mit Bügelstäben in Mattenquerrichtung spielt die Frage der Lage der Verankerung in der Druckzone eine wichtige Rolle. würde man die Forderung nach Verankerung nahe dem Druckrand etwas mil-

dern und — ähnlich wie bei Stahlblechträgern bisher zugestanden — beispielsweise die Ankerstelle auch noch bei 0,8 h akzeptieren, so ließe sich die Zahl der anzubietenden Mattentypen reduzieren.

Es muß allerdings zugegeben werden, daß eine mit den geltenden Bestimmungen in Einklang stehende Ausführung jederzeit möglich ist, wenn man eine Verankerung über Haken vorsieht. Der Materialverbrauch wird allerdings wegen der dann notwendigerweise unterschiedlichen Schenkellänge im Mittel größer.

Eine weitere für die Montage von vorgefertigten Teilelementen, insbesondere Bügeln, entscheidende Frage ist, ob bei Bauteilen ohne Druckbewehrung geschlossene Bügel angeordnet werden müssen, wenn keine Querbewehrung in Höhe der Bügelenden vorhanden ist. Die Versuchserfahrung zeigt, daß bei Rechteckbalken die Schubtragfähigkeit durch Anordnen eines die Druckzone umschließenden Schenkels gegenüber offenen Bügeln mit ausreichender Verankerung in der Druckzone nicht erhöht werden kann. Das Ineinanderfügen von Teilelementen oder von Korbabschnitten mit kompletter Bewehrung nach Bild 13 würde wesentlich erleichtert, könnte man auf das Umschließen der Betondruckzone bei fehlender Druckbewehrung verzichten.

Schließlich wäre noch die in der DIN 1045 E nicht eindeutig geregelte Frage der Verankerung von Matten aus Rippenstählen einer Klärung zuzuführen. Aus der jetzigen Fassung geht nicht klar hervor, ob bei Verankerung in der Druckzone ein oder zwei angeschweißte Querstäbe vorzusehen sind. Bei ausreichender Scherfestigkeit des Schweißknotens könnte man sich eine Verankerung mit nur einem angeschweißten Draht durchaus als zulässig vorstellen, insbesondere bei hoher Druckzone, die eine zusätzliche Verankerung über Verbund des gerippten, geraden Stabes ermöglicht.

Eine nicht uninteressante Variante standardisierter Schubbewehrungen stellt der Vorschlag [23] dar, einen Bügelkorb aus zwei oder drei Einzelementen zusam-



Bild 14. Balkenbewehrung aus L-förmigen Bügelelementen und zu Streifen zusammengefaßten Stäben in Anlehnung an [23]

Fig. 14. Beam reinforcement consisting of L-shaped stirrup elements and bars combined to form strips in accordance to [23]

Fig. 14. Armaturage d'un poutre, avec étriers en L et faisceaux d'armatures, d'après [23]

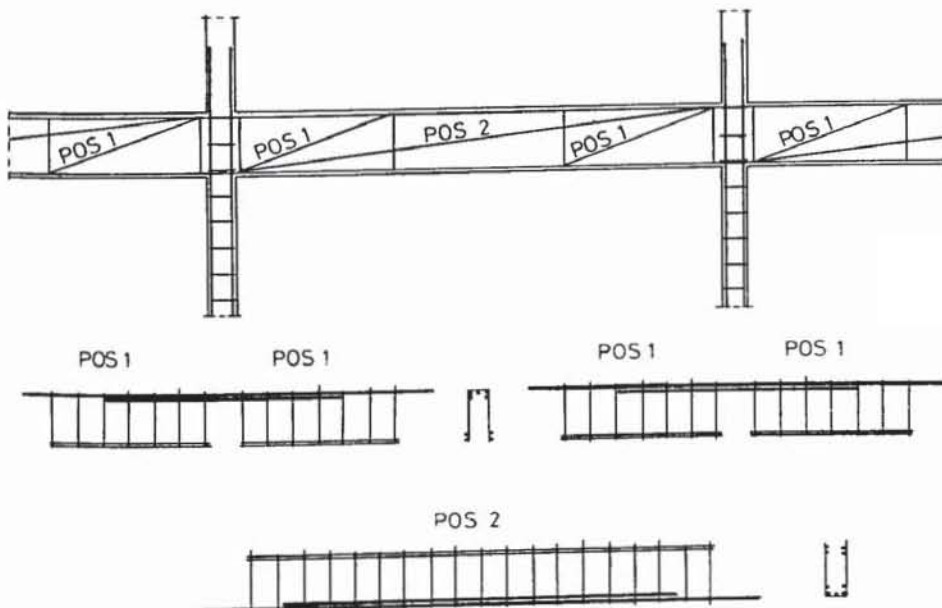


Bild 13. Montage vorgefertigter Bewehrungen mit Staffelung der Schubbewehrung

Fig. 13. Assembly of prefabricated reinforcements with staggered bent-up reinforcement

Fig. 13. Montage d'une armature préfabriquée avec échelonnement de l'armaturage de cisaillement

menzuzufügen. Besonders vorteilhaft erscheinen L-förmige Teilelemente, die paarweise oder durch Einfügen eines geraden Zwischenstückes zu Bügelkörben unterschiedlicher Basisbreite zusammengesetzt werden können (Bild 14).

Nach den geltenden Normen müßten die Stöße kraftschlüssig ausgebildet werden. Damit wäre ein zusätzlicher Stahlverbrauch und Arbeitsaufwand verbunden, der den wirtschaftlichen Einsatz solcher Teilelemente von vornherein ausschließt. Durch gezielte Untersuchungen müßte daher in Ergänzung zu der bereits angeschnittenen Frage bezüglich Menge und Gestaltung der die Zugbewehrung umschließenden Querbewehrung die Eignung bzw. die zweckmäßige Gestaltung zusammengesetzter Bügel experimentell geklärt werden. Das gleiche gilt für die Verwendung von Leitern, deren (Bügel)-Querstäbe mit einem oder mehreren Stäben der Längsbewehrung verschweißt sind.

In bezug auf die Längsbewehrung sollte auch die seit Jahren diskutierte Frage der Verwendung von Stabpaketen, d. h. von zwei oder drei in Kontakt miteinander liegenden Stäben allgemeingültig geklärt werden. Die zwischenzeitlich in fast allen Ländern geübte Praxis, auch dicke Stäbe ($\phi \leq 32$ mm) zumindest paarweise nebeneinander anzuordnen, würde das Vorhaben, Stabbewehrungen zu größeren Einheiten zusammenzufassen, stark fördern. Die zweckmäßigerweise angeschweißten Positionsdrähte könnten nach Dicke und Abstand so bemessen werden, daß sie als Querbewehrung der Zugzone ausreichen und in Kombination mit L-förmigen Bügelementen eine rationelle Bewehrung ergeben. Durch Biegen der Positionsdrähte um 90° erhielte man eine für Stützen besonders geeignete, im Bereich der Bügelecken konzentrierte Längsbewehrung, die nur an wenigen Stellen mit dem möglicherweise aus einem Teilelement gefertigten Bügelkorb verbunden werden müßte. Das Gedankenspiel über mögliche und zweckmäßige, fabrikmäßig gefertigte und rationell einzusetzende Bewehrungselemente, deren Anwendung eine zumindest geringfügige Modifikation der geltenden Normen erfordern würde, ließe sich beliebig fortsetzen. Letztlich können nur gezielte Untersuchungen die Brauchbarkeit der einen oder anderen Lösung beweisen.

4. Zusammenfassung und Folgerung

Die erste Voraussetzung für eine Rationalisierung der Bewehrungstechnik ist die Standardisierung der Bewehrungsformen einschließlich der Bezeichnungen und der Vermaßung sowie der Eisenlisten. Dadurch wird eine Vereinheitlichung der Bewehrungszeichnungen und der Bewehrungsführung ermöglicht und der Einsatz von EDV-Anlagen zur Erstellung der Bewehrungszeichnungen mit Eisenlisten und deren Weiterverarbeitung begünstigt. Der stark lohnintensive Zusammenbau der einzelnen Stäbe zu einem steifen Gerippe kann dadurch jedoch nur in beschränktem Umfang reduziert werden. Ein größerer Rationalisierungseffekt ist nur durch den Einsatz industriell vorgefertigter, standardisierter Bewehrungselemente in Verbindung mit einer Vereinfachung und Standardisierung der Bewehrungsführung zu erzielen. Als Endziel dieser Entwicklung wäre für häufig vorkommende Anwendungsfälle die Normung von Bewehrungselementen bzw. von Bewehrungskörben anzustreben. Dieses läßt sich sicherlich nur schrittweise erreichen. Es müßte jedoch möglichst bald damit begonnen werden, durch systematische Untersuchungen die Voraussetzungen für die Durchführung der oben beschriebenen Maßnahmen zu schaffen.

Rationalization of reinforcement in reinforced-concrete construction

Summary: The prime prerequisite to rationalization of the reinforcement technology is the standardization of the reinforcement shapes, designations and dimensions, as well as bending schedules, included. Thereby will be made possible a unification of the reinforcement drawings

and of the reinforcement running, and the use of electronic data processing systems for the elaboration of reinforcement drawings with bending schedules and their further processing will be supported. The assembly of the individual bars to form a rigid framework, which entails an excessive labour cost percentage, can thereby be reduced, however, to a limited extent only. A more important rationalization effect can be obtained only by application of industrially prefabricated and standardized reinforcing members in connection with a simplification and standardization of the reinforcement running. An ultimate goal of this development which would have to be aimed at, for frequently occurring cases of application, the standardization of reinforcing members or reinforcing cages.

Rationalisation de l'armature dans la construction

Resumé: La première condition de la rationalisation des techniques d'armature est la normalisation des formes d'armatures, tant en ce qui concerne leur désignation et leurs dimensions qu'en ce qui concerne les aciers. Cela rendra possible l'unification des plans d'armature et l'exécution de l'armature et favorisera l'emploi de l'ordinateur pour établir ces plans, choisir les aciers et exploiter les résultats. Cependant, cela ne permettra de réduire que dans des proportions limitées le coût élevé des salaires nécessaires pour constituer une membrure rigide en assemblant les barres isolées. On ne pourra obtenir un meilleur effet de rationalisation qu'en employant des éléments d'armature normalisés, fabriqués de façon industrielle, tout en simplifiant et en normalisant l'exécution. Le but final d'une telle évolution serait d'arriver à normaliser les éléments d'armatures pour les utilisations les plus courantes. Cela ne pourra être réalisé que progressivement.

LITERATUR

- [1] H. Bay: Industrialisierung im Stahlbeton- und Spannbetonbau; Eine kritische Reflexion — Vortrag auf dem Betontag 1971 vom 21. bis 23. April in Berlin.
- [2] J. Smit: Vlechtwerk in ontwikkeling — Cement XXIII (1971) Nr. 2.
- [3] G. Rehm/D. Rußwurm: Die Verwendung vorgefertigter geschweißter Bewehrungskörbe — Festschrift zur Vollendung des Münchener Stachusbauwerks.
- [4] K. Mätzold: Schlitzwände als Bauwerksumschließung beim Stachusumbau — Festschrift zur Vollendung des Münchener Stachusbauwerks.
- [5] S-Bahn-München, Baustahlgewebe-Nachrichten, Heft 6, 1970.
- [6] NEN 6146 „Wapeningstabben voor gewapend beton“, 1970.
- [7] BS 4446; 1969 „Bending dimensions and scheduling of bars for the reinforcement of concrete“.
- [8] Eisenformenkatalog — Vorschlag der SIA-Kommission E 165, November 1971.
- [9] Standard method of detailing reinforced concrete — Report of the Joint Committee, 1970.
- [10] Preliminary report of the working party on standard details — Concrete Society Convention, September 1971.
- [11] J. Becqué/A. Tuit: Bulg — en knipstaten, gemaakt met een computer — Cement XXIII (1971), Nr. 2.
- [12] H. R. Schalcher: Der Einsatz von elektronischen Datenverarbeitungsanlagen für die Erstellung und Weiterverarbeitung von Eisenlisten — Schweizerische Bauzeitung, 89. Jahrgang, Heft 17, vom 29. 4. 1971.
- [13] ACI Committee 118: Computer Graphics Applications — ACI Journal, November 1971.
- [14] J. Smit: Geprefabriceerde wapening in betonconstructies — Normalisatie, Jan. 1969.
- [15] P.W. Bos: Het vlechtbedrijf in opmars — Cement XXIII (1971), Nr. 2.
- [16] Baustahlgewebe-Nachrichten, Jahrgänge 1969—1971.
- [17] G. E. Monfore: A Review of Fiber Reinforcement of Portland Cement Paste, Mortar and Concrete — Journal of The PCA Research, September 1968.
- [18] O. Laengle: Preisbedingte Gestaltungstendenzen im Stahlbetonbau — Schweizerische Technische Zeitschrift, Dezember 1970.
- [19] J. Schmidt/G. Dressel: Arbeitszeitrichtwerte für das Verlegen von Baustahlmatten in Decken — Das Baugewerbe, Heft 5, 1963.
- [20] H. Bay: Schubprobleme und Konstruktionspraxis — Der Bauingenieur, 1963, Heft 7.
- [21] H. J. Fritz/H. Vollmer: Vergleichsuntersuchungen für das Herstellen und Verlegen von Bewehrungselementen für Stahlbeton-Balken — Baustahlgewebe Bericht aus Forschung und Technik, Heft 7, 1971.
- [22] H. Kupfer/Th. Baumann: Mögliche Bügelformen bei hoher Schubbeanspruchung — Beton- und Stahlbetonbau, Heft 7, 1971.
- [23] W. Ernst: BStg-Fertigbewehrungen für Fertig-Betonbalken — Betonstein-Zeitung 1949, Heft 3.
- [24] H. Paschen: Industrialisierung des Bauens — aber wie — Betonstein-Zeitung, Heft 6/1971.
- [25] DIN 1045 Fassung Januar 1972