

Georg S. Hanz - Matthias R. Kintscher – Klaus-Peter Geh

## **Rahmenkonstruktionen im Fertigteilbau mit wirtschaftlichen Schraubsystemen**

Vorteil von Stahlbaukonstruktionen sind hauptsächlich der hohe Grad an Vorfertigung und die schnelle und einfache Montage der Elemente. Neben Schweißverbindungen sind insbesondere Verbindungen mit Schrauben höchst effizient. Die komplette Vorfertigung in einer stationären Halle, mit qualifizierten Mitarbeitern, die unter günstigen Bedingungen werken, stellt höchste Präzision sicher. Durch die Verwendung von Schraubverbindungen (Bild 1) kann bei annähernd jeder Witterung mit einfachen angelernten Kräften montiert werden. Sofort nach der Montage ist der volle Kraftschluß gewährleistet. Eine Demontage nach einer langjährigen Nutzung ist durch die Schraubtechnik gegenüber Verbundverbindungen erleichtert möglich.

Die intelligente Übertragung dieser Schraubtechnik aus dem Stahlbau in Form von so genannten „Stützenfußsystemen“ auf den Beton-Fertigteilbau nutzt auch hier deren Vorteile:

- a) Eine Vorfertigung von konstruktiven Betonbauteilen in professionell eingerichteten Fertigteilwerken mit qualifiziertem Personal hat sich bewährt und ist sehr leistungsfähig. Genauigkeiten im Millimeterbereich sind durchaus möglich, da die Werke über Schrumpfmaße und dergleichen Ihrer Betonrezepturen genau Bescheid wissen.
- b) Der Werkstoff Beton in Kombination mit Betonstahl als komplexer Verbundwerkstoff hat heute Eigenschaften, die ihn deutlich besser stellen als Stahl alleine. Selbstverdichtende und höchstfeste Betone erlauben Stützen- und Balkenquerschnitte, die dem Stahlbau nicht mehr viel nachstehen, ohne die dortigen Probleme mit dem Brandschutz zu verursachen. Beton ist ein natürlicher Baustoff aus Kalkstein, daher sehr umweltverträglich und recyclebar.
- c) Auch gestalterisch sind den Architekten mit Beton von der Form und Farbe bei Betonfertigteilen heute fast keine Grenzen bei der Verwirklichung ihrer Visionen gesetzt.

Deutlich erkennbar ist dies beispielsweise im Vergleich der beiden statischen Systeme in Bild 2 und Bild 3. Hier wird auf den ersten Blick deutlich, dass wesentlich geringere Maximalmomente vorherrschen und diese sich auch über das Bauwerk gleichmäßig verteilen. Dieses vom Stahlbau bekannte, günstige statische Rahmensystem hat eine geringere und auch gleichmäßiger verteilte, notwendige Bewehrungsmenge zur Folge. Deshalb können auch die Stützen, Riegel und Fundamente wesentlich kleiner dimensioniert werden können, was kleineres Bauteilgewicht, geringere Stoffkosten und kleinere Montagekräne bedeutet. Die Höhe der Transportkosten wird auch durch das Gewicht der Betonteile beeinflusst.

Diese angesprochenen Punkte reduzieren die Herstell-, Transport- und Montagekosten der Fertigteilelemente erheblich, so dass schon allein in diesem Bereich immense Kosteneinsparungen fürs Gesamtbauwerk möglich sind und somit Projekte günstiger abgewickelt werden können. Damit wird die Betonfertigteilbauweise gegenüber dem Stahlbau deutlich wettbewerbsfähiger.

Mit typenstatistisch geprüften Stützenfußsystemen (Bild 4), bestehend aus dem Stützenfuß und einem Fundamentanker incl. den zugehörigen Verbindungsbolzen oder als komplettes Ankerelement mit Gewinde, ist es spielend leicht möglich, biegesteife Verbindungen zwischen Fertigteilstützen und Fundamenten herzustellen. Anschlüsse von Stützen an Riegel oder Binder können in ähnlicher Art ausgeführt werden.

Es stehen dabei unterschiedliche Stützenfüße mit fest angeschweißten Betonstahlankern oder aber auch mit einschraubbaren Stäben (Bild 5a) zur Verfügung. Letztere haben den Vorteil, dass in letzter Sekunde eine Anpassung an die Längen durch geänderte Verbundbedingungen der Betonstähle in der Fertigteilstütze möglich ist. Es werden in die gewindete Grundplatte einfach längere oder kürzere Stäbe eingeschraubt.

Auch auf der Gegenseite sei es im Fundament, in der unteren Stütze oder der in der seitlich angeschlossenen Stütze beim Riegelanschluß stehen verschiedene „Fundament“anker (Bild 5b) zur Verfügung. Es gibt hier

Elemente einfacher Art aus Betonstahl mit einem Ankerkörper am unteren Ende und einem aufgeschnittenen Gewinde. Da hier jedoch die Zugkräfte recht klein sind, eignen diese sich nur für kleinere Abmessungen. Bei größeren Lasten werden häufiger hochfeste Ankerstäbe aus Sonderstahl mit Gewindeende benutzt, die am unteren Ende entweder mehrere Betonstähle angeschweisst haben oder auch nur einen diskreten Ankerkörper, um die hohen Zugkräfte in das Fundament einzutragen.

Wichtig ist die baurechtlich genehmigte Ausführung. Dies heißt insbesondere entweder typenstatistisch geprüfter Rechennachweis oder wo nicht nach Norm nachrechenbar sogar allgemeine bauaufsichtliche Zulassung. Letztere ist oft bei Verwendung von Sonderstählen notwendig oder bei Verankerungen mit Ankerköpfen nach der Befestigungstechniktheorie. Alle Bauteile müssen ein Ü-Zeichen aufweisen, das sie als in der Herstellung überwacht auszeichnet. Die Verwendung von günstigen Stählen und von ungeprüften Schweißern außerhalb der nationalen Regelung und Überwachung verbietet sich hier von selbst. Das Ü-Zeichen zeigt, dass der Rechengang der Typenstatik bei der Herstellung im Werk berücksichtigt wurde und eine werkseigene Produktionskontrolle besteht, die wiederum durch eine akkreditierte Stelle regelmäßig fremdüberwacht wird – kurz es ist ein Übereinstimmungszertifikat, das die Richtigkeit der verwendeten Werkstoffe und der richtigen Herstellprozesse in Sinne der Typenstatik bestätigt.

Dem Planer obliegt es jedoch zu prüfen, ob alle Nachweise in der Typenprüfung oder Zulassung auch dem Anwendungsfall genügen. Oft wird hier eine reine Zugzulassung beispielsweise von gestauchten Fundamentankern als Generallzulassung mit Druck- und Querkrafteignung verkauft und dafür gilt sie gar nicht! Wenn die baurechtliche Regelung jedoch den Anwendungsfall abdeckt und die Ware ein Ü-Zeichen aufweist, ist der Planer und Bauunternehmer auf alle Fälle auf der sicheren Seite.

Mit Elementen aus den Stützenfußsystemen ist es möglich, Riegel bzw. Unterzüge biegesteif an Fertigteilstützen zu befestigen (Bild 6 bis 8) und somit die oben diskutierte Rahmenwirkung zu erzielen. Hierzu werden die Stützenfüße in die Riegel liegend eingebaut. Bei den Unterzügen ist es sinnvoll, die Verbindung nur im unteren Bereich herzustellen. Der obere Anschluss wird dann mittels Bewehrungsschraubanschlüssen direkt im Aufbeton der Decke ausgeführt. Damit ist es möglich in den wechselnden Zug- und Druckzonen der dann biegesteifen Rahmenverbindung zuverlässig Kraftschluss zu erzeugen.

Die Vorteile von so ausgeführten Balkenverbindungen zu biegesteifen Rahmenknoten liegen in einer schlanken Ausführung der Riegel, selbst bei großen Spannweiten. Außerdem ist es möglich, eine Horizontalaussteifung bereits bei der Montage zu erreichen, womit man auf Abspreizungen verzichten kann. Somit entsteht hier nicht nur ein Zeitvorteil, sondern es entfällt auch die nötige Vorhaltung und der Auf- und Abbau von Schrägstützen. Das Ergebnis ist schließlich ein deutlich schnellerer Bauablauf durch die beschleunigte und vereinfachte Montage.

Die Folgen der Verwendung von industriellen Stützenfußsystemen sind beträchtlich in der Auswirkung auf das Gesamtbauwerk und dessen Wirtschaftlichkeit. Nicht nur, dass durch die statische Rahmenwirkung wirtschaftlicher dimensioniert werden kann und somit Material-, Montage- und Transportkosten reduziert werden. Auch der Montageablauf wird durch sofortigen Kraftschluss und dem damit verbundenen Wegfall von Abstützungsmaßnahmen deutlich vereinfacht und verbilligt. Die Störeinflüsse und die Unfallgefahr von Schrägstützenwäldern auf der Baustelle lassen sich schon kaum mehr quantifizieren und sollen daher hier nicht betrachtet werden.

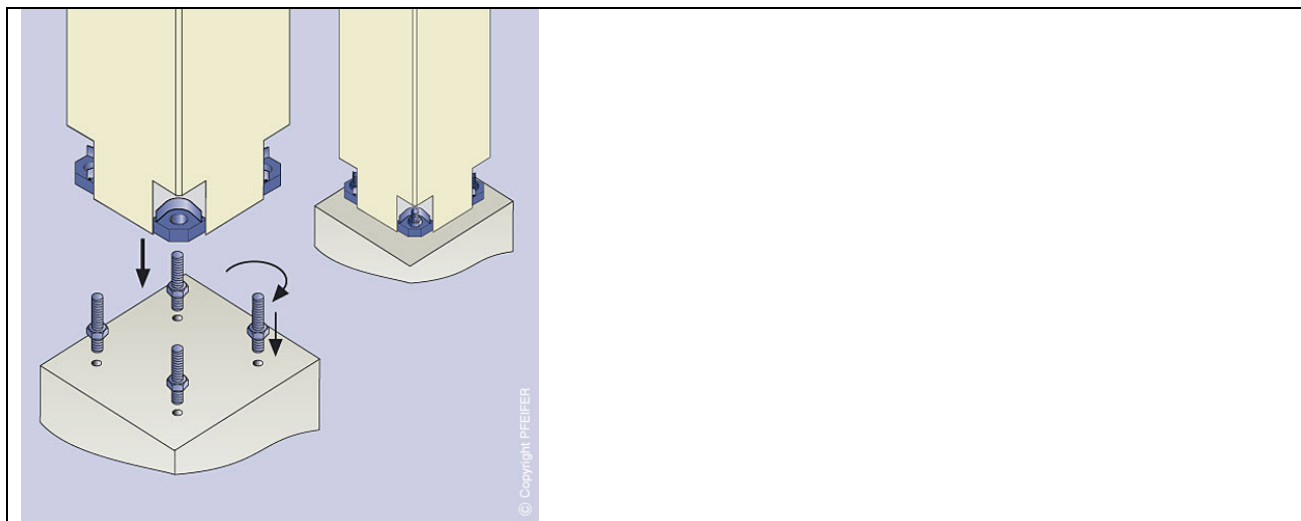
Die Entscheider und Verantwortlichen solcher Bauwerke müssen über die Vorteile Bescheid wissen. Wirklich entscheidend ist der Gesamtzeitvorteil für das Bauwerk und seine Nutzung. Bei komplexen Industrieanlagen kann beispielsweise eine einmonatige frühere Nutzung schon einen wirtschaftlichen Gesamtvorteil in Höhe der Gesamtrohbaukosten ausmachen. Das heißt, durch die einen Monat frühere Nutzung in der industriellen Produktion entsteht eine Wertschöpfung, die durch frühere Vertriebsaktivitäten zu Umsatzerlösen wird, die den Rohbaukosten entsprechen können. Somit sind die Einzelkosten der Beschaffung für die Einbauteile nicht relevant.

## Stützenfußsystem

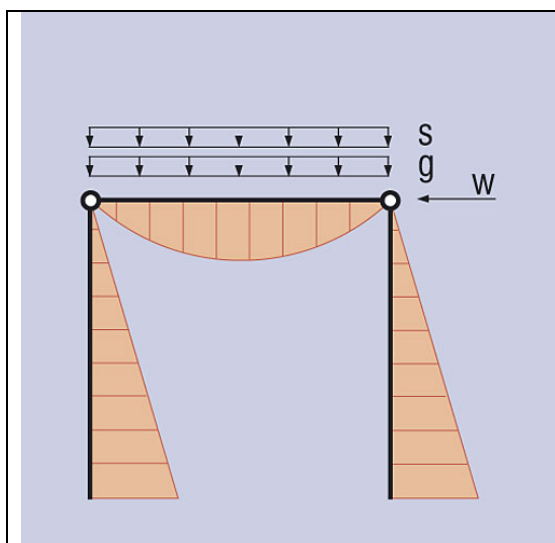
---

Bei der heute anhalten Thematisierung der Nachhaltigkeit wird die gezielte Wiederverwendung von Bauteilen in anderen Gebäuden immer attraktiver. Dazu muss man jedoch die Fügestellen des Bauwerkes gezielt lösen können und die Bauteile schonend herausnehmen können. Wenngleich sie dafür noch nicht vollständig fertig entwickelt sind, sind lösbare geschraubte Verbindungen gegenüber monolithischen Verbundlösungen schon ein richtiger Ansatz für eine Ressourcen und Energie schonende Demontage ohne Dynamit oder sogar einer gezielten Wiederverwendung. Die schraubbaren Verbindungen bedürfen dazu nur eines kleinen gangbaren Schrittes. Somit kann dies eine in Zukunft sehr attraktive Methode der Fügung im Fertigteilbau werden, der somit gegenüber dem konventionellen monolithischen Bau einen deutlichen Vorteil aufzuweisen hat.

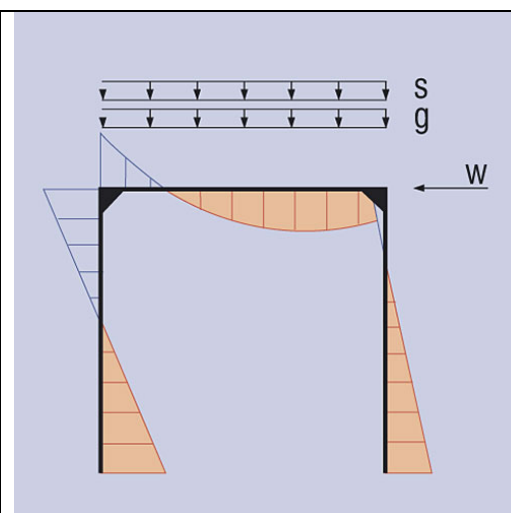
Autoren		
<p>Klaus-Peter Geh</p> <p>Diplomingenieur Bauingenieurwesen, Fachhochschule Augsburg, 3 Jahre technisches Büro FTW, seit 2002 bei PFEIFER Seil- und Hebetechnik GmbH, heute Leiter des PFEIFER- Ingenieurberaternetzes.</p>	<p>Georg S. Hanz,</p> <p>Diplomingenieur Bauingenieurwesen, Fachhochschule Siegen, seit 1999 bei PFEIFER Seil- und Hebetechnik GmbH, heute Leiter des Produktmanagements PFEIFER-Bautechnik</p>	<p>Matthias R. Kintscher,</p> <p>Diplomingenieur Bauingenieurwesen, Universität Stuttgart, 3 Jahr wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Massivbau/ Universität Stuttgart Seit 1990 bei Pfeifer Seil- und Hebetechnik GmbH in Memmingen im Allgäu, heute Geschäftsbereichsleiter der Bautechnik und ehrenamtlicher Vorsitzender des Bundesverbandes Bausysteme e.V.</p>



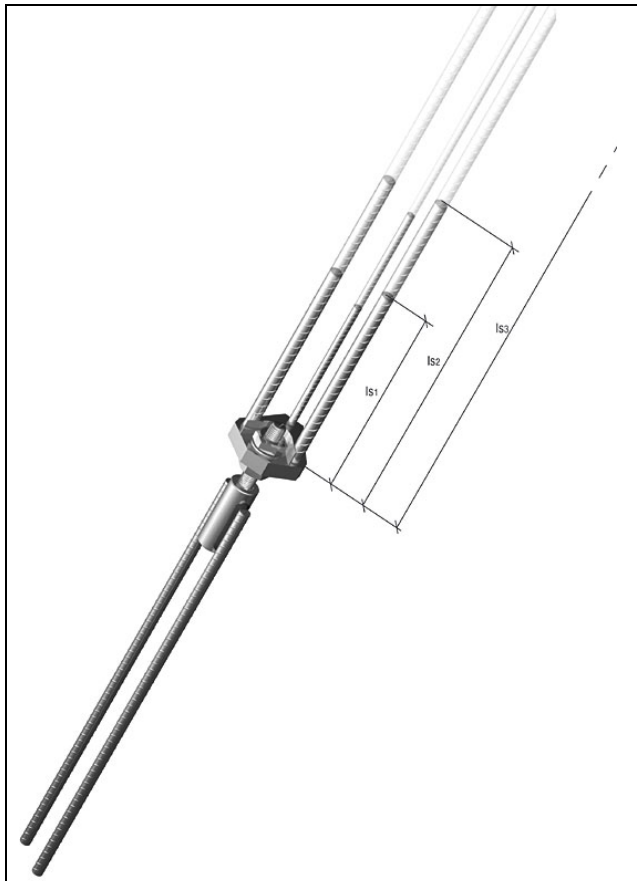
**Bild 1**  
Fertigteilstütze mit je vier Stützenfüßen vor und nach der biegesteifen Verbindung mit dem Fundament (Bildquelle PFEIFER)



**Bild 2**  
Stützen eingespannt oder teileingespannt, große Momente bleiben bestehen (Bildquelle PFEIFER)



**Bild 3**  
Stützeinspannung und biegesteife Rahmenecken als optimales statisches System mit kleineren Momenten (Bildquelle PFEIFER)



**Bild 4**  
Gesamtschau Stützenfußsystem bestehend aus Fundamentanker, Verbindungsbolzen und Stützenfuß (Bildquelle PFEIFER)



**Bild 5a**  
Stützenfuß mit variabel einschraubbaren Betonstahlankern (Bildquelle PFEIFER)



**Bild 5b**  
Unterschiedliche Fundamentankerausbildungen (Bildquelle PFEIFER)

## Stützenfußsystem



Bild 6  
Stirnseite von Fertigteilriegeln mit Stützenfüßen im unteren Anschlusspunkt. (Bildquelle PFEIFER)



Bild 7  
Rahmenausbildung auf der Großbaustelle Papierfabrik Hans Kolb PM4 in Kaufbeuren (Bildquelle PFEIFER)



Bild 8  
Detail der Rahmenausbildung



Bild 9

Biegesteife Betonrahmen hinten und vorne Verbindungsbolzen - bereits in Fundamentanker eingeschraubt. (Bildquelle PFEIFER)