

# Bewehrungsplanung im 21. Jahrhundert

Thomas Fink, SOFiSTiK AG und Armin Dariz, BiMOTiON GmbH

## Zusammenfassung:

Der letzte wesentliche Arbeitsschritt im konstruktiven Ingenieurbau ist die Ausführungsplanung. Im Beitrag wird dargestellt, welche Prozesse und Werkzeuge hierfür in der Vergangenheit verwendet wurden, welche technischen Möglichkeiten heute schon verfügbar sind und welche Entwicklungen in der Zukunft denkbar sein werden.

## Summary:

The last major step in structural engineering is the creation of shop drawings. This paper presents the processes and tools used in the past, explains new possibilities available today and discusses possible developments in the future.

## 1 BEWEHRUNGSPLANUNG ALS TEIL DES WORKFLOWS IM INGENIEURBÜRO

Egal ob es sich um ein Objekt im Hochbau wie Wohn- oder Bürogebäude oder um ein Objekt im Tiefbau wie eine Brücke, ein Wehr oder einen Tunnel handelt: Die einzelnen Arbeitsschritte sind immer weitgehend die gleichen. Ausgehend von einem physikalischen Bauwerksmodell muss ein abstrahiertes Analytisches Modell entwickelt werden, welches das Verhalten des Bauwerks möglichst optimal abbildet und unseren Rechenmöglichkeiten



Abbildung 1: Ingenieurbauworkflow

genügt. Hier werden Lasten und Auflagerbedingungen definiert, mit denen die Schnittgrößen und die Auflagerkräfte berechnet werden. Anschließend können die Bauteile bemessen werden, wir erhalten erforderliche Bewehrung in  $\text{cm}^2$  oder  $\text{cm}^2/\text{m}$ .

Aus dem physikalischen Modell leiten wir für die Baustelle die Schalpläne ab und mit diesen und der erforderlichen Bewehrung werden Bewehrungspläne erstellt. Der letzte Schritt in der Kette sind Stahl- und Biegepläne für die Abrechnung und die Fertigung der Bewehrungseisen.

Dieser Beitrag behandelt den letzten Schritt und betrachtet alle Bauwerksarten, soweit sie aus Stahlbeton errichtet werden.

## 2 BEWEHRUNGSPLANUNG

### 2.1 Traditionelles Vorgehen (gestern)

Das prinzipielle Vorgehen bei der Bewehrungsplanung hat sich seit über einem Jahrhundert nicht wesentlich geändert. Aus den Schalplänen, die Ansichten und Schnitte beinhalten, wurden Bewehrungsrohlinge abgeleitet, in denen die auf der Baustelle zu verlegende Bewehrung symbolisch dargestellt wurde. Mit sogenannten „Verlegungen“ wurde dem Personal auf der Baustelle gezeigt, wo im Bauwerk welches Eisen zu liegen kommen soll.

Im deutschsprachigen Raum und in vielen anderen Nachbarländern werden am Bewehrungsplan Auszüge platziert, aus denen die genaue Geometrie jeder Eisenposition zu ersehen ist. Hier wurde auch die Gesamtstückzahl der Position angeschrieben. Dieser Prozess hat sich durch die Einführung von CAD nicht geändert, nur die Werkzeuge sind in seit den 80er Jahren des letzten Jahrhunderts andere geworden.

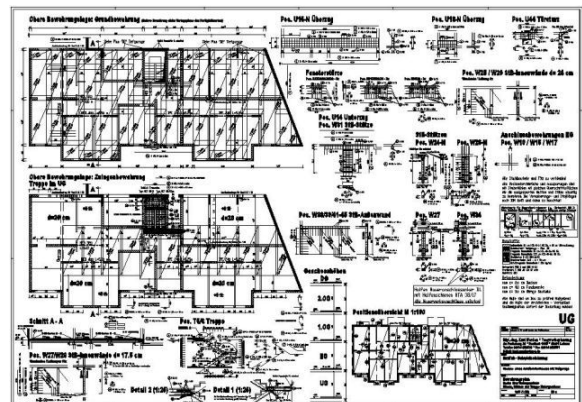


Abbildung 2: Bewehrungsplan

Die intellektuelle Herausforderung bestand schon immer darin, die in der Bemessung ermittelten

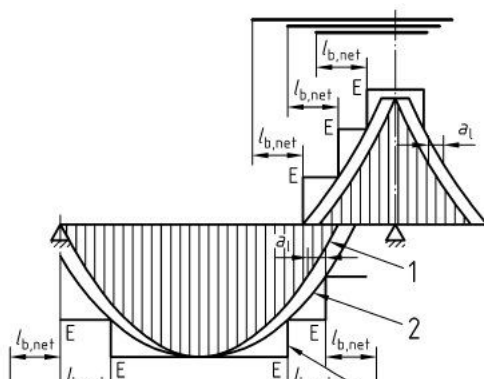


Abbildung 3: Zugkraftdeckungslinie

$\text{cm}^2$  in ein physikalisches Bewehrungsmodell zu wandeln, das dem Kraftfluss angepasst die Zugkräfte im Beton aufnehmen kann. Eine eher handwerkliche Herausforderung bestand darin, dieses Bewehrungsmodell auf dem Plan so darzustellen, dass es prüffähig war und auf der Baustelle verlegt werden konnte. Jedes Eisen war auf einem Plan in der Regel in Ansicht und Schnitt zu sehen, das Ermitteln der Stückzahlen war bei komplexen Konstruktionen eine

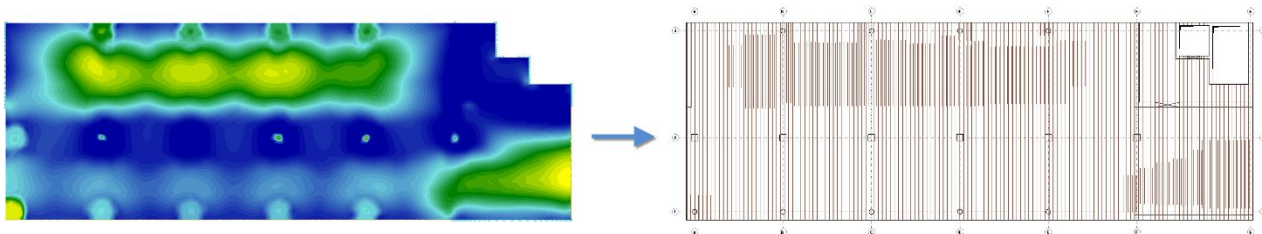
richtige Herausforderung, die viel Systematik und Konzentration erforderte. Der in SOFiCAD, einem der ersten CAD-Programme für Bewehrungsplanung, 1987 eingeführte Multiplikator erwies sich als wertvolles Hilfsmittel. Mit ihm konnte definiert werden, welche Darstellung eines Bewehrungsseisens auf einem Plan wie oft für die Ermittlung der Gesamtzahl verwendet wurde.

Die Erstellung einer Stahl- und Biegeliste wurde durch die Einführung von CAD dramatisch erleichtert, aber – wie oben ausgeführt – am prinzipiellen Prozess änderte sich nichts.

## 2.2 Heutige technische Möglichkeiten

Durch die von Autodesk betriebene Weiterentwicklung des Bauwerksmodellierungsprogramms Revit®, das von seinen Erfindern nur für Architekten entwickelt wurde zu einer Produktfamilie, die in einer Datenbank Objekte der Architektur, der Haustechnik und der Statik speichern kann, ergaben sich seit einigen Jahren prinzipielle neue Möglichkeiten. Diese zu nutzen erfordert aber nicht nur ein Wechsel des Werkzeugs sondern vielmehr eine Änderung im Prozess, was die zum Vergleich mit der Einführung von CAD eher schleppende Resonanz aus der Praxis zumindest teilweise erklären kann.

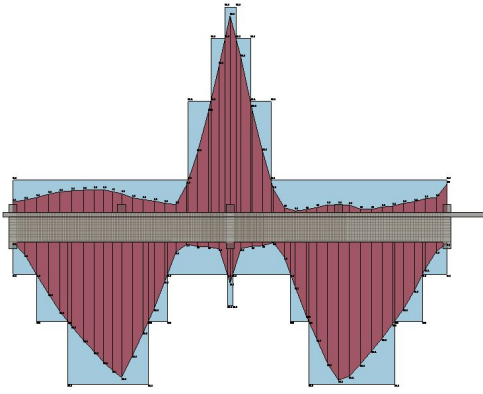
Mit der in der Datenbank gespeicherten dreidimensionalen Bauwerksgeometrie und dem analytischen Modell (das sind die Systemlinien auf die sich die erforderliche Bewehrung bezieht) kann erstmals von einem Computer ein sinnvolles dreidimensionales Bewehrungsmodell zumindest für die Kontinuitätsbereiche vorgeschlagen werden. SOFiSTiK veröffentlicht in diesen Tagen unter



**Abbildung 4: Bewehrungsgenerator**

dem Namen „SOFiSTiK Reinforcement Generation“ eine Vorabversion eines neuen Produktes. Aus Zeitgründen kann in diesem Beitrag nicht näher darauf eingegangen werden. Darüber hinaus kann in Revit® ein Bewehrungsmodell mit den im Programm vorhandenen Befehlen „händisch“ erzeugt werden. In der Praxis werden Mischformen zwischen Automatik und Manuell sinnvoll sein.

Unabhängig wie die Bewehrung im Modell erzeugt wurde, es ist möglich, in einer grafischen Darstellung die eingelegte Bewehrungsmenge, die erforderliche Bewehrungsmenge und natürlich auch

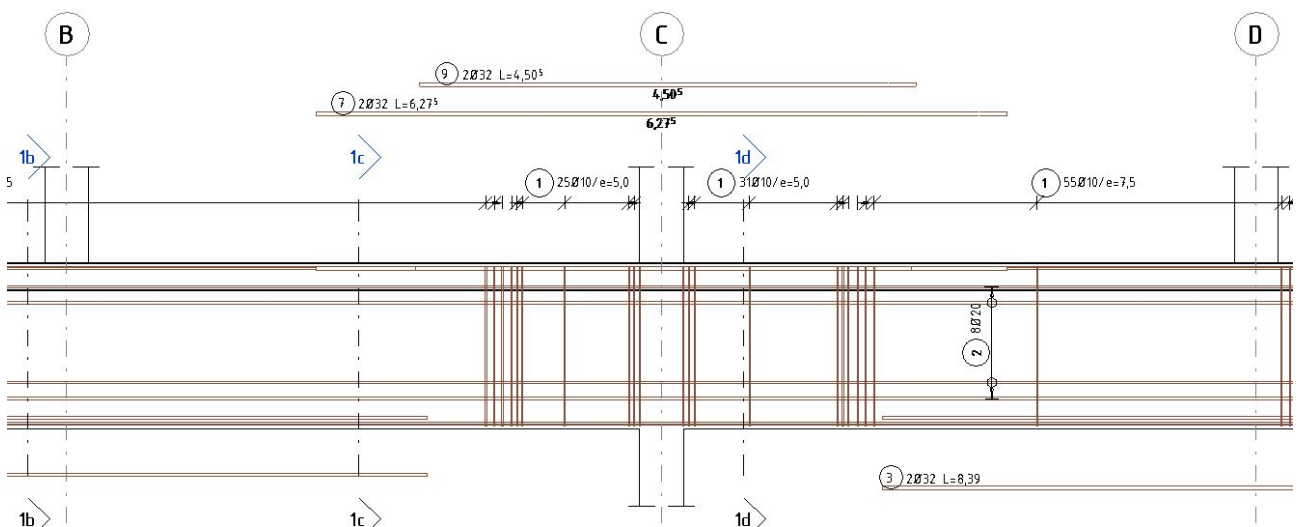


**Abbildung 5: Kontrolle Bewehrung**

Dafür ist ein neues Problem entstanden: Für die bauaufsichtliche Prüfung und für die Bauausführung werden herkömmliche zweidimensionale Pläne mit symbolischer Darstellung der Eisen erwartet. Durch die Bauteilgeometrie kann ein Computerprogramm einfach Schnittdarstellungen errechnen in denen man natürlich auch die Bewehrungseisen darstellen könnte. Diese Vorgehensweise führt aber nicht zum gewünschten Ergebnis: Wir wollen nicht alle Eisen am Plan sehen, die mathematisch zu sehen wären und es fehlen die Verlegesymbole sowie die Auszüge.

Die beiden Autoren haben sich mit einem kleinen Team der SOFiSTiK AG dieser Herausforderung in den letzten Jahren angenommen und haben mit dem Produkt „SOFiSTiK Reinforcement Detailing“ ein Modul geschaffen, welches Autodesk® Revit® Structure für die Bewehrungsplanung ergänzt. Neben klassischen Aufgaben wie Positionierung und Stahlliste wurden insbesondere folgende Punkte behandelt:

- Symbolische Darstellung von Eisen in und außerhalb der Schalung (Auszüge)
- Sinnvolle Sichtbarkeit der Eisen
- Weitgehend automatische Beschriftung von Ansichten und Schnitten
- Diverse Hilfsbefehle zur Verbesserung der Produktivität



**Abbildung 6: Darstellung eines Bewehrungsplanes mit SOFiSTiK Reinforcement Detailing**

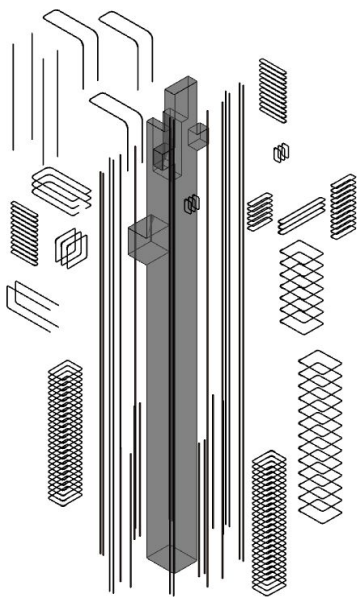
Das Produkt wird jetzt bereits in seiner 3. Version freigegeben und kann für den Anwendungsbereich des klassischen Hochbaus bereits als einigermaßen ausgereift und in der Praxis einsatzbereit gelten. Sehr positives Feedback von Anwendern aus aller Welt (weit über den SOFiSTiK Kundenkreis hinaus) bestätigt uns in unserer Arbeit.

Über die künftige Aufteilung der Arbeit zwischen Ingenieur und Konstrukteur wird nachzudenken sein. Es ist gut möglich, dass der Ingenieur die statisch erforderliche Bewehrung mit Softwarehilfe automatisch in das Bauwerksmodell einlegt und der Zeichner nur noch die konstruktive Bewehrung ergänzt und den Plan erzeugt.

### 2.3 Aussichten auf morgen

Was sind nun die künftigen Aufgaben und die weiteren Entwicklungsmöglichkeiten?

Für den Bereich der automatischen Bewehrungsgenerierung werden wir die Rückmeldungen der Anwender auswerten und in das Produkt einarbeiten, zu den Diskontinuitätsbereichen werden wir uns weitere Gedanken machen.



**Abbildung 7: 3-D-Pdf**

Anstatt aufwändig 2-D Pläne aus dem 3-D Modell abzuleiten ist es auch möglich ein 3-D-Pdf zu erzeugen, das mit jedem Gerät angesehen werden kann, welches in der Lage ist, PDF-Dateien darzustellen, also mit jedem besseren Mobiltelefon. Hier kann der Betrachter nicht nur die Blickrichtung frei wählen und die Sichtbarkeit einzelner Elemente steuern, es können auch Informationen über die einzelnen Bewehrungspositionen abgerufen werden. Auf dem SOFiSTiK-Seminar in Nürnberg 2010 haben die Verfasser über diese Vision bereits berichtet. Mittlerweile ist die Software auch kommerziell erhältlich (<http://apps.exchange.autodesk.com/de>).

Mit der Möglichkeit, in Revit® Objekte zur besseren Darstellung aus dem Bauteil herauszuziehen und damit die aus dem Maschinenbau bekannten Explosionszeichnungen zu erzeugen ergeben sich ganz neue Möglichkeiten für die Baustelle. Man könnte darüber nachdenken Zusammenbauanleitungen als 3-D PDF auf Tablets oder besser noch mit Datenbrillen auf die Baustelle zu bringen. Mal sehen, welche Entwicklungen durch Produkte wie Google Glasses noch möglich werden.

Es gibt auch Überlegungen, mit dem 3-D Modell durch den Computer die physikalische Möglichkeit des Zusammenbaus der Bewehrung prüfen zu lassen.

Nach Auffassung der Autoren ist eine automatische Kollisionsprüfung der letzte sinnvolle Schritt. Hier müssen wir aufpassen, ob wir uns nicht Probleme schaffen, die wir bisher nicht hatten. Jedes Mattenfeld und jede Übergreifung von Eisen wird mathematisch eine Kollision erzeugen, wenn wir den Matten nicht eine Biegeform geben und jedes gestoßene Eisen kröpfen.

### 3 AUSBLICK

Aus der Historie heraus stellt der Beitrag dar, was heute schon technisch möglich ist und was in der Zukunft noch entwickelt werden könnte. In wie weit die Praxis in Deutschland bereit ist, diese neuen Möglichkeiten aufzugreifen und die Arbeitsprozesse zu ändern, wird sich in der Zukunft erweisen. Die große Resonanz weltweit sollte auch Skeptikern zu denken geben.

### 4 BETEILIGTE

#### 4.1 *Thomas Fink* :

Thomas Fink studierte Bauingenieurwesen an der TU München, wo er in den Jahren 1979 bis 1983 als wissenschaftlicher Mitarbeiter im Fachgebiet elektronisches Rechnen im konstruktiven Ingenieurbau arbeitete. Danach war er als Beratender Ingenieur VBI in verschiedenen Konstellationen tätig und war einer der Gründer der SOFiSTiK. Seit 1999 ist er als Vorstand für die SOFiSTiK AG tätig.

mail: [thomas.fink@sofistik.de](mailto:thomas.fink@sofistik.de)

web: [www.sofistik.de](http://www.sofistik.de)

#### 4.2 *Armin Dariz*:

Armin Dariz hat im Jahre 2003 das Bauingenieurstudium an der TU Graz in Österreich erfolgreich abgeschlossen.

Nach einigen Jahren in verschiedenen Ingenieurbüros begann seine Karriere als Berater für Autodesk® Software. Heute ist er Geschäftsführer der SOFiSTiK-Tochter BiMOTION und der Experte für Autodesk® Revit® Structure in ganz Europa und arbeitet seit 2010 exklusiv für SOFiSTiK im Bereich BIM.

mail: [armin.dariz@bimotion.de](mailto:armin.dariz@bimotion.de)

web: [www.bimotion.de](http://www.bimotion.de)

## 5 ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 1: Ingenieurbauworkflow .....	1
Abbildung 2: Bewehrungsplan.....	2
Abbildung 3: Zugkraftdeckungslinie .....	2
Abbildung 4: Bewehrungsgenerator .....	3
Abbildung 5: Kontrolle Bewehrung.....	4
Abbildung 6: Darstellung eines Bewehrungsplanes mit SOFiSTiK Reinforcement Detailing .....	4
Abbildung 7: 3-D-Pdf .....	5