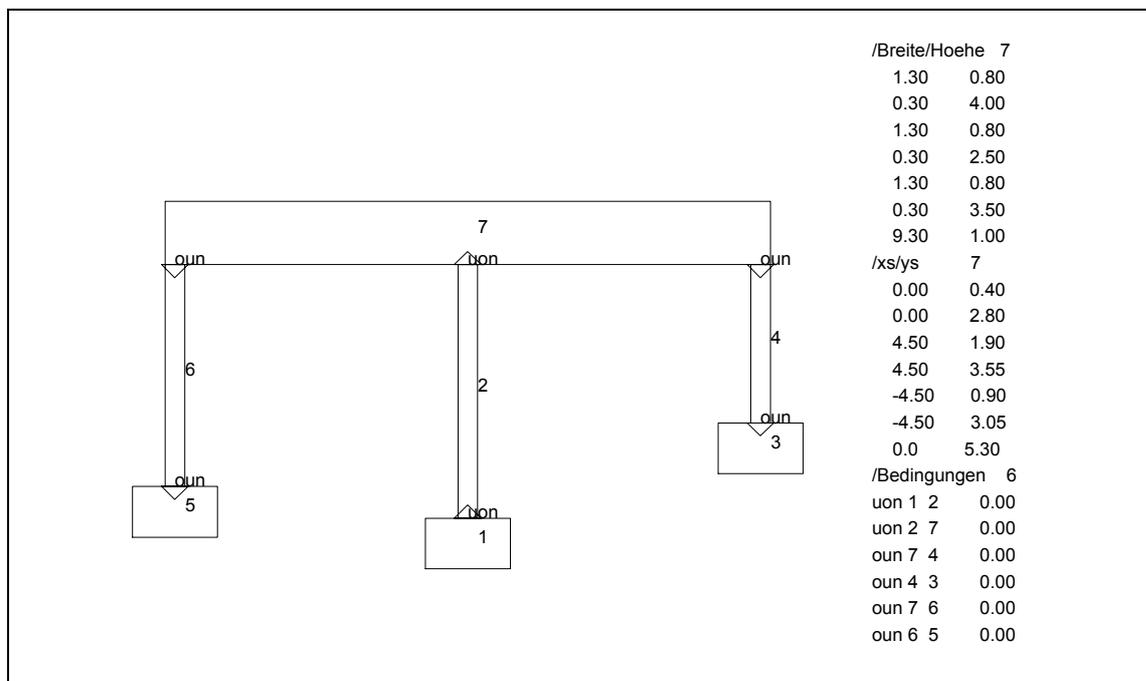


Reduktion der Konstruktionsparameter von Schal- und Werkplänen des konstruktiven Ingenieurbauwes mit rechteckigen Bauteilen durch Berühr- und Bündigkeitsbedingungen

H.Krzizek, Wien

1. Einleitung

Standard CAD-Programme unterstützen hauptsächlich das Konstruieren mit Linien-, weniger mit Flächenobjekten. Es wird eine Methode gezeigt, die auch für kleine, graphisch interaktive Programme geeignet ist, wodurch das Platzieren von Rechtecken wesentlich vereinfacht wird: Das Zusammenfügen der Elemente erfolgt durch Berühr- und Bündigkeitsbedingungen. Diese können auch interaktiv formuliert werden, und erübrigen die Eingabe von Positionskordinaten wird durch die oben genannten Bedingungen ersetzt. In weiterer Folge bestimmen die Abmessungen die Konstruktion. Die Bedingungen reduzieren somit die Anzahl der Konstruktionsparameter stark.



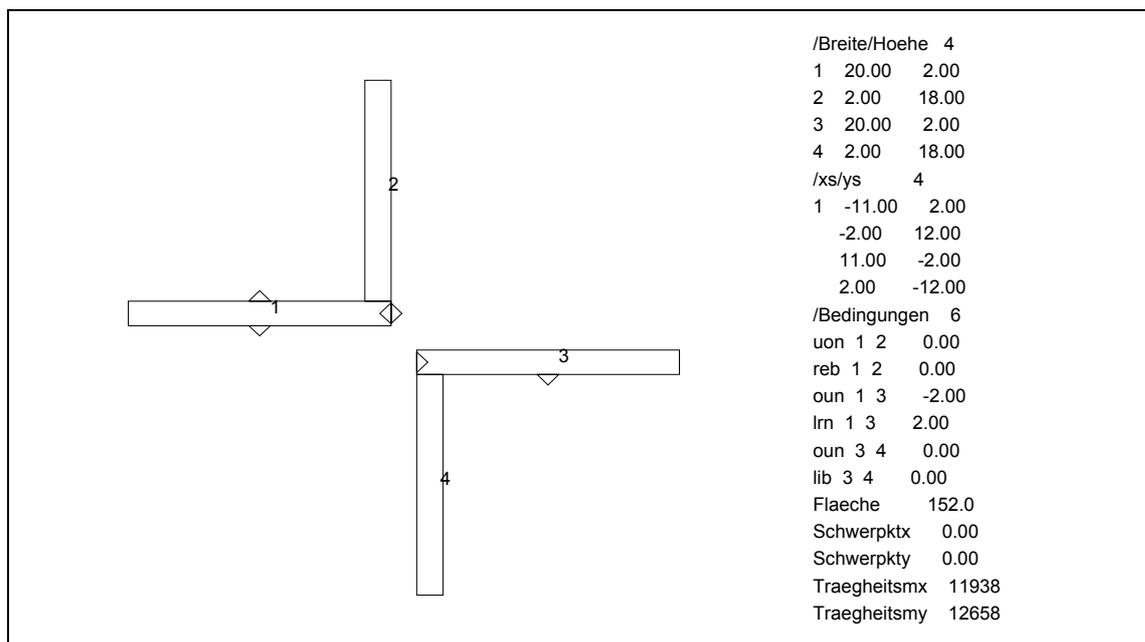
Rechteckige Bauteile haben im konstruktiven Ingenieurbau große Bedeutung: Fundamente, Säulen und Träger in Schalplänen zeigen sowohl im Grundriß als auch im Aufriß eine rechteckige Kontur. Gleiches gilt für die Werkpläne im Stahlhochbau: Die aus Walzprofilen zusammengesetzten Rahmen oder Roste bilden eine Vielzahl einander berührender Rechtecke, wobei die Lage und Länge der Berührstrecke zweier Rechtecke von entscheidender Bedeutung für Statik und Konstruktion ist.

Ist die Größe der Rechtecke festgelegt wird, die Lage der Rechtecke durch topologische Angaben fixiert. Diese Angaben erfolgen in Bezug zu einem bereits platziertem Rechteck. Berühren sich zwei rechteckige Bauteile, so ist dies eine lagemäßige Kopplung der Rechtecke, die durch Berührbedingungen realisiert werden kann. Dies hat den Vorteil, daß auch bei einer

Änderung der Abmessungen einzelner Rechtecke, die Bedingungen gültig bleibt, sodaß die Lagekoordinaten per Programm wieder exakt berechnet werden können. Auf diese Weise wird ein Konstruktionsmodell erhalten, daß besonders für die Entwurfsphase sowie die anschließende Variation der Bauteilabmessungen bestens geeignet ist.

2. Programmgestaltung und Einbettung

Die Interaktion zwischen Programm und Benutzer erfolgt über zwei Rechtecke, dem Graphikausgabefeld und einem wie ein Spreadsheetblatt aussehenden Teil für alfanumerische Ein- und Ausgabe. Letzteres besitzt drei Spalten, diese genügen um Breite und Höhe der Rechtecke in einer Zeile in alfanumerischer Form anzuzeigen. Die erste, schmalen Spalte enthält einen Index zur Identifikation der einzelnen Rechteckselemente.



Ein Simple User Interface Management System wurde zur Realisierung des Programms verwendet, daß nicht nur die Programmerstellung erleichtert, sondern auch eine plattformunabhängige Implementierung sowohl unter MSdos/Windows als auch unter Unix/X erlaubt. Die Bauteilabmessungen werden angezeigt, sodaß Maßketten zumindest anfänglich entbehrlich sind. Die angezeigten Werte können geändert werden, indem neue Werte über die Tastatur eingegeben werden, oder - nach Festlegung einer Schrittweite - durch Drücken der Cursortasten. Nach Drücken jeder Cursortaste wird der Graphikteil aktualisiert, sodaß Größenfestlegungen nach rein optischen Gesichtspunkten möglich sind.

Die Zahlen und Texte des spreadsheetähnlichen Teiles können sowohl importiert als auch exportiert werden. Die Arbeit kann damit jederzeit unterbrochen und später wieder fortgesetzt werden. Es besteht auch die Möglichkeit aus Standard-CAD-Programmen über die Datenaustauschnittstelle Geometrieinformation zu übernehmen, die jedoch in die entsprechende Form umgewandelt werden muß. Auch eine Anbindung an eine Datenbank ist realisiert. Getrennt von der Alfanumerik kann auch der Graphikteil exportiert werden. Die Graphik kann in ein CAD-Programm eingelesen werden, sodaß dort eine Ausgestaltung erfolgen kann.

3. Generelles zur lagemäßigen Festlegung von Flächen- oder Volumselementen

Geradlinig begrenzte Flächenelemente besitzen längs ihres Randes keinen ausgezeichneten

Punkt. In einem Polygon sind alle Punkte gleichwertig. Der Schwerpunkt aber ist ein ausgezeichneter Punkt, er kann stets leicht berechnet werden und ist somit ideal geeignet, bei unterschiedlichen Flächenelementen als Referenzpunkt zu dienen. Durch ihn soll die Lage des Elementes bestimmt sein. Analoges gilt auch für dreidimensionale Objekte: Bei durch Ebenen begrenzten Körpern ist der Schwerpunkt ebenfalls leicht zu berechnen, in diesem Fall mit drei Koordinaten.

Eine Benutzerinteraktion ausschließlich über die Schwerpunktskoordinaten ist i.a. wenig zielführend. An deren Stelle treten Angaben, die sich auf den Abstand zweier Schwerpunkte beziehen, also relative Angaben. Die Angabe, die Säule ist oberhalb des Fundamentes und belastet dieses mittig, erlaubt zum Beispiel eine eindeutige Festlegung der Lage der Säule bei gegebener Lage des Fundamentes und gegebenen Abmessungen beider Rechtecke. Die Berührbedingung von Säule und Fundament stellt somit eine explizite Formel für die Berechnung der y-Koordinate des hinzuzufügenden Bauteiles dar, die Angabe mittig, eine (Identitäts-) Bedingung zur Berechnung der x-Koordinate.

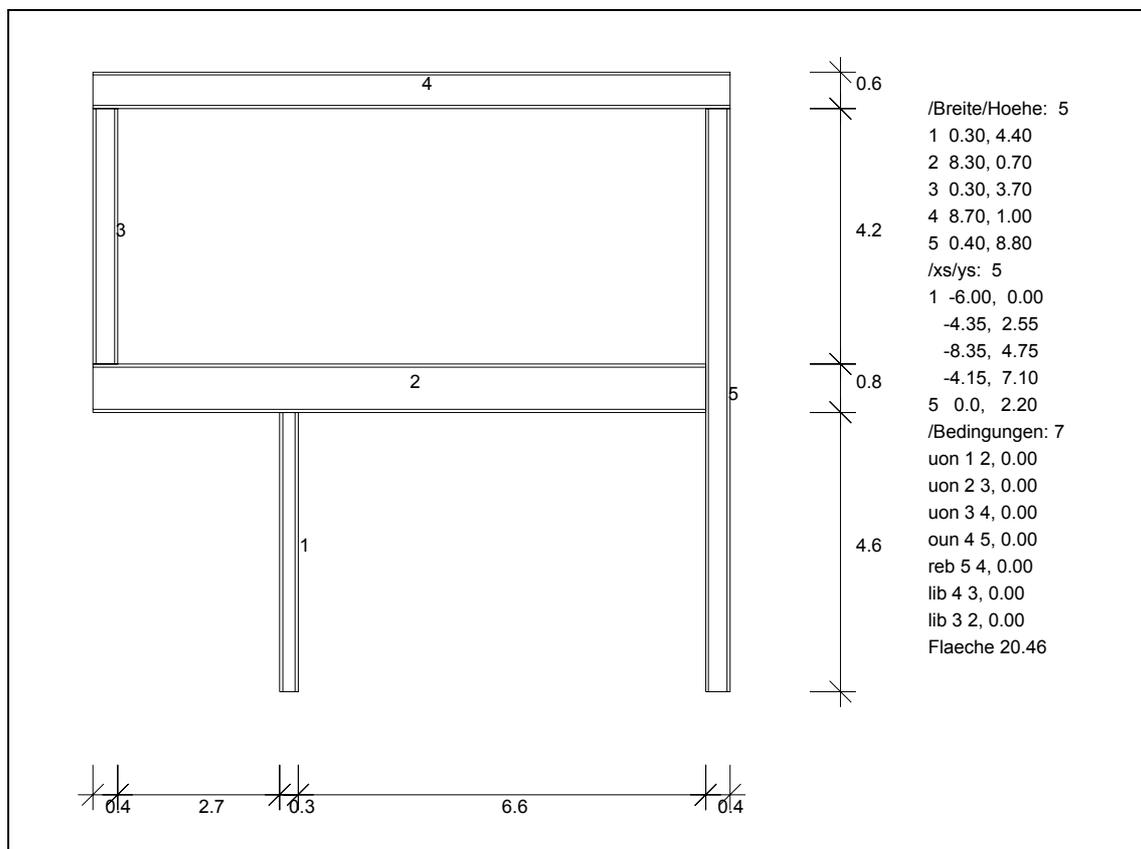
Anstelle von Koordinatenangaben für die Rechtecksschwerpunkte werden durch den Benutzer topologische Angaben gemacht. Diese durch den Benutzer viel einfacher zu formulierenden Eingaben führen dazu, daß die Angaben der Schwerpunktskoordinaten zu Ausgabewerten werden. Wie bei einem Spreadsheetprogramm, ist den in den Zellen angezeigten Werten nicht anzusehen, ob sie Eingabe- oder Ausgabewerte sind. In vielen Fällen wird eine gemischte Vorgangsweise gewählt, bei der der Gesamtplan sowohl durch Bedingungen als auch durch Angaben von Schwerpunktskoordinaten festgelegt wird. Die Graphik dient der Kontrolle der richtigen Eingabe.

4. Formulierung der topologische Bedingungen

Eine Bedingung, die interaktiv in Angesicht der Graphik eingegeben wird, bezieht sich immer auf zwei Rechtecke, wobei das erste bereits lagemäßig fixiert ist, das zweite aber platziert werden soll. Die nächste Festlegung bezieht sich auf eine Richtung. Unten-Oben Beziehungen bestimmen y-Schwerpunktskoordinaten, Links-Rechts Beziehungen x-Koordinaten. Weiters ist zwischen unten-oben (uo) und oben-unten (ou) Beziehungen zu unterscheiden, wobei der bereits platzierte Bauteil zuerst anzuführen ist. Weiters ist auch zwischen links-rechts (lr) und rechts-links (rl) Beziehungen zu unterscheiden. Ein dritter Buchstabe entweder n (netto) oder b (brutto) unterscheidet Bedingungen danach, ob diese auf die Kontur (Außenabmessungen) oder auf den Schwerpunkt bezogen sind. Ein Code, bestehend aus drei Buchstaben, bildet die erste Spalte, die Indizes der Rechtecke die zweite Spalte, und eine Zahl in der dritten Spalte gibt einen Abstand an. Bei den Netto-Bedingungen ist dieser Wert zumeist Null, dann berühren die Außenkanten einander. Ein Wert ungleich Null gibt den Abstand zwischen den Außenkanten an.

Bei den Berührbedingungen sind die Schwerpunkte der beiden Rechtecke auf verschiedenen Seiten der Berührgeraden. Sind beide Rechtecksschwerpunkte auf der gleichen Seite, können Bündigkeitsbedingungen formuliert werden: Die Lage der gemeinsame Außenkanten legt auch den Namen der Bedingung fest: linksbündig (lib), rechtsbündig (reb) und oberkantenbündig (okb) bzw. unterkantenbündig (ukb). Diese Begriffe sind aber in der Bauplanung existent, es erfolgt hier lediglich eine namensmäßige Festlegung der relativen Lage, bzw. eine Festschreibung einer Dreibuchstabenabkürzung, um die in den Abbildungen dargestellten Bedingungen richtig interpretieren zu können.

In den Abbildungen stellen die Dreiecke eine Visualisierung der formulierten Bedingungen dar: Durch die Pfeilrichtung werden vier Relationen unterschieden, nach außen zeigende Pfeile stellen Berührbedingungen dar, nach innen zeigende Bündigkeitsbedingungen, jeweils bezogen auf das erste angegebene Rechteck.



Handelt es sich nicht um Rechtecke sondern um allgemeine geradlinig begrenzte Flächenelemente, so sind die Bedingungen etwas anders zu formulieren: Für eine Bezugsgerade lautet die Berührbedingung dann so, daß der Abstand normal auf die Bezugsgerade durch die Form der beiden Flächenelemente bestimmt werden kann. Eine zweite Bedingung, normal zur Bezugsgerade erlaubt dann, sowohl x als auch y des zweiten Schwerpunktes zu berechnen. Ein Beispiel für diese zweite Bedingung ist die Forderung, daß die Mittelpunkte der einander berührenden Polygonseiten zusammenfallen sollen. Solche Angaben reichen aus um den Schwerpunkt zu berechnen.

5. Festlegung der Größe von Elementen durch topologische Bedingungen

Wie bei einem Dominospiel werden die Rechtecke aneinandergesetzt: Eine Baumstruktur wird aufgebaut. Bilden die einzelnen Rechtecke auch Maschen, sind also auch geschlossene Rundwege vorhanden, müssen Passrechtecke eingesetzt werden. Durch zwei, nun nicht mehr voneinander unabhängigen Bedingungen (an jedem Ende eine) wird sowohl die Koordinate des Schwerpunktes, als auch eine Abmessung des Rechteckes bestimmt. Für die Passrechtecke gilt auch, daß bei Änderung der Abmessungen jener Rechtecke, auf die Bezug genommen wird, die Länge des Passrechteckes neu berechnet (und gezeichnet) wird. Stehen auch Bedingungen für die Formulierung von Passrechtecken zur Verfügung, ist es für den Benutzer des interaktiven Programms stets möglich, ein Modell aus allen Rechtecke zu bilden, das ausschließlich durch Änderung der Rechtecks-Abmessungen variiert werden kann.

6. Erweiterungen

Die Übertragung der Vorgangsweise von 2D nach 3D beschert eine äußerst einfache Eingabeform für prismatische Körper: Aus Berührgeraden werden Berührflächen, aus links-rechts Beziehungen werden west-ost und nord-süd Beziehungen, die Unten-Oben Beziehungen bleiben unverändert.

Der Übergang von 2D nach "1D" beim aus Rechtecken bestehenden Modell, ist jederzeit machbar, indem eine der beiden Abmessungen des Rechteckes zu Null gemacht wird. Dadurch wird ein Modell für eine Stabstatik erhalten. Nach Fertigstellung des Schal- oder Werkplanes (und dessen Speicherung) werden für das statische Modell des Tragwerkes die Berühr- und Bündigkeitsbedingungen ausgeschaltet (entfernt). Danach wird jeweils eine Abmessung der Rechtecke (zwei bei Prismen) zu Null gemacht, wodurch die Stabachsen erhalten werden. Einzelne Linien müssen noch entsprechend verlängert werden, doch sind die Linienachsen in Bezug auf ihre Lage bereits endgültig festgelegt.

7. Schlußbetrachtungen

Die hier vorgestellte Eingabeart der relativen Positionierung ist eine Erweiterung des Orthomodus, wie er bei Bau-CAD-Programmen stets gefunden wird. Damit wird für die im konstruktiven Ingenieurbau häufig vorkommenden Bauteile mit rechteckiger Kontur eine einfache Platzierungsmethode zur Verfügung gestellt.

Schalpläne des Betonbaues sind Ausgangspunkt für einen per Programm erstellten Bewehrungsplan. Für diese Zwecke ist eine exakte Datenbasis erforderlich, wie sie hier vorgestellt wurde. Ähnliches gilt auch für den Werkstoff Stahl, wo die automatische Generierung der Anschlüsse ebenfalls nur auf Basis entsprechender Geometrie der Träger realisiert werden kann. Auch für die Speicherung der Schal- und Werkpläne in Datenbanken ist die Speicherung von Rechtecken wesentlich besser geeignet, als die Speicherung von Linien, da die Linien wenig physikalische Interpretation erlauben, während die Rechtecke Fundamente, Träger oder Säulen abbilden. Weiters wird die Rechtecksinformation auch für Flächenberechnungen beim Angebot und bei der Abrechnung benötigt.

Die auf den ersten Blick große Anzahl von unterschiedlichen Bedingungen wird nach kurzer Eingewöhnung zu einer großen Anzahl von Hilfen für eine rasche Platzierung. Die Speicherung der Geometrie in der hier beschriebenen Form erlaubt eine einfache Übernahme einmal erstellter Pläne für andere Bauprojekte.

8.Literatur

Hunt: Ingenieurobjekte in der Tragwerksplanung, Festschrift Bauinformatik, Werner Verlag, Düsseldorf, 200

Bauer: Repräsentation eines Methodischen Vorgehens bei der Konstruktion von Tragwerken, 11. Forum Bauinformatik, VDI-Bericht 4/156, Düsseldorf, 1999

Fischbach: Elements of a design modeling language, Computing in Civil and Building Engineering, Balkema, Rotterdam, 1995

Fleming, Snyder: Building and Databases: the SEED Experience, IKM97, digital proceedings, Bauhaus Universität Weimar, 1997