

Zur bauingenieurgerechten Speicherung von Entwurfsplänen des konstruktiven Ingenieurbaues in Datenbanken

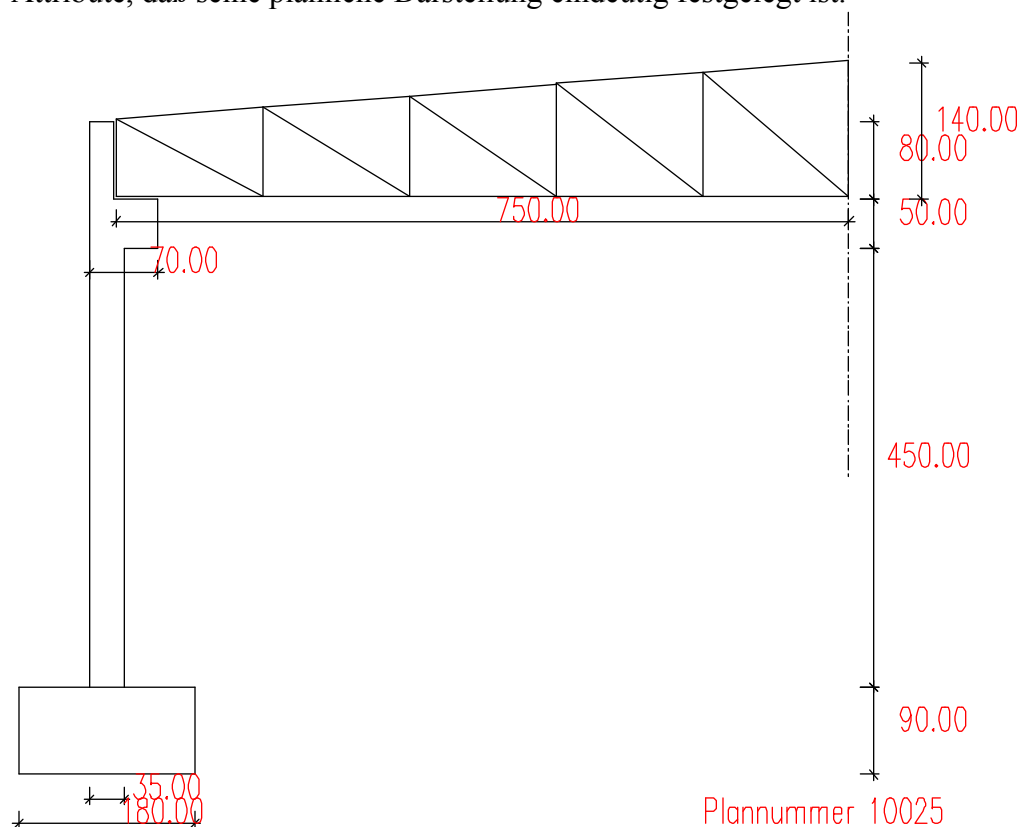
H.Krzizek, Wien

1. Einleitung

Viele der Bauobjekte, die in Entwurfsplänen des Bauingenieurs dargestellt werden, können in Teilobjekte zerlegt werden. In idealer Weise sind bei einer Betonfertigteilhalle die Einzelteile erkennbar, da diese anfangs auch physisch getrennt sind: Im Koecherfundament ist die Stütze eingespannt, auf die Stütze wird der Dachträger gesetzt, auf den sich wieder die Dachhaut abstützt. Jedes der Teilobjekte wird durch eine Anzahl von Parametern bestimmt.

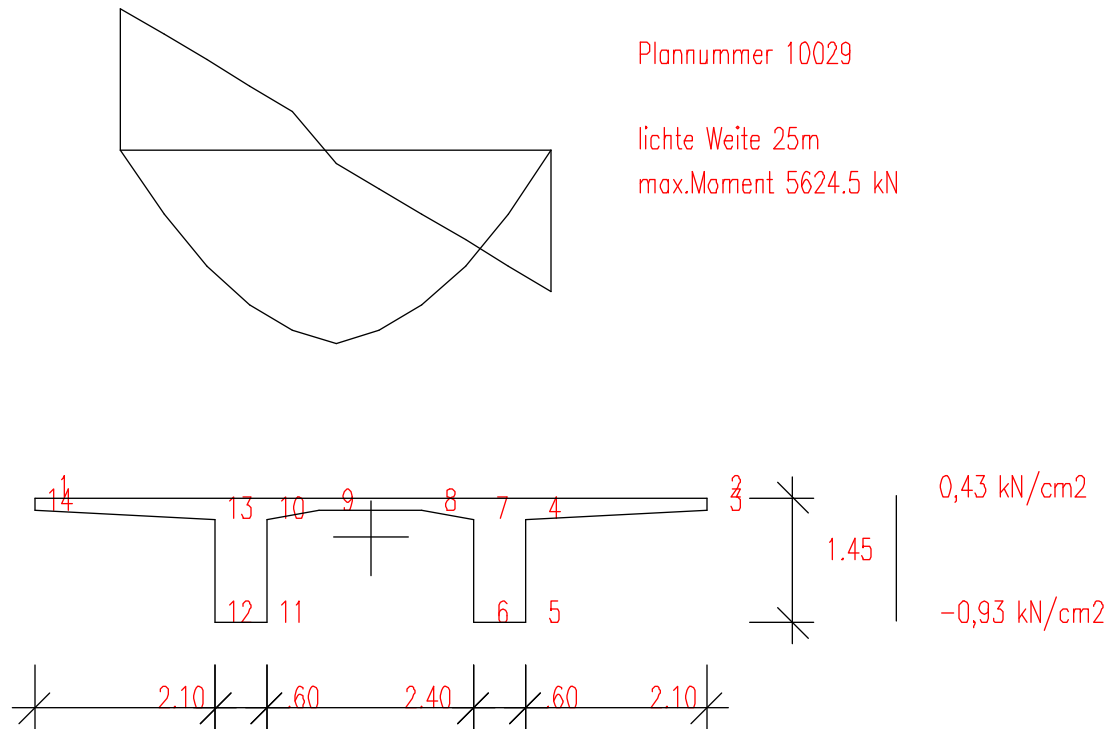
Beispielsweise sind die entscheidenden Parameter für den Dachträger die Stützweite, die Trägerhöhe und die Trägerbreite. Dadurch ist die Geometrie festgelegt und die planliche Darstellung möglich. Weitere Parameter, wie die Betongüte, Stahlbewehrung und Belastung sind für eine statische Berechnung erforderlich.

Alle Teilobjekte einer Zeichnung, festgelegt durch ihre Parameter, werden in einer relationalen Datenbank gespeichert. Der Teilobjektname erlaubt die Zuordnung zu einer Klasse, die zugehörigen Parameter spezifizieren das konkrete Teilobjekt. Die lagemäßige Festlegung des Teilobjektes erfordert weitere Parameter. Ein pragmatischer Weg wurde besprochen, indem neben der Art der Maßeinheit (m,cm,mm..) und dem Zeichnungsmaßstab auch die Lage des Teilbildes im Gesamtplan gespeichert wird. Damit können sowohl 2D-Darstellungen als auch Abbildungen von 3D-Objekten erfaßt werden und in Plänen nebeneinander dargestellt werden. Jedes gespeicherte (Teil-)Objekt hat zumindest soviel Attribute, daß seine planliche Darstellung eindeutig festgelegt ist.



Der Programmbenutzer bestimmt mit seinen Eingaben im Datenbanksystem Anzahl, Art und Eigenschaften seiner Teilobjekte. Das anschließend aufzurufende Auswerteprogramm erzeugt einen Plan, führt aber auch die zu den Teilobjekten gehörenden Berechnungen durch, sodaß sowohl die planliche Darstellung als auch die zur Beurteilung notwendigen numerischen Daten zur Verfügung gestellt werden.

2. Festlegung der Planinhalte durch Begriffe des Bauingenieurwesens



Bei der Speicherung von Plänen in Standard-CAD-Programmen werden die Plan-inhalte in die bekannten Graphikelemente wie Punktsymbol, Linienzug, gefüllte Fläche, Text usw. zerlegt. Entsprechend sind auch die Editiermöglichkeiten. Punkte werden verschoben, kopiert oder rotiert, wodurch auch die die Punkte verbindenden Linien eine neue Lage erhalten. Besser ist aber eine Speicherung der Planinhalte über jene Begriffe, in denen der Bauingenieur denkt, mit denen er die Bauobjekte festlegt und die bei der Ermittlung optimaler Konstruktionen variiert werden. Diese Werte sind z.B. beim Querschnitt einer Betondeckbrücke die Stegbreiten, Plattenstärken, Trägerhöhen, Trägerabstände und die Kragweiten der Platten. Die Umsetzung dieser Begriffe in die Punkt- und Liniengeometrie übernimmt ein Programmmodul, das auch gleich allfällige Berechnungen durchführt. Gegenüber der Festlegung des Querschnittes durch die Randpolygonpunkte ist jene mit den Begriffen aus dem Bauingenieurwesen wesentlich besser. Auch die numerischen Ergebnisse werden über Worte aus den entsprechenden Wissenschaftsgebieten beschrieben: Für das zuletzt angeführte Beispiel der Deckbrücke sind dies die Querschnittswerte (Fläche, Trägheitsmomente, Schwerpunktskoordinaten usw.). Allerdings erfordert die Beschreibung der Bauobjekte in der Datenbank über diese Begriffe einen sachkundigen Bearbeiter.

Es wurde ein relationales Modell entwickelt. Nicht zuletzt auch deshalb, weil relationale Datenbanksysteme in der Baupraxis am meisten verbreitet sind. Die bei vielen CAD-Programmen mögliche Übertragung gewisser Daten der Pläne in ein relationales

Datenbanksystem wird hier ergänzt um eine Methode, die die Generierung der Planinhalte mittels relationalen Datenmanagements vorsieht.

Die Daten sind auf mehrere Tabellen aufgeteilt. Eine erste Tabelle listet die Pläne auf. Neben einer Möglichkeit zur verbalen Beschreibung des Planinhaltes wird eine Plannummer als Schlüsselbegriff verwaltet. Weitere Attribute sind Plangröße und Planorientierung (Portrait oder Landschaft) sowie verwaltungstechnische Felder, beispielsweise für Planverfasser und Erstellungsdatum.

Die zweite Tabelle beinhaltet die Aufzählung aller Module, mit denen die Teilobjekte festgelegt werden können. Neben dem Modulnamen (=Schlüsselwert) sind die Namen der Attribute verzeichnet, durch die die Objektklasse definiert wird. Die Texte dienen der Identifizierung aller numerischen Ein- oder Ausgabewerte. Neben Einzelparametern gibt es bei vielen Modulen auch Tabellen für die Eingabe und/oder für das Ergebnis. In diesem Fall werden Tabellename und Anzahl der Spalten der Tabelle festgehalten. Die 'Module' sind durch den Programmierer festgelegt worden. Der Benutzer erhält hier die zu Handhabung der Module erforderlichen Informationen. In objektorientierter Denkweise werden hier die Objektklassen definiert, die Textparameter sind die Klassenattribute.

In der dritten Tabelle werden die Teilobjekte verwaltet. Die numerischen Werte für Eingangs- oder Ergebnisparameter werden hier eingetragen. Durch den ebenfalls verzeichneten Modulnamen wird die richtige Interpretation der numerischen Werte sichergestellt. Weiters sind die zeichnungstechnischen Attribute, wie die Plannummer, die Einheiten (m,cm,mm.), der Maßstab und die Lage des Nullpunktes der Teilzeichnung in Bezug zur linken unteren Ecke des Zeichnungsrahmens enthalten. Schlüssel ist hier eine Teilzeichnungsnummer. Das Textfeld mit dem Namen des Moduls bestimmt die Methode, mit der die Daten des Objektes ausgewertet werden.

3. Datenstruktur der Teilzeichnungsobjekte

Die Anzahl der Parameter, mit denen ein Teilobjekt festgelegt wird, ist abhängig von der Art des Objektes. Kaum ein Modul hat weniger als vier Sachparameter, nur etwa zehn Prozent aller Module haben mehr als zehn. Die stark unterschiedliche Anzahl der Parameter macht die Festlegung der Anzahl der Spalten schwierig. Die gewählte Lösung orientiert sich daher an einem anderen Faktum: Um die Datensätze - nach Umwandlung in Textform - auch in einem Editor bearbeiten zu können, sollte die Satzlänge 256 Zeichen nicht überschreiten, da viele Editoren nur bis zu dieser Grenze einsetzbar sind. Daraus ergibt sich, neben den zeichnungstechnischen Informationen, eine Satzlänge von vierzehn Parametern mit je zwölf Zeichen (inclusive der zwei Nachkommastellen). Für die nicht sehr häufigen Fälle, in denen dies nicht ausreicht, werden Fortsetzungssätze angelegt. Auch Tabellen (von Eingabe- oder Ergebniswerten) werden stets in eigenen Sätzen abgelegt. Fortsetzungssätze enthalten zusätzlich eine laufende Nummer, der Ausgangssatz beginnt mit Null. Teilobjektnummer gemeinsam mit der Fortsetzungsnummer bilden einen eindeutigen Schlüssel für die Verwaltung der Sätze. Diese Vorgangsweise erlaubt die Verwendung gewöhnlicher relationaler Datenbankmanagementsysteme und wird in [1] als 'extended relational data model' bezeichnet. Einerseits wird nicht zuviel des manchmal nicht benötigten Speicherplatzes vergeudet und andererseits ist der zeitraubende Zugriff auf Fortsetzungssätze seltener.

4. Spezifikation der Teilzeichnungsobjekte

Entsprechend ihrem Inhalt wird zwischen originären und zeichnungstechnischen Objekten unterschieden. Unter originären Objekten werden solche verstanden, die sich aus Grundriß, Ansicht oder Schnitt eines oder mehrerer Bauteile ergeben. Originäre Objekte sind auch Funktionskurven von Diagrammen (inclusive Nulllinie), nicht aber eventuelle Achsen, Beschriftungen oder Bemaßungen. Letztgenannte sind zeichnungstechnische Elemente.

Bei der Entwicklung der originären Teilzeichnungsmodule wurde streng darauf geachtet, keine zeichnungstechnischen Elemente zu verwenden. Diese können erst hinzugefügt werden, wenn fest steht, wo die Graphik des Teilobjektes ausgegeben wird. Wird das Objekt als Bildschirmgraphik mit einem Viewingprogramm dargestellt, so fügt dieses Programm heute üblicherweise die zeichnungstechnischen Elemente (z.B. Achsen mit Maßangaben) hinzu. Wird das Objekt in ein Standard CAD-Programm eingelesen, so stehen dort entweder Lineale zur Verfügung oder es können unter Verwendung der Bemaßungsfunktionen mit wenigen Aktionen die notwendigen Größeninformationen hinzugefügt werden. Um aber auch für den Fall gerüstet zu sein, daß die Zeichnung unmittelbar zu Papier gebracht werden soll, gibt es in der Datenbank eigene zeichnungs-technische Elemente für Texte, Maßlinien, Symmetriachsen usw. Selbst Zeichnungen, die nur ein originäres Teilobjekt enthalten, bestehen meist aus mehreren Sätzen: Dem eigentlichen Teilzeichnungssatz folgen weitere für die Bemaßung und die Beschriftung.

5. Automatische Planerstellung und Textdokumenterstellung

Nach Eingabe oder Bearbeitung der Sätze im Datenbanksystem generiert ein Auswerteprogramm eine Parameterdatei mit sämtlichen zu einem Plan gehörenden Ein- oder Ausgabewerten und mit den Namen der Teilobjekte. Danach generiert der zu jedem Teilbildnamen gehörende Programmmodul die Teilbildgraphik und ermittelt eventuelle numerische Ergebniswerte. Jeder der Teilbildmodule greift auf diese Parameterdatei zu, die die Ein- und Ausgabewerte aller Module eines Planes enthält.

Der Aufbau dieser Parameterdatei ist zweispaltig: In der Textspalte sind die Namen der Parameter eingetragen, die zweite Spalte enthält den zugehörigen numerischen Wert. Bei Parametertabellen sind in der Textspalte ebenfalls numerische Werte enthalten, somit sind maximal zweispaltige Tabellen möglich. Dieses Textdokument enthält ergänzende alfanumerische Informationen zur Bilddarstellung. Der Anfangszustand dieser Datei ist durch die Eintragungen in der Datenbank bestimmt. Während der Generierung des Planes entnehmen die Teilbildmodule die benötigten Eingabewerte und schreiben die numerische Ergebniswerte in die gleiche Datei, wodurch ihr Inhalt teilweise verändert wird.

Beim Aufruf mehrerer Module für ein Plandokument ist die Reihenfolge, in der die einzelnen Module aufgerufen werden, dann von Bedeutung, wenn die rechnerischen Ergebnisse eines Moduls dem nächsten als Eingabewerte dienen. Ein Beispiel möge die Verflechtung der Module verdeutlichen: Der Modul 'allquer' zeichnet den Querschnitt eines Stahlprofils und liefert als numerisches Ergebnis alle Querschnittswerte (Fläche, Trägheitsmomente, statische Momente usw.). Der Modul 'egsprahm' ermittelt die Schnittgrößen eines Rahmens, der Modul 'Spannung' die Spannungen. Dieser letzte Modul verwendet sowohl die Ergebniswerte des ersten Moduls, die Querschnittswerte, als auch jene des zweiten Moduls, die Schnittgrößen. Nach dem Programmablauf sind die Werte in der Parameterdatei eingetragen,

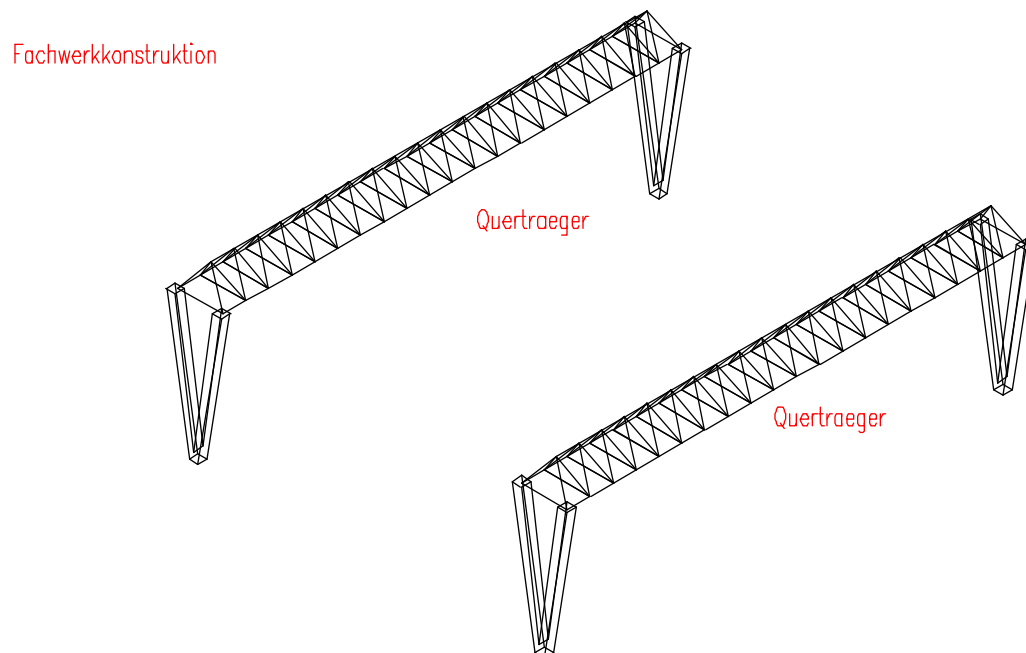
und das Plandokument enthält die Skizzen des Querschnittes, des Momenten- und des Spannungs-verlaufes.

Bei der Programmierung der Module wurden für die Graphik die GKS-Befehle verwendet. An Stelle der üblichen Routinen wurden hier eigene Routinen benutzt, die gemeinsam mit der Information über Maßstab, Einheiten, Lage der Teilzeichnung aus den Objektkoordinaten die richtige Zeichnungsinformation entwickeln. Dabei kann auch zwischen verschiedenen Ausgabeformaten (HPGL, DXF, Postskript und weiteren) gewählt werden.

6. Modulklassen

Die derzeit vorhandenen Module sind für den Entwurf im konstruktiven Ingenieurbau entwickelt worden. Querschnittsmodule für Stahlbeton-, Stahl- und Verbundquerschnitte werden ergänzt durch Module für den Spannungs- und Stabilitätsnachweis. Die Module zur Schnittgrößenermittlung sind teilweise Preprozessoren für ein Statikprogramm auf FE-Basis. Ein Anzahl von Modulen unterstützt die Erstellung von Schal- und Bewehrungsplänen.

Eine weitere Klasse bilden Module für dreidimensionale Objekte. Durch die Speicherung weiterer Parameter, den Winkeln für die geographische Breite und Länge, wird ein Blickrichtung festgelegt. Diese gestattet die Erzeugung einer Axionometrie im Plan. Gleichzeitig wird auch das vollständige 3D-Modell erstellt, das mittels CAD-Datenaustauschdatei vom CAD-Programm übernommen werden kann. Die Datenbank erlaubt damit auch die Speicherung von 3D-Objekten.



7. Diskussion

Ziel der Entwicklung war es mehrere Programmmodule, die zu einer Konstruktion gehören, zu verbinden. Die große Anzahl der Steuerungsparameter, die sich durch den Zusammenschluß

ergeben, macht die Handhabung der Programme schwierig, wenn nicht entsprechende Beispieldaten zur Verfügung stehen. Die Speicherung von Beispieldaten führt zur Anlage einer Datenbank, da für jeden Modul zumeist mehrere charakteristische Beispiele angegeben werden können. Durch die große Anzahl von Modulen (derzeit etwa achzig) ergeben sich sehr viele Kombinationsmöglichkeiten, wodurch wieder sehr großer Bedarf an Beispieldaten entsteht. Da aber alfanumerische Daten alleine wenig aussagen, ist unbedingt auch eine Graphik erforderlich. Es wurde der Weg gewählt, nicht auch noch die Graphiken zu archivieren, sondern diese bei Bedarf zu generieren.

Die in der Datenbank gespeicherte Konstruktion wird in einem Plan dargestellt, wofür verschiedene Graphikformate zur Auswahl stehen. Auch kann die erhaltene Graphik über die CAD-Datenaustauschnittstelle in ein Standard CAD-Programm eingelesen werden, um individuelle Anpassungen im CAD-System durchzuführen. Standardlösungen werden ohne CAD-System am Bildschirm ausgegeben oder zu Papier gebracht. Die Planerstellung ist somit unabhängig von CAD-System, unabhängig vom Betriebssystem und unabhängig von der verwendeten Hardware. Dadurch erscheint die Verwendung über einen längeren Zeitraum gewährleistet. Durch das Datenbankinterface wird die Berechnung von Varianten wesentlich erleichtert.

Kern des hier beschriebenen Konzeptes ist, die Konstruktionen über verbale Begriffe des Bauingenieurs festzulegen. Die Speicherung der zugeordneten numerischen Werte erfolgt in der Datenbank. Die Wahl der richtigen Begriffe ist nicht immer ganz leicht, aber von großer Bedeutung. Sie führen zu einer Beschreibungsform für Bauwerke, wie sie auch in technischen Berichten verwendet werden, wodurch auch jenen Personen, die nicht so sachkundig sind, die Bauwerke näher beschrieben werden können.

Literatur

[1] Weinwurm W., Speicherung technischer Zeichnungen in relationalen Datenbanken unter Einschluß der Methoden, mit denen diese generiert wurden, Diplomarbeit TU-Wien, 1996, Betreuer: Univ. Doz. H. Krzizek

[2] Cattell R.G.G., Object Data Management - Object-oriented and Extended Relational Database Systems, Addison-Wesley, 1994, Reading, Massachusetts, USA