Zeitschrift: Tec21
Herausgeber: Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein
Band: 129 (2003)
Heft: 46: Kultivierte Wildnis

Artikel: Modellieren mit Wandscheiben
Autor: Peric, Ljupko
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-108853

Nutzungsbedingungen
Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation
L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use
The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 18.02.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

1

Ljupko Peric

Modellieren mit Wandscheiben

Anhand eines Projektes für ein Geschäfts- und Wohnhaus in Baden wird das Modellieren mit Wandscheiben unterschiedlicher Lagerung und unter verschiedenen Belastungsarten vorgestellt. Dabei zeigt sich, dass durch den Einbezug von horizontalen Deckenlagern Lösungen möglich sind, die den Architekten durchaus entgegenkommen.

Scheiben sind Tragwerkselemente, die in ihrer Ebene belastet werden und im Wesentlichen einem ebenen Spannungszustand unterworfen sind. Ihr Trag- und Verformungsverhalten ist im Allgemeinen sehr komplex. Die klassische Biegelehre (Gültigkeit von Bernoullis Hypothese der eben bleibenden Querschnitte) kann bei solchen Elementen nicht angewendet werden. Darüber hinaus kann der Beitrag der Schubspannungen auf die Verzerrungen über die Querschnittshöhe nicht wie bei Biegeelementen vernachlässigt werden. Die Elastizitätstheorie liefert unter Berücksichtiung der Scheibenbeanspruchung und der Lagerungsbedingungen «genaue» Ergebnisse.

Infolge Wirkung der Membrankräfte in x- und z-Richtung entstehen über die Scheibendicke gleichmässig verteilte Zug-, Druck- und Schubspannungen. Diese können anhand von Hilfstabellen oder mit Hilfe gängiger FE-Programme (Finite Elemente) in ihrer Grösse und Richtung ermittelt werden.

Zürich und Stuttgart

Grosse Bedeutung kommt bei der Schnittkraftermittlung in Scheiben den *Näherungsverfahren* zu. Auf diesem Gebiet haben sich im europäischen Raum in den letzten 30 Jahren vor allem zwei Schulen etabliert. Die Zürcher Schule (Prof. Thürlimann und Prof. Marti) verwendet die so genannten Spannungsfelder bzw. Fachwerkmodelle, welche eine Anwendung des unteren oder statischen Grenzwertsatzes der Plastizitätstheorie darstellen.[1] Die Stuttgarter Schule (Prof. Leonhardt) hingegen setzt die Ergebnisse der Elastizitätstheorie und Modellstatik sowie Versuchsergebnisse um. Sie entwickelte Verfahren der Schnittgrössenermittlung an Wandscheiben analog den an einfachen Balken und Durchlaufträgern unter Anwendung der klassischen Biegelehre gemachten.[2]

Diese Verfahren ermöglichen dem Ingenieur anhand von einfachen Modellen (einfache Träger, Durchlaufträger und Fachwerke) und unter Berücksichtigung der jeweiligen Randbedingungen die Ermittlung der Druck- und Zugbeanspruchungen, die dann der Bemessung der Scheibe zugrunde gelegt werden. Für praktische Zwecke genügt zur näherungsweisen Bemessung von Scheiben aus Stahlbeton die Kenntnis der Spannungen im Zustand I (ungerissen), insbesondere die Richtung und Grösse der Hauptspannungen.

Lagerungsarten

Die Bilder 2 und 3 zeigen schematisch die grundsätzlich möglichen Lagerungsarten von Scheiben. Die direkte Lagerung kann auch mit einem vertikalen und einem horizontalen Lager erreicht werden. Die im

1
Wohn- und Geschäftshaus Falken in Baden. Rechts oben die Ruine Stein. Die Fassade umspannt als zweischichtige, nichttragende Glasmembran einen Baukörper, der sich um einen Innenhof entwickelt (Bild: Architekten)

System enthaltenen horizontalen Lager werden in der Regel durch die von den Scheiben getragenen Decken gebildet. Unerlässlich ist dabei das Vorhandensein weiterer vertikaler Elemente (z.B. ein Liftkern), die die von den Decken ausgehenden horizontalen Kräfte aufnehmen können. Dabei müssen die Krafteinleitung in die Decke sowie der Querzug in der Decke überprüft werden.

Ein solches Tragsystem hat eine für die Architektur ganz wichtige Eigenschaft: Die Wandscheiben können geschossweise, je nach Raumeinteilung, ihre Lage im Grundriss ändern und müssen nicht zwingend übereinander angeordnet werden.

Konstruktive Konsequenzen

Tür- und Fensteröffnungen, die einen beträchtlichen Flächenanteil einnehmen können und deren Grösse der Ingenieur nur bedingt beeinflussen kann, schwächen die sonst homogene Scheibenstruktur. Mittels geschickter Platzierung der Öffnungen können aber Krafteinleitungszonen sowie Druck- und Zuggurte gebildet werden, die der Wirkungsweise des Tragwerks Rechnung tragen. Die Öffnungen verändern das globale Tragverhalten der Scheiben nicht, allerdings müssen die lokalen Schnittkräfte der globalen Beanspruchung überlagert werden.

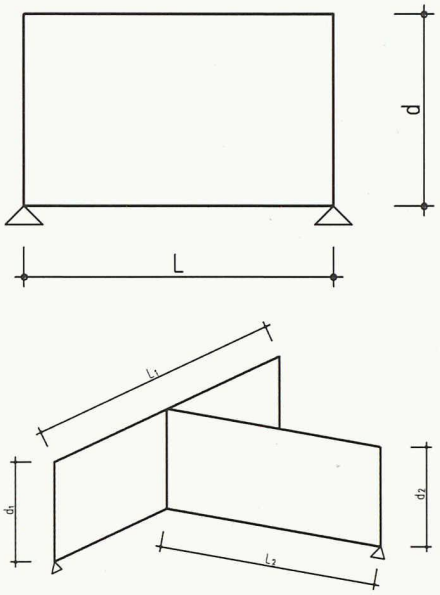
So entstehen z.B. in den Sturzecken starke lokale Spannungskonzentrationen. Die in dieser Zone erforderliche Bewehrung wird mit der am Rand der Aussparung angeordneten Aufhängebewehrung gekreuzt. Im Hinblick auf eine saubere konstruktive Durchbildung sind folgende Regeln zu beachten:

- Wandstärken von 30 bis 35 cm ermöglichen auch bei den mit abgekröpfter Armierung stark bewehrten Bauteilen eine saubere Bewehrungsführung.
- Es sollte ein feinkörniger, flüssiger Beton (in extremen Fällen ein SCC) verwendet werden.
- Für Armierungseisen mit Durchmesser 30 mm beträgt die Stosslänge fast 2 Meter. Durch den Einsatz geschraubter Bewehrung kann dies vermieden werden.
- Verankerungslängen können bei knappen Platzverhältnissen (z.B. am Wandscheibenende) durch die Verwendung von Verankerungsplatten bis auf den 7fachen Durchmesser reduziert werden.

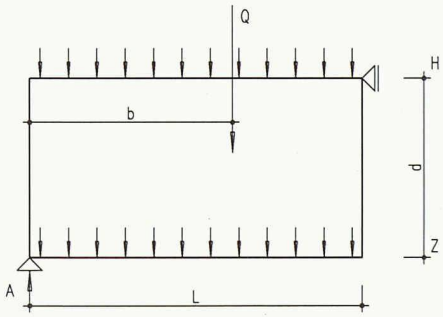
Scheibenkranz als Tragwerk

Burkard, Meyer Architekten planten in Baden AG am Schnittpunkt von historischer Altstadt und Neustadt ein siebengeschossiges Wohn- und Geschäftshaus (Bild 1). Das Gebäude entwickelt sich um einen gedeckten Hof, umspannt wird es von einer zweischichtigen, nichttragenden Glasmembran.

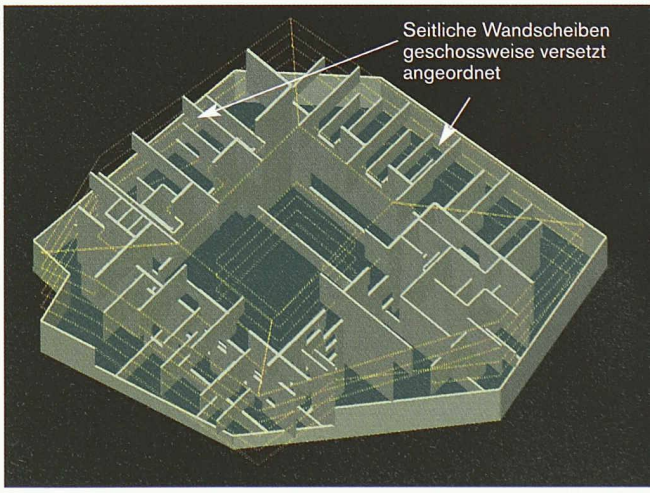
Um den Innenhof liegt ein Kranz, der im Wesentlichen das Tragwerk darstellt. In jedem Geschoss werden je nach Raumeinteilung tragende Querwände angeordnet, die ihrerseits nur an einem sich auf dem Kranz befindenden Punkt fest gelagert sind (Bild 4). Die



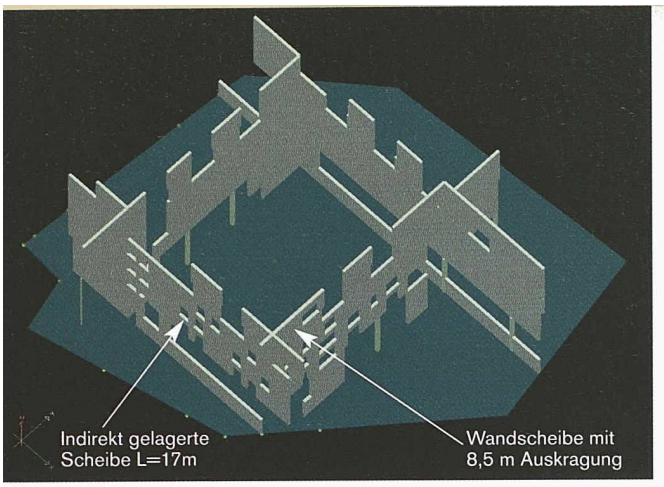
2
Schematische Darstellung von direkter und indirekter Lagerung von Wandscheiben (Bilder: Autor)



3
Statisches Modell einer durch Einbezug der Decke horizontal gelagerten Wandscheibe (Bild: Autor)

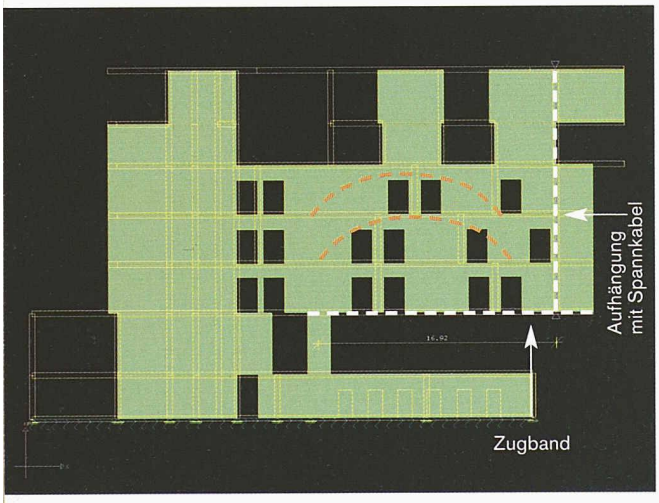


4
Die vertikale Tragstruktur besteht aus dem Hauptkranz und den Querwänden (die jeweils nicht übereinander liegen müssen). Gestrichelt dargestellt sind die projizierten, als Zugband wirkenden Geschossdecken (Bild: Ingenieure)



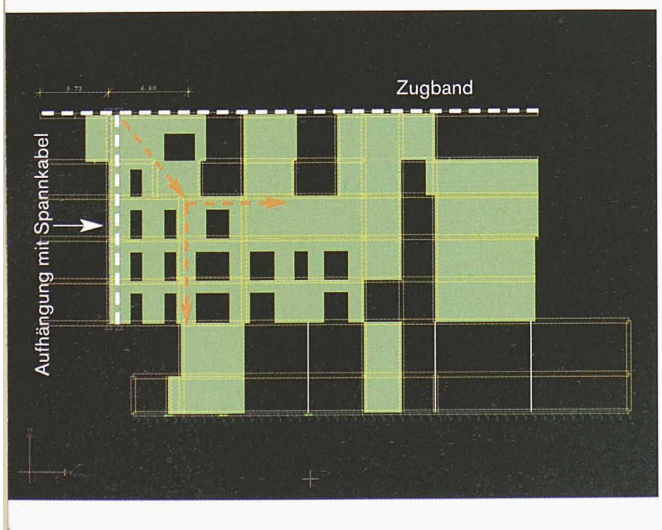
5

Ein siebengeschossiger Wandscheibenkranz umschliesst den Innenhof. An diesen sind geschossweise seitlich auskragende Scheiben «angehängt». Die Fassade ist nichttragend, die Tragwände der verschiedenen Geschosse müssen nicht unbedingt übereinander liegen



6

Indirekt gelagerte Scheibe mit einer Spannweite von etwa 17 Metern und einer Dicke von 35 cm (Scheibe links unten auf Bild 4). Vorspannkabel als Zugbänder (weiss) und Decken (orange) als Druckgurte



7

Auskragende Wandscheibe mit einer Spannweite von ca. 8,5 Metern. Am linken Rand ist die in Bild 6 dargestellte Wandscheibe aufgehängt. Vorspannkabel als Zugbänder (weiss). Orange markiert die Druckkrafteinleitung. Wanddicke 40 cm

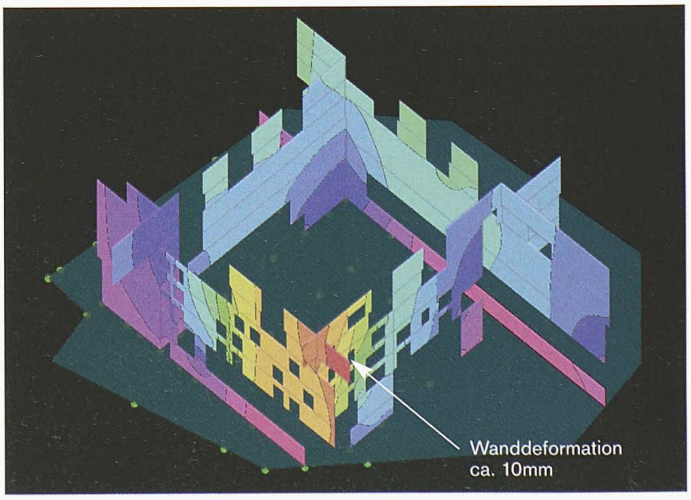
Geschossdecken wirken dabei als geschlossene Zugbänder und bilden damit das erforderliche horizontale Lager der geschossweise versetzt angeordneten Wandscheiben. Aus konstruktiven und ausführungstechnischen Gründen wurden Wandstärken von 35 und 40 cm gewählt.

Die Bilder 5 bis 7 zeigen den Haupttragwerkskranz ohne die Querwände, sowie jeweils eine ebene Darstellung von zwei Scheiben des Kranzes. Weiss eingezeichnet sind die Zugbänder und die Aufhängebewehrung aus Vorspannkabeln. Zusammen mit den Druckzonen (orange) verdeutlichen sie die Wirkungsweise der indirekt gelagerten (Bild 6) und der auskragenden Scheiben (Bild 7). Bei letzterer zeigen die orangen Pfeile die Druckkrafteinleitung aus der indirekten Lagerung.

Die Grenzen der zweidimensionalen Tragwerksanalyse

Bei komplexen Tragstrukturen ist es sinnvoll, an einfachen Ersatzmodellen einen klaren und sauberen Kräfteabtrag zu verdeutlichen. Ebenso ist es sinnvoll, die Dimensionen der Wandscheiben mit konservativ gewählten Betondruckfestigkeiten zu bestimmen. Schwieriger wird es bei der Ermittlung der Verformungen der einzelnen Wandscheiben und der gesamten Struktur. Hier stösst eine auf die Ebene beschränkte Denkweise an ihre Grenzen. Abhilfe schaffen EDV-Programme für die dreidimensionale Tragwerkanalyse.

Die geometrischen Nichtlinearitäten werden bei diesen Programmen meistens erfasst, während im Hinblick auf die mechanischen Materialeigenschaften in der Regel ein ideal linearelastisches Materialgesetz der Ermittlung der Schnittgrössen und Verformungen zu Grunde gelegt wird. Somit ist es möglich, genauere elastische Deformationen des Systems und der einzelnen Bauteile zu ermitteln. Es liegt in der Natur der räumlichen



8

Deformationen des tragenden Scheibenkranzes. Unten in der Mitte liegt die Ecke mit der auskragenden und der indirekt gelagerten Wandscheibe (Bilder: Ingenieure)

Tragwerksanalyse, dass die Wandelemente als Teile einer 3D-Struktur einem allgemeinen (und nicht einem ebenen) Spannungszustand unterworfen und als solche analysiert werden (Bilder 8 und 9).
Sache des Ingenieurs ist es, diese Ergebnisse zu interpretieren und die Langzeitentwicklung der Deformationen sowie Arbeitsregime (d.h. die statische Wirkungsweise) der einzelnen Bauteile zu prognostizieren.
Was hingegen nicht funktioniert: mangelnde konzeptionelle Überlegungen und nicht durchdachte Tragsysteme durch den Einsatz von Software kompensieren zu wollen.

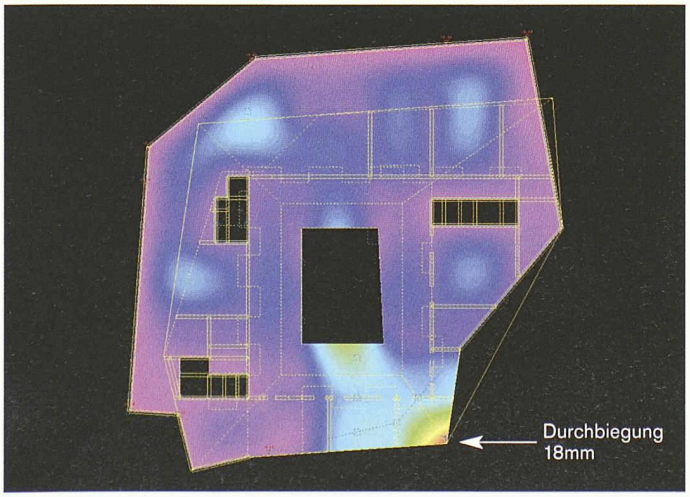
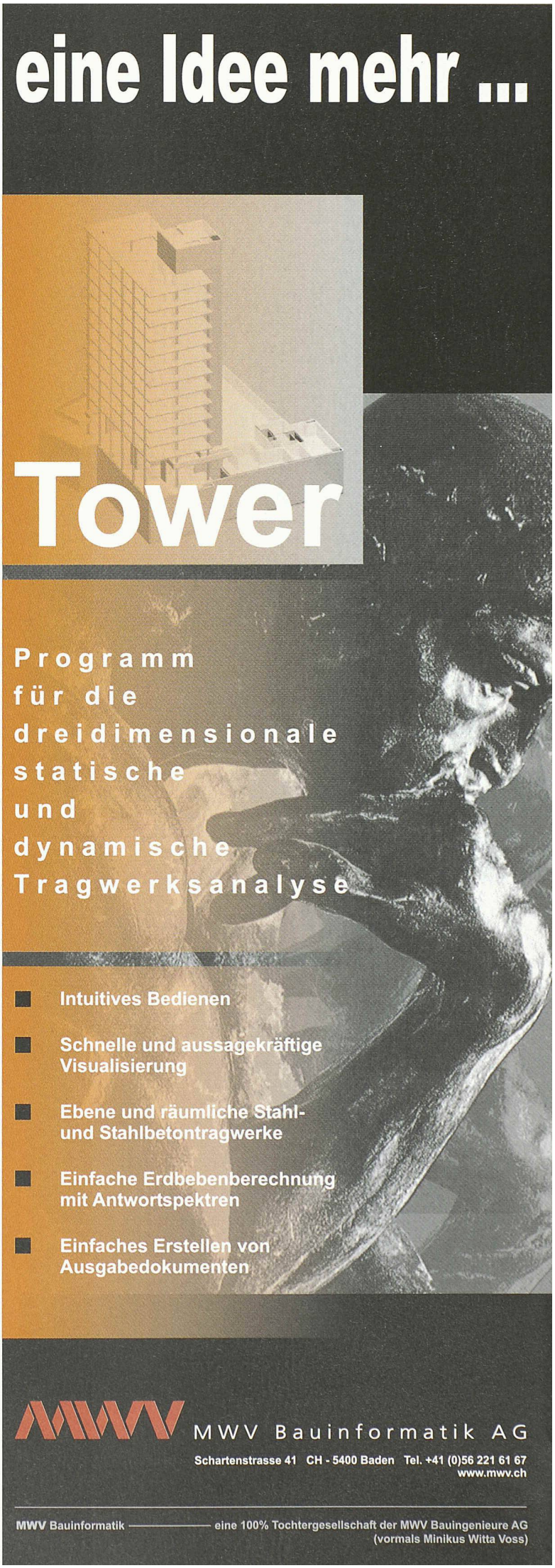
Ljupko Peric, dipl. Bauing. SIA. MWV Bauingenieure AG Zürich und Baden (vormals Minikus Witta Voss). l.peric@mwv.ch.
MWV entwickelt mit und vertreibt ein EDV-Programm für die dreidimensionale Tragwerksanalyse

Literatur

1 B. Thürlimann, P. Marti, J. Pralong, P. Ritz, B. Zimmerli: Anwendung der Plastizitätstheorie auf Stahlbeton. IBK ETH Zürich, 1983.
2 F. Leonhardt; E. Mönnig: Vorlesungen über Massivbau Teil 2. Springer Verlag, 1986.
3 P. Marti, M. Alvarez, W. Kaufmann, V. Sigrist: Tragverhalten von Stahlbeton. IBK ETH Zürich, 1999.

AM PROJEKT BETEILIGTE

BAUHERR
Denner AG, Zürich
ARCHITEKTEN
Burkard, Meyer Architekten BSA, Baden
BAUINGENIEURE
MWV Bauingenieure, Zürich und Baden



9
Deformationen in der Decke über dem Erdgeschoss. Es entsteht eine Überlagerung der Durchbiegungen infolge Deckenauflasten mit den Deformationen der Wandscheiben (Bild: Ingenieure)