

Nutzungsgerechter Bau einer schweren Industriehalle

Autor(en): **Gehri, Ernst**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **IABSE reports of the working commissions = Rapports des commissions de travail AIPC = IVBH Berichte der Arbeitskommissionen**

Band (Jahr): **22 (1975)**

PDF erstellt am: **05.07.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-19382>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

III

Nutzungsgerechter Bau einer schweren Industriehalle

Heavy Industrial Building

Halle pour l'industrie lourde

Ernst GEHRI
 Dipl. Ing. ETH
 Eidg. Technische Hochschule
 Zürich/Schweiz

0. Einleitung

Am Beispiel einer Halle für den Schwermaschinenbau wird gezeigt, wie dank der geschickten Ausnützung der räumlichen Tragwirkung ein wirtschaftlicher Entwurf entstand. Dadurch konnten, trotz der hohen Kranlast (2 gekoppelte Krane zu je 250 t Tragkraft) und der Hubhöhe von 24 m, die weitgehenden Ansprüche bezüglich Flexibilität erfüllt werden. Binderabstände von 25 m erlauben jederzeit den Anbau von Querhallen oder den Einbau grosser Hallentore. Gefordert war der Entwurf einer Halle mit 30 m Spannweite und 100 m Länge, ausbaubar auf 250 m. Als Baugrund lag in Meeresnähe durch Sandschüttung gewonnenes Neuland zur Verfügung, so dass für alle Foundationen Pfähle angeordnet werden mussten.

1. Konzept für die Tragstruktur

Für die Wahl der Tragstruktur war vor allem die wirtschaftliche Ableitung der hohen Horizontalkräfte aus Wind (Gebäudehöhe 32 m) und der Kranseitenkräfte (auf 24 m über Boden wirkend) in den Baugrund massgebend. Für den vorliegenden Baugrund wäre eine räumliche Tragstruktur mit steifen, ausgefachten Giebelwänden die geeignetste Lösung. Die gewünschte Erweiterungsmöglichkeit (Verlängerung der Halle) verunmöglichte dies, so dass die Horizontal- und Vertikallasten weitgehend durch jede Tragebene in den Baugrund abzuleiten waren.

Die räumliche Tragwirkung, die durch die Verbindung der einzelnen Tragebenen untereinander erreicht wird, ist weitgehend ohne Einfluss auf die Ableitung der Windkräfte, ist aber von grosser Bedeutung für die Weiterleitung der wandernden Kranlasten.

Gewählt wurde die folgende Tragstruktur: Tragebenen gebildet aus eingespannten Rahmen, räumliche Wirkung für wandernde Lasten durch Anordnung von durchlaufenden Verbänden in der Dachebene und durchlaufender (vertikal und horizontal), kastenförmiger Kranbahnträger.

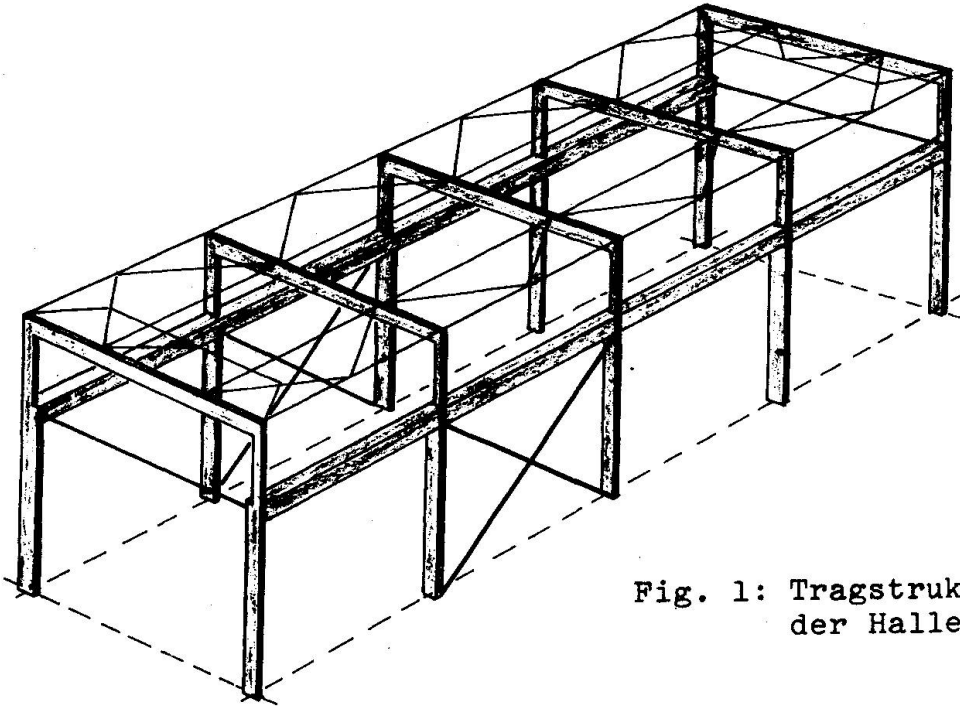


Fig. 1: Tragstruktur der Halle

2. Entwurfskriterien

Unter Berücksichtigung der festgelegten Tragstruktur galt es Entwurfsgrundlagen aufzustellen, die zu einem wirtschaftlichen Entwurf führen bei gleichzeitiger Erfüllung der verschiedenen Nutzungskriterien.

- Bindertyp: Da neben genügender Tragfähigkeit auch die Steifigkeitsanforderungen zu erfüllen sind, zeigte sich von den verschiedenen Bindertypen (Zweigelenkrahmen, Binder auf eingespannten Stützen, eingespannte Rahmen) der eingespannte Rahmen als der zweckmässigste Typ, da er bei mittleren Einspannmomenten (Pfahlfundation) mit den kleinsten Bauabmessungen auskommt.
- Kranbahnträger: Die festgelegte Tragstruktur verlangt einen durchgehenden Horizontalverband auf Kranbahnhöhe. Dies ist nur erfüllbar mit einem gleichzeitig durchlaufenden Kranbahnträger.

Durchlaufende Kranbahnträger werden für schwere Kranbahnen selten ausgeführt, u.a. wegen der Setzungsempfindlichkeit, der schwierigen Aufnahme negativer Auflagerkräfte, aber auch wegen der Schäden, die an den Befestigungen der Kranbahnträger an den Stützen auftreten. Bei grossen Binderabständen wird der relative Einfluss von Stützensenkungen kleiner. Die Schäden an den Befestigungen sind auf die Unverträglichkeit der Verbindungsart mit den auftretenden Kräften und Verformungen zurückzuführen, wobei dies, wenn auch in kleinerem Masse, auch für einfach gelagerte Kranbahnträger gilt.

Durch "weichere" Befestigung des Trägers an die Stütze versucht man die Schäden möglichst klein zu halten. Generell sollte stets eine Lösung angestrebt werden, die diese Zwängungen vermeidet oder dann statisch und konstruktiv berücksichtigt.

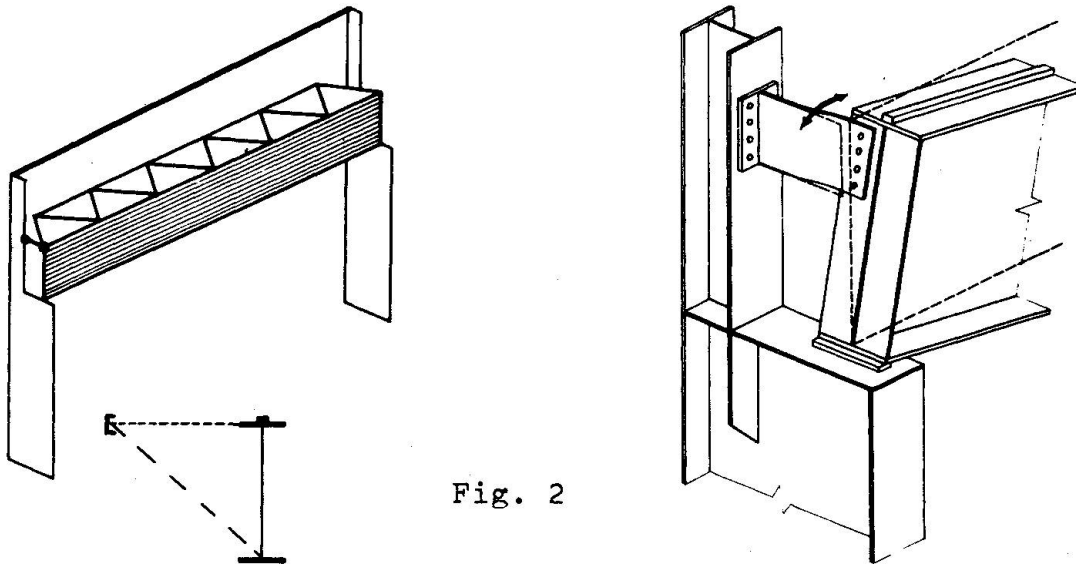


Fig. 2

Bei einem durchlaufenden Kranbahnträger müsste - um diese Zwängungen zu vermeiden - der Horizontalverband längsverschieblich aber querkraftschlüssig an die Stütze angeschlossen sein. Ein direkter, steifer Anschluss des Horizontalverbandes ist statisch gleichbedeutend mit einer biegesteifen Verbindung des Kranbahnträgers mit der Stütze.

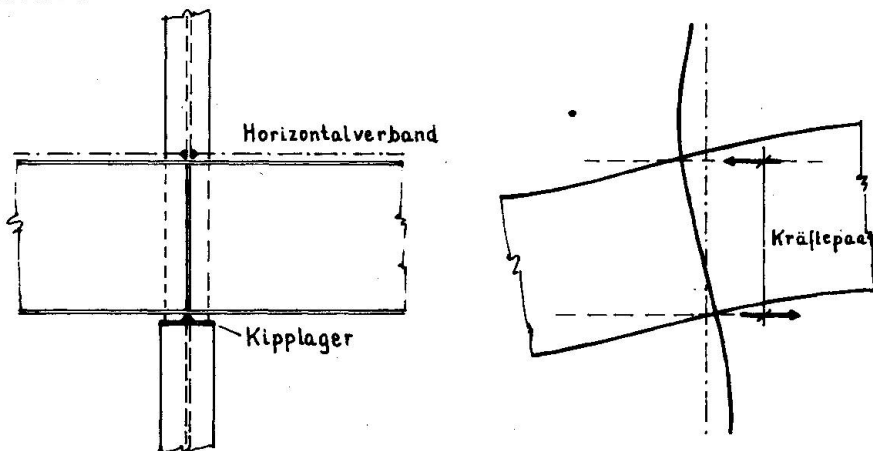


Fig. 3

Da diese Verbindungen nicht für die auftretenden Kräfte bemessen werden, treten bereits nach kurzer Zeit Schäden auf.

Als Entwurfskriterium ergab sich somit, dass bei durchlaufender Ausbildung des Kranbahnträgers und des Horizontalverbandes die einwandfreie Lösung der Verbindung Träger/Stütze in einer biegesteifen Ausbildung zu suchen war.

- **Binderabstand:** Der Binderabstand sollte, um die Nutzung zu erleichtern, möglichst gross gewählt werden. Da die Spannweite der Querhallen zu 25 m festgelegt war, kamen sowohl ein Binderabstand von 12,5 m als auch einer von 25 m in Frage.

Selbst bei höherem Stahlaufwand ist der grössere Binderabstand vorzuziehen, da neben der grösseren Flexibilität (keine Zwischenstützen, die den Zugang zu den Querhallen beeinträchtigen) eine geringere Anzahl arbeitsintensiver Träger-Stützen-Durchdringungen (Knoten) vorkommt.

Massgebend für die Biegebeanspruchung der Binder sind die Windlasten und die wandernden Kranlasten. Die Momente infolge Windlasten sind dabei direkt proportional zum Binderabstand. Die Momentenanteile aus den Kranlasten hängen von der Grösse und Verteilung der Kranlasten sowie vom Steifigkeitsverhältnis Kranbahnträger/Binder ab.

Als Entwurfskriterium wurde nun festgelegt, dass der Binderabstand stets grösser sein soll, als derjenige bei dem die Kranlasten gleiche Biegebeanspruchung hervorrufen wie die Windlasten.

Obiges Kriterium ist nur zweckmässig, falls die max. Windlasten und die max. Kranlasten gleiche Wahrscheinlichkeit des Auftretens haben, wie dies bei einem leichten Kranbetrieb der Fall ist. Für schweren Kranbetrieb (häufiges Erreichen der max. Kranlasten) sollte entsprechend der Anteil aus den Kranlasten kleiner gehalten werden. Dies kann durch eine steifere Ausbildung des Kranbahnträgers (bessere Verteilung der Kranseitenkräfte auf mehrere Binder) und durch die Wahl eines grösseren Binderabstandes erreicht werden.

- Querschnittsform: Sowohl die Stützen als auch der Kranbahnträger werden in zwei Richtungen auf Biegung beansprucht, so dass eine kastenförmige Ausbildung zweckmässig ist. Dabei sind für die Abmessungen folgende Kriterien einzuhalten:
 - Kranbahnträger: Die Breite des Trägers ist gleich der Tiefe der Stützen zu wählen. Dadurch erhält man eine einfachere Knotenausbildung und eine reichliche Breite mit einer entsprechend grossen seitlichen Steifigkeit zur Aufnahme der Kranseitenkräfte. Die Höhe des Trägers ergibt sich aus statischen und Steifigkeitsanforderungen.
 - Stütze: Die Tiefe der Stütze soll einerseits möglichst gering gehalten werden (grösste nutzbare Hallenbreite) und andererseits den Steifigkeitskriterien genügen. Die Breite der Stütze ist möglichst klein zu halten. Durch die geringe Steifigkeit der Stütze um diese Achse können die Zusatzbeanspruchungen aus der Rahmenwirkung längs zur Halle infolge vertikaler Kranlasten klein gehalten werden.

Die Aufstellung obiger Entwurfskriterien erlaubte die rasche Auffindung eines allen Anforderungen gerechten und wirtschaftlichen Entwurfes.

3. Konstruktive Ausbildung

Der Binder weist folgende Ausbildung auf: kastenförmige Stützen mit sich verjüngendem Teil oberhalb der Kranbahn; kastenförmiger Riegel. Die geschlossenen Längssteifen (Beulsteifen) sind aus Herstellungsgründen aussen angeordnet.

Die konstruktive Gestaltung nahm Rücksicht auf einen kontinuierlichen Kräfteverlauf, ebenso wurden eine einfache Herstellung und ein geringer Unterhalt angestrebt. Durch die glatten Aussenflächen wurde zugleich ein entscheidender Beitrag zu einem dauerhaften Korrosionsschutz geleistet. Alle Innenräume sind begehbar und dauernd zu Kontrolle und Unterhalt zugänglich.

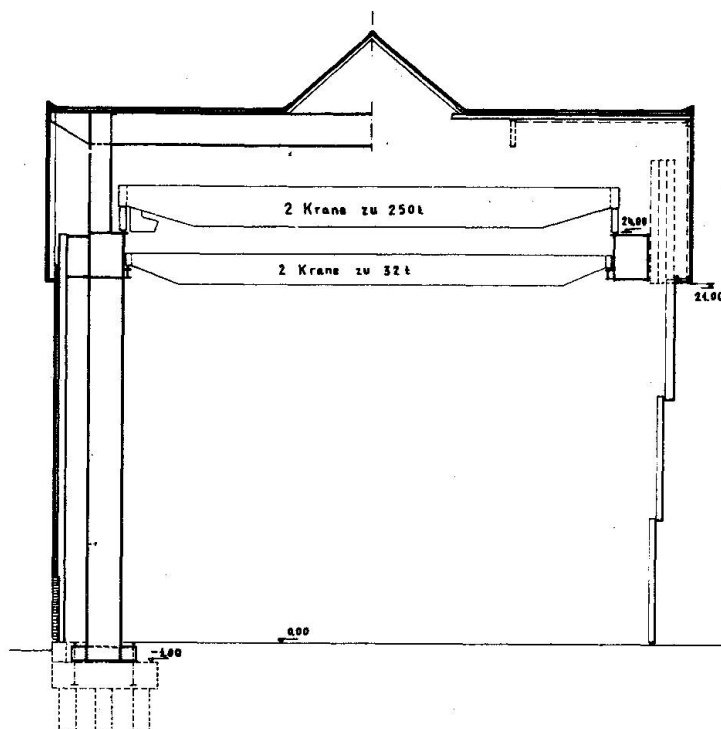


Fig. 4: Querschnitt der Halle

4. Einfluss der räumlichen Mitwirkung

Anhand des Lastfalles zweier gekoppelter Krane mit je 250 t Last über dem mittleren Binder soll der günstige Einfluss der räumlichen Tragwirkung auf die Bemessung der Binder und deren Fundamente gezeigt werden, wobei nicht nur die seitliche Biegesteifigkeit der Kranbahnträger sondern auch ihre Torsionssteifigkeit berücksichtigt wurden.

Vergleichsweise wurden die folgenden vier Tragstrukturen untersucht:

- Tragebenen (Binder) einzeln wirkend; Kranbahnträger als einfache Balken ausgebildet
- Tragebenen (Binder) auf Dachebene durch zwei fachwerkförmige Längsverbände gekoppelt; Kranbahnträger als einfache Balken ausgebildet
- Tragebenen durch den durchlaufenden, kastenförmig ausgebildeten Kranbahnträger gekoppelt (ohne Dachverbände)
- wie c jedoch mit zusätzlichen Dachverbänden

Die Berechnung wurde für gleiche Stabsteifigkeiten und Belastungen durchgeführt.

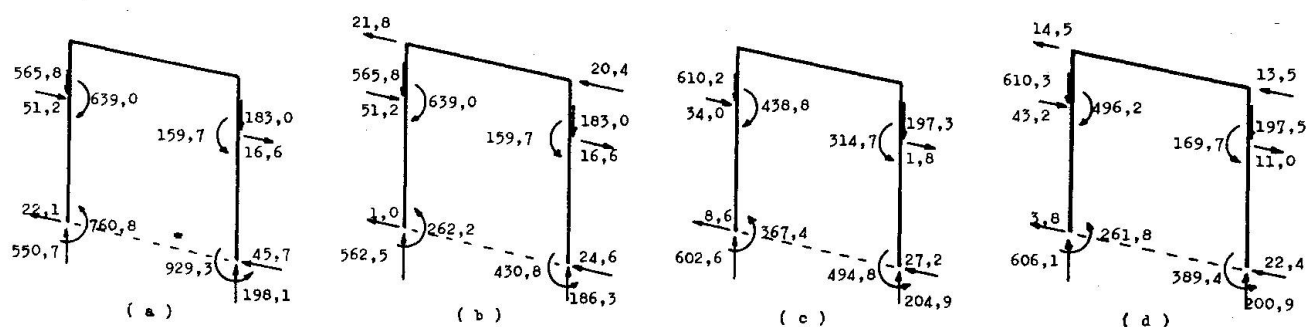


Fig. 5: Am Binder wirkende Kräfte (in t und mt)

Aus der folgenden Darstellung des herausgeschnittenen mittleren Binders mit den an ihm wirkenden Kräften, wird das unterschiedliche Verhalten der vier Tragstrukturen ersichtlich. Die Anordnung eines durchlaufenden steifen Dachverbandes (Variante b) oder die durchlaufende Anordnung des Kranbahnträgers (Variante c) führt zu ähnlichen Beanspruchungen der Fundamente. Die Biegesteifigkeit des Kranbahnträgers bezüglich Querlasten ist dabei nur $1/4$ derjenigen des Dachverbandes. Die Kombination beider Elemente (Variante d) bringt für diese kurze Halle wenig mehr (Reduktion der max. Momente und Ausbiegungen um 10 % gegenüber Variante b).

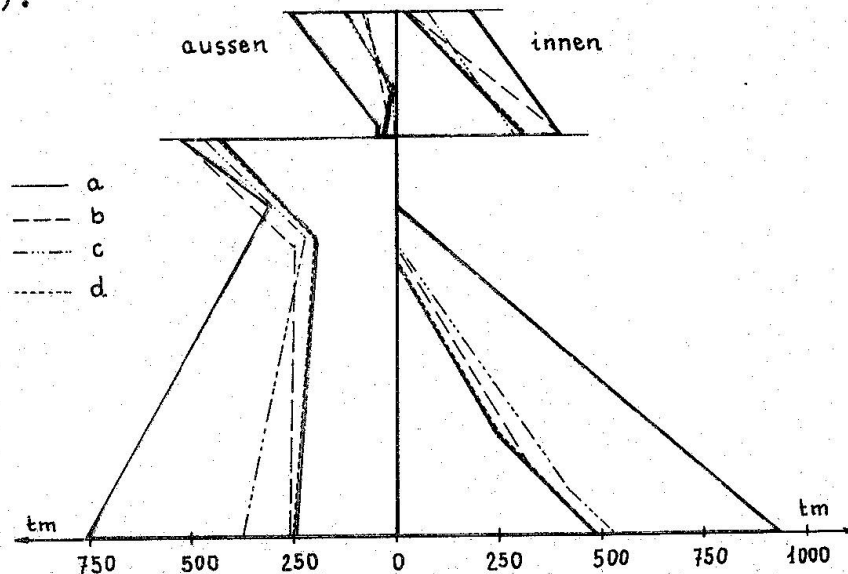


Fig. 6: Vergleich der max. Momente in den Stützen

Wie aus Fig. 6 ersichtlich, konnten die max. Momente aus Kranbelastung für die Stütze auf fast die Hälfte und für den Riegel auf weniger als die Hälfte reduziert werden. Von Bedeutung - wegen der ausserordentlich teuren Foundation - ist die Verminderung des Einspannmomentes und der Horizontalkräfte.

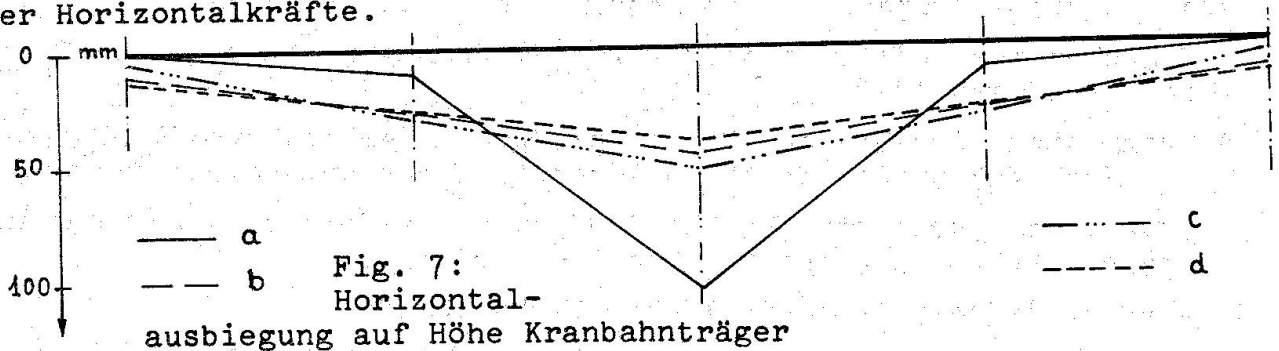


Fig. 7:
Horizontal-
ausbiegung auf Höhe Kranbahnträger

Bei gleicher Rahmensteifigkeit ergeben sich zudem ohne räumliche Mitwirkung doppelt so grosse Horizontalverformungen, so dass schon aus diesem Grunde für die Variante a (ungekoppelte Binder) steifere und schwerere Stützen- und Riegelquerschnitte erforderlich sind.

5. Schlussfolgerung

Tragstrukturen mit räumlicher Tragwirkung können trotz wirtschaftlicher Ausbildung auch bezüglich Flexibilität weitgehenden Ansprüchen genügen, sofern beim Entwurf bereits darauf Rücksicht genommen wird. Durch großzügige Gestaltung und Bemessung kann dem Nachteil eines schwierigeren Umbaus oder Verstärkung begegnet werden.