

Long Carbon Europe  
Sections and Merchant Bars



ArcelorMittal

## Bauen im Bestand mit Stahlprofilen





Die Kombination von alten  
und neuen Materialien fördert  
die architektonische Vielfalt

# Inhalt

1. Einführende Bemerkungen	2
2. Stahlbausysteme und Konsolidierungsstufen	10
3. Renovierung von gemauerten Bauwerken	26
4. Renovierung von Stahlbetontragwerken	38
5. Renovierung von Eisen- und Stahltragwerken	44
6. Seismische Nachrüstung	54
7. Anbauten	68
Technische Beratung & Anarbeitung der Träger	78
Ihre Partner	79





## 1. EINFÜHRENDE BEMERKUNGEN

1.1	Allgemeines	4
1.2	Funktionelle Aspekte	5
1.3	Vorteile von Stahl in der Sanierung	6
1.4	Sanierungsgrundlagen	7
1.5	Anwendungsgebiete	8



# 1.1 Allgemeines

Die Sanierung bestehender Bauwerke der letzten Jahrhunderte (Gebäude und Brücken) ist ein aufstrebender Sektor der Bauindustrie. Seit den 70er-Jahren kann beobachtet werden, dass die Bauindustrie sich mehr und mehr der Konsolidierung, Erneuerung und Modernisierung alter Gebäude widmet.

Alte, gemauerte Gebäude entsprechen häufig durch Alterung und Abnutzung nicht mehr den heutigen Anforderungen und weisen entsprechende Spuren der Zeit auf. Folglich benötigen sie eine bauliche Ertüchtigung und funktionelle Erneuerung. Aber auch immer mehr neuere Gebäude aus Stahlbeton benötigen aufgrund ihres schlechten Zustandes instandhaltende Maßnahmen.

Um diese bestehenden Bauwerke zu erhalten und zu schützen, sind in den letzten Jahrzehnten viele Konsolidierungs- und Sanierungsverfahren getestet und angewendet worden. Stahlbau spielt bei diesen Aktivitäten eine wichtige Rolle.

Die Sanierungs- und Konsolidierungsarbeiten, besonders im Fall komplexer monumentaler Gebäude, erfordern eine sehr sorgfältige Auswahl neuer Baumaterialien. Diese neuen Materialien müssen auf die vorhandenen Materialien abgestimmt werden.



		NEUE MATERIALIEN FÜR VERBUNDKONSTRUKTIONEN Materialien für die Konsolidierung (Medizin)				
		STAHL	BETON	MAUERWERK	HOLZ	FRP
BESCHÄDIGTE STRUKTUR (ERKRANKUNGEN)	STAHL	++				+
	BETON	++	+			+
	MAUERWERK	++	+	+	+	+
	HOLZ	++			+	+

Man kann zwischen den neuen Materialien, die die so genannte „Medizin“ repräsentieren, und den alten, „geschädigten“ Materialien unterscheiden. Als „Medizin“ können sowohl traditionelle Materialien, wie Zement, Mörtel, Stahlbeton und Stahl verwendet werden, als auch neue Materialien, wie Spezialmörtel, faserverstärkte Polymere (Fibre Reinforced Polymers - FRP) und Mischmaterialien, moderne Metalle (höherfeste Feinkornstähle, rostfreier Stahl, etc.) sowie passiv reagierende Kontrolltechnologien zum Schutz vor Schädigungen durch Erdbeben.

Das Problem wird durch die Aufstellung einer Vergleichstabelle ersichtlich, in der alle „medizinischen“ Materialien (Konsolidierungsmaterialien) und alle „geschädigten“ Materialien (die zu der beschädigten Struktur gehören) aufgeführt sind und die neue Verbundmaterialien bilden. Hauptziel der Konsolidierung ist es, aus allen in der Matrix möglichen Kombinationen die geeignete auszuwählen. Stahlbau repräsentiert immer die „Medizin“ für alle „geschädigten“ Materialien.

Aus diesem allgemeinen Überblick über mögliche Konsolidierungssysteme bleibt festzuhalten:

- Die Konsolidierungssysteme aus Zement und Betonmaterialien sind weit verbreitet. Vor allem bei der seismischen Aufwertung von Konstruktionen in Form von Injektionen und/oder Stahlbetonelementen ist ihre Kompatibilität mit den Mauerwerken der alten architektonischen Gebäude fragwürdig und sie sind nicht reversibel.
- Die Konsolidierungssysteme aus Polymer und Verbundmaterialien sind sehr neu. Es gibt nur wenig Erfahrung über ihre Dauerhaftigkeit, und ihre Reversibilität ist ebenfalls fragwürdig.

- Die Konsolidierungssysteme aus Stahl werden großflächig und erfolgreich in Konstruktionen von üblichen und monumentalen Gebäuden aus Mauerwerk und Stahlbeton verwendet.
- Der Gebrauch von Kontrolltechnologien ist noch in der Pilotphase, aber sie versprechen großflächige Anwendungen in der Zukunft.

Die Analyse von Beispielen aus der ganzen Welt zeigt, dass mit Bezug auf die Stabilität Stahlbausysteme die komplexen Anforderungen der verschiedenen Konsolidierungsebenen erfüllen, die bei der Sanierung bestehender Bauwerke anfallen. Sie genügen auch den strengen Anforderungen der Sanierungsprinzipien für architektonische Bauwerke.



# 1.3 Vorteile von Stahl in der Sanierung

1.3.2



Der Gebrauch von Stahl in der Konsolidierung und Sanierung von Tragstrukturen nutzt die folgenden charakteristischen Eigenschaften aus:

- *Vorfertigung* erlaubt die Erstellung der Hauptelemente in der Werkstatt, unter Berücksichtigung der Bedingungen beim Transport und der Baustelle. Vor Ort müssen sie nur noch verschraubt werden.
- *Austauschbarkeit* ist eine Haupteigenschaft von Stahlbausystemen, so kann man die Schraubverbindungen nicht nur für dauerhafte, sondern auch für provisorische Konstruktionen verwenden.
- *Geringes Gewicht* der Bauelemente, dank dem hohen Festigkeits- zu Gewichts-Verhältnis, vereinfacht den Transport und die Montage und minimiert die zusätzlichen Lasten auf das bestehende Tragwerk (Abbildung 1.3.1).
- *Reduzierte Abmessungen* der Bauelemente als Folge der hohen Effektivität von Stahltragssystemen vereinfachen den Austausch und/oder die Integration von existierenden Bausystemen durch neue Tragelemente.

- *Ästhetik* von Stahlelementen ist von Bedeutung, wenn durch die Verbindung von alten und neuen Materialien architektonische Kontraste gesetzt werden sollen (Abbildung 1.3.2).
- *Schnelligkeit* der Montage ist immer ein Vorteil, insbesondere in den Fällen, in denen die Sanierung besonders schnell erfolgen muss, z.B. um den Zerfallsprozess des Bauwerks zu stoppen und/oder um dessen schnellen Schutz zu gewährleisten.
- *Verfügbarkeit* einer großen Palette von Stahlprodukten ist wichtig, um alle Bemessungs- und Montagewünsche erfüllen zu können, und das mit einer möglichst großen Flexibilität. Stahl bietet ein großes Angebot an Produkten: von warmgewalzten Trägern, U-Profilen, Winkeln bis zu vorgefertigten Elementen wie Lochstegträger (ACB), integrierte Deckenträger für Flachdecken IFB-/SFB-Träger, Trapezbleche usw.

All diese Eigenschaften machen Stahl zu der optimalen Technologie für Konsolidierungen aller Bauelemente aus Mauerwerk, Stahlbeton, Holz und natürlich Eisen bzw. Stahl selbst.

1.3.1





Wird ein historisch wertvolles Gebäude saniert, ist die Sanierung oft besonders schwierig. Die Hauptkriterien, nach denen eine Restauration dann erfolgt, liegen vor allem in der Erhaltung bestehender Gebäudeelemente und in der Integration neuer Bausysteme, die notwendig sind, um die Funktionalität des Gebäudes zu erhalten. Diese modernen Bausysteme müssen vor allem unterscheidbar und umkehrbar sein, damit sie einfach wieder entfernt werden können, ohne die bestehende Struktur zu zerstören.

Die verschiedenen internationalen Sanierungsvorgaben zeigen die eigentliche Unvereinbarkeit der Rekonstruktion mit veralteten Methoden, die aus verschiedensten, aber vor allem aus technischen Gründen nicht länger anwendbar sind. Andere Gründe hängen wohl eher mit sentimental Gefühlen einer Bautradition, mit neuen funktionalen Wünschen und dem Mangel an Verfügbarkeit von alten Materialien zusammen. Gleichzeitig deuten diese Vorgaben, besonders in den Fällen, in denen Sanierung einen Umbau mit Teilrestauration erfordert, den Bedarf von passenden modernen Technologien und Materialien an.

Insbesondere legt die Charta von Venedig (1964) fest, dass die Integration von Bausystemen durch die *„Charakteristika unserer Zeit“* gekennzeichnet sein muss, und *„wenn die traditionellen Techniken ineffektiv sind, muss die Konsolidierung der Baudenkmäler durch modernste Techniken für Bau und Erhaltung gewährleistet werden, deren Effektivität durch wissenschaftliche Daten und Erfahrung belegt ist“*.

Die logische Anwendung dieser Prinzipien zeigt unzweifelhaft, dass Stahl, als Material genauso wie als Technologie, die notwendigen Vorteile eines modernen Materials zusammen mit umkehrbaren Eigenschaften hat, besonders passend zur Abstimmung mit Materialien der Vergangenheit, um so ein integriertes Bausystem zu bilden. Außerdem wird Stahl vor allem wegen seiner ausgezeichneten mechanischen Eigenschaften und der Flexibilität der Bausysteme ausgewählt.

Bausysteme aus anderen Materialien (Zement, Mörtel, Naturstein, Polymer, Mischungen, usw.) erfüllen nicht immer die Anforderung der Reversibilität.

Schließlich stimmt die Verwendung von Stahl in der Erhaltung von alten Denkmälern und Gebäuden mit den Kriterien der modernen Theorie der Sanierung perfekt überein. Stahl ist daher in der Sanierung der verschiedensten Baudenkmäler und historischen Gebäude weit verbreitet, auch in der Form von Kontrolltechnologien zum seismischen Schutz dieser Gebäude.

# 1.5 Anwendungsgebiete

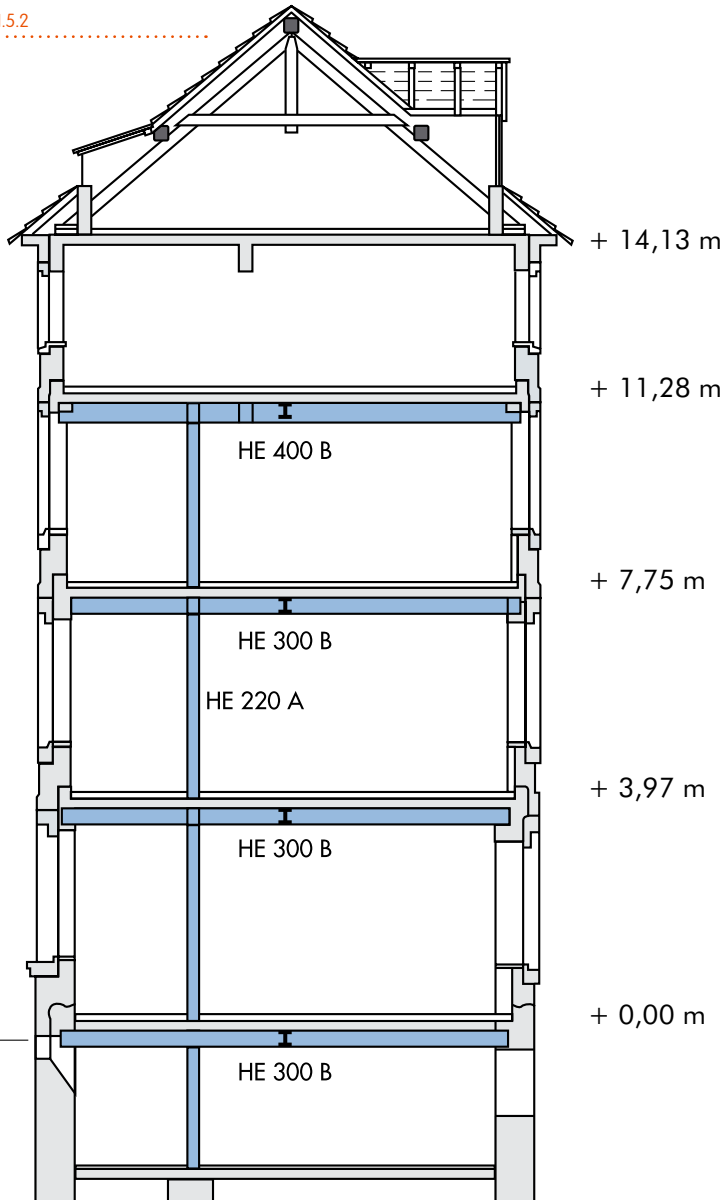
Passende Beispiele für Sanierung, Erneuerung, Erhaltung und Erweiterung mit Stahlkonstruktionen können auf der ganzen Welt gefunden werden.

- *Alte Industriebauten* wurden beispielsweise in Appartements und Büros umgewandelt (Abbildung 1.5.1).
- *Historische Gebäude* sind unter Erhaltung der ursprünglichen Fassade entkernt und saniert worden, wobei die innere Tragstruktur durch ein neues stählernes Tragwerk ersetzt wurde (Abbildung 1.5.2).

Selbsttragende Strukturen wurden in historische Bauwerke eingefügt, dabei wurden bauliche Aspekte mit architektonischen vereint. Diese Art der Anwendung ist insbesondere bei Museen und Ausstellungshallen weit verbreitet.



1.5.2



- Viele *antike Kirchen* wurden durch stählerne Tragsysteme überdacht, die aus Fachwerken und Trapezblechen bestehen (Abbildung 1.5.3). Andere bedeutende Bauwerke sind durch vertikale und horizontale Anbauten neu strukturiert worden, welche sowohl aus baulicher als auch aus architektonischer Sicht mit den ursprünglichen Elementen harmonieren.
- *Historische Stadtteile* in italienischen Städten sind beispielsweise vollständig wieder aufgebaut worden, nachdem sie von einem Erdbeben zerstört wurden. Stahlbauteile wurden dabei verwendet, um die Erdbebensicherheit der alten Gemäuer zu gewährleisten.
- *Stahlbetonbauten* wurden mit Stahlelementen repariert, nachdem sie beschädigt wurden oder weil eine stärkere Belastbarkeit erforderlich war. Sie wurden auch umgewandelt, indem eine gänzlich neue Tragwerkstruktur eingebracht wurde, wenn eine Reduzierung oder Vergrößerung der Stockwerkshöhe durchgeführt wurde oder Stahlverstreben zur seismischen Verbesserung eingebaut wurden.





## 2. STAHLBAUSYSTEME UND KONSOLIDIERUNGSSTUFEN

2.1 Allgemeines	12
2.2 Sicherung	12
2.3 Sanierung	16
2.4 Verstärkung	18
2.5 Umbau	20



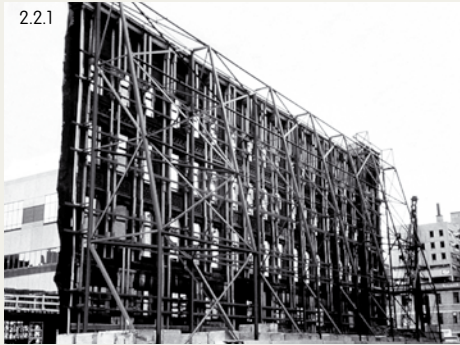
## 2.1 Allgemeines

Betrachtet man das Problem der baulichen Konsolidierung eines Bauwerks, können mehrere Ebenen unterschieden werden, die der Qualität des Eingreifens und manchmal auch der zeitlichen Reihenfolge, in denen die Konsolidierungsmaßnahmen durchgeführt werden müssen, entsprechen. Die vorgeschlagene Klassifizierung besteht aus vier Stufen: Sicherung, Sanierung, Verstärkung, Umbau.

## 2.2 Sicherung

*Sicherung* ist, in chronologischer Reihenfolge, die erste Stufe und grundlegendste Aufgabe der Konsolidierung von bestehenden Bauwerken. Sie besteht aus verschiedenen provisorischen Eingriffen, die eine adäquate Sicherheit während der Übergangsphase gewährleisten können (Abbildung 2.2.1). Diese Vorkehrungen sind sowohl zum Schutz der Baustelle, als auch zur Vermeidung eines teilweisen oder totalen Einsturzes des Gebäudes wichtig.

2.2.1



Die erforderlichen Merkmale des Sicherungssystems sind:

- Durchführungsgeschwindigkeit,
- Flexibilität des Konstruktionssystems,
- Anpassungsfähigkeit an enge und schwer zugängliche Arbeitsbereiche,
- Umkehrbarkeit des Eingriffs.

2.2.2



Hauptanwendungsfelder sind:

- Temporäre Stützung von Fassaden mittels räumlicher Fachwerke während des Aufbaus eines neuen Gebäudes zwischen zwei bestehenden,
- Stahltragwerke, die die Fassade während des Abrisses des inneren Gebäudeteils stützen (Entkernungen), können eine vorübergehende Funktion haben oder ein Teil des endgültigen Tragwerks sein (d.h. vertikale Fachwerke zur Fassadenaussteifung),
- Provisorische Stützung von Gebäudefassaden nach einem Erdbeben mittels Stützkonstruktionen, die das Befahren der Straßen weiterhin erlauben,
- Vorläufige Überdachung als Witterungsschutz des Baustellenbereichs während der Sanierung (Abbildung 2.2.2).

2.2.1 Temporäre Abstützungen aus Stahl, um eine alte Fassade zu sichern (Montreal, Kanada)

2.2.2 Ein temporäres Dach als Witterungsschutz während der Restauration (Athen, Griechenland)

A long, modern architectural atrium with a central green wall and glass railings. The space is characterized by its clean lines and use of materials like glass, metal, and concrete. The central green wall is a prominent feature, adding a touch of nature to the urban environment. The atrium is well-lit, with natural light streaming in from the glass railings and the open end of the space. The overall atmosphere is one of a sophisticated and contemporary interior design.

Handelskammer, Luxemburg

Während der Durchführung von Sicherheitsmaßnahmen wird Stahl hauptsächlich in folgender Weise verwendet:

- Stahlelemente in der Form von Baugerüstsystemen bieten „ad hoc“ Lösungen für ein optimales Ergebnis und für spezifische Bedürfnisse (Abbildung 2.2.3),
- Schwere und leichte Stahlkonstruktionen (geschweißt oder geschraubt) werden wirkungsvoll zur aktiven und passiven Sicherung angewendet (Abbildungen 2.2.4 und 2.2.5).

2.2.4



2.2.3



Die oben genannten Stahlkonstruktionen bieten folgende Vorteile:

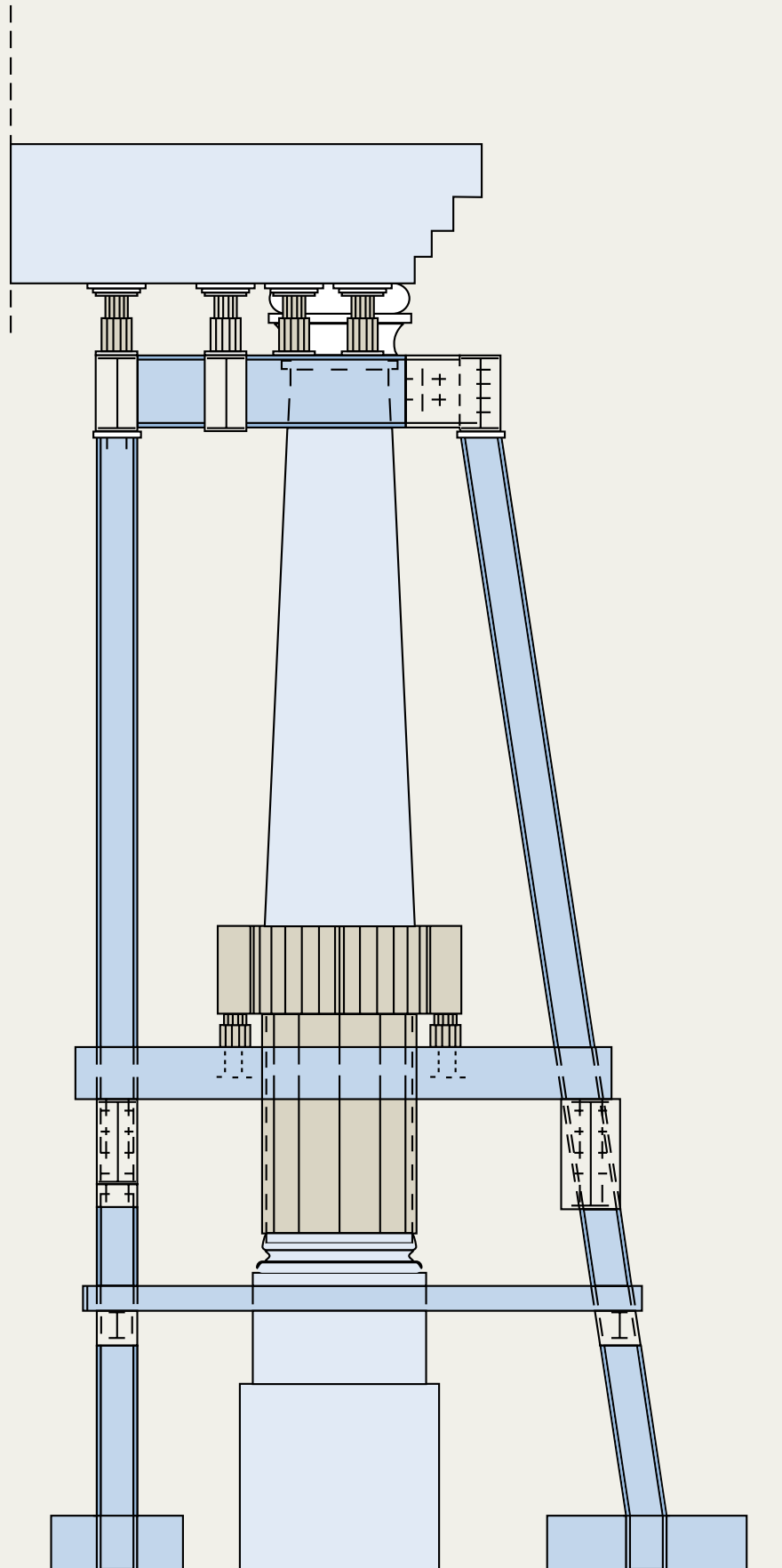
- geringes Gewicht,
- hoher Vorfertigungsgrad,
- einfacher Transport und Montage,
- ökonomisch günstig durch Wiederverwendbarkeit.

**2.2.3** Provisorische Baugerüstsysteme für die Kirche San Francesco (Assisi, Italien)

**2.2.4** Temporäre Stahlfachwerke zur Sicherung der Fassade eines Gebäudes nach einem Feuer (Lissabon, Portugal)



2.2.5



2.2.5 Temporäre Unterstützung der Säulen im Eingangsbereich des Carigliano-Palastes (Turin, Italien)

## 2.3 Sanierung

### 2. Stahlbausysteme und Konsolidierungsstufen

*Sanierung* ist die zweite Stufe der Konsolidierung von bestehenden Gebäuden. Sie besteht aus einer Serie von Vorgängen, die am Gebäude auszuführen sind, um die ehemalige bauliche Effizienz wiederherzustellen.

Sanierungen, im Unterschied zu Sicherungen, werden vor allem dann durchgeführt, wenn eine Ursache von Schäden identifiziert wurde, deren Wirkung erst nach einem bestimmten Zeitraum eintritt, so dass kein schnelles Eingreifen erforderlich ist.

Sanierungen stellen lediglich eine einfache Wiederherstellung der Baustruktur dar, ohne Verstärkung und Verbesserung der Widerstandsfähigkeit und somit ohne Erhöhung des Sicherheitsniveaus.

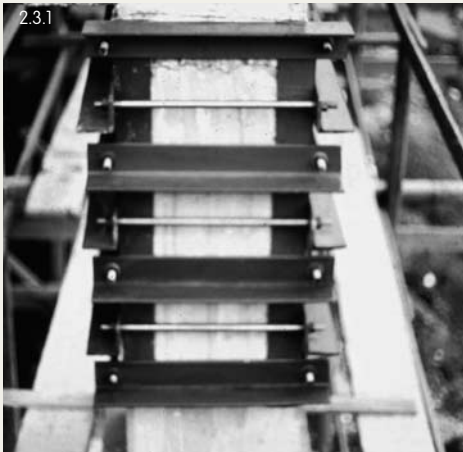
Innerhalb des Feldes der Sanierungen basiert eine Vielzahl von technischen

Konsolidierungssystemen auf Stahlbausystemen, die das technische Verhalten des Mauerwerks, Stahlbetons oder Holzbaus verbessern. Stahlbauelemente bieten mittels Technologien der Vorfertigung „ad hoc“ Lösungen an zur Erzielung optimaler Ergebnisse bei speziellen Anforderungen.

Vorbedingungen für Komponenten von Stahlbausystemen sind:

- Geringes Gewicht, für einen einfachen Transport und Aufbau, was eine wichtige Voraussetzung ist, um auf engem Raum zu arbeiten, wie zum Beispiel in historischen Stadtzentren,
- Austauschbarkeit, dank der Verwendung von Schraubverbindungen, die im Falle eines Abbaus eine Wiederverwendung erlauben (Abbildung 2.3.1),

- Schnelle Montage, nützlich bei dringenden Reparaturen, wegen eines rapiden Zerfallprozesses (Abbildung 2.3.2),
- Wirtschaftliche Vorteile durch mögliche Wiederverwendung (Abbildung 2.3.3),
- Moderne Eigenschaften.



**2.3.1** Geschraubte Stahlwinkel zur Reparatur einer Stahlbetonsäule

**2.3.2** Stahlportalrahmen zur Stützung des Mauerwerks (Berlin, Deutschland)

**2.3.3** Expo-Kirche (Hannover, Deutschland): Modulare Stahlstruktur mit Blick auf mögliche Wiederverwendung

Dames de France, Perpignan, Frankreich



## 2.4 Verstärkung

*Verstärkung* ist das Verbessern der tragenden Eigenschaften, um das Gebäude an neue funktionale Erfordernisse oder Umweltbedingungen anzupassen.

Diese Konsolidierungsstufe bewirkt keine signifikante Änderung an der Tragstruktur, aber es werden neue Elemente eingefügt mit der Fähigkeit der statischen Integrierung der bestehenden Elemente, ohne substantielle Veränderung der Masse oder der Steifigkeit des Gebäudes.

Entgegen der einfachen Sanierung kann die Verstärkung mit verschiedenen Intensitätsgraden durchgeführt werden, je nachdem welche Festigkeit die neuen Gegebenheiten erfordern. Dabei sind, falls vorhanden, auch frühere Schäden zu berücksichtigen.

Unter seismischen Gesichtspunkten kann die Verstärkung in zwei Ebenen unterschieden werden: Einfache Verbesserung und Nachrüstung.

Die Nachrüstung wird ausgeführt um einen höheren Sicherheitsgrad zu erreichen. In diesem Fall richtet sich die Verstärkung auf einen Teil oder auf das gesamte Bauwerk, aber ohne größere Veränderung des statischen Systems und daher des globalen Verhaltens. Einzelne Bauelemente können auch nachgerüstet werden, wenn diese von einem Bemessungsfehler oder einer schlechten Ausführungsqualität betroffen sind.

Das seismische Nachrüsten ist durch eine Reihe von Schritten gekennzeichnet, die notwendig sind, wenn die Bauten Erdbebenlasten ausgesetzt sind, diese aber in der ursprünglichen Bemessung nicht berücksichtigt sind. Das kann eine komplette Überholung der Baustruktur erfordern, mit dem Ziel der Änderung des globalen seismischen Verhaltens. In einem solchen Fall ist das Eingreifen als eine Änderung der Tragstruktur zu betrachten.



2.4.1



2.4.2

Verstärkungen sind notwendig, wenn:

- Gebäude größeren Belastungen unterliegen, weil eine Änderung der Nutzung zu einer Vergrößerung der Nutzlast führt,
- Existierende Gebäude, die in einer neu definierten seismischen Zone liegen und folglich stärkeren Belastungen durch Erdbeben standhalten müssen.

Nationale Vorschriften machen normalerweise einen klaren Unterschied zwischen einer einfachen Verbesserung und seismischem Nachrüsten. Verbesserungen können in folgenden Fällen vorgenommen werden:

- wenn Änderungen der Nutzung vorgenommen werden,
- wenn Bemessungs- oder Ausführungsfehler behoben werden müssen,
- wenn Konsolidierungsmaßnahmen an einem denkmalgeschützten Gebäude vorgenommen werden, die keine großen Änderungen erlauben.



2.4.3

Das seismische Nachrüsten ist verpflichtend unter den folgenden Bedingungen:

- Erhöhung oder Vergrößerung von Bauten, mit Zunahme des Volumens und der Fläche,
- erhöhte Belastungen durch Nutzungsänderungen,
- wenn die Umgestaltung den Widerstand der Tragwerkstruktur im Vergleich zum Ursprünglichen grundlegend ändert, oder allgemein, wenn sie das globale Verhalten beeinflussen, wie im Fall einer Änderung der Tragstruktur.

Die verschiedenen Ebenen der Verstärkung, von einer einfachen Verbesserung bis zu einer Nachrüstung, können nach denselben Prinzipien der Konsolidierungstechniken wie die der Sanierung gemacht werden. Stahl wird gewöhnlich verwendet, um das statische Verhalten von Mauerwerk- und Stahlbetonbauten zu verbessern. Stahlverbände werden ebenfalls für das seismische Nachrüsten von Mauerwerk und Stahlbetonbauten eingesetzt. Innovative Aussteifungssysteme basieren auf der Verwendung von stählernen exzentrischen aussteifenden Verbänden (eccentric bracing; EB) (Abbildung 2.4.1), knickverstärkenden Aussteifungen (buckling restrained bracing; BRB) (Abbildung 2.4.2) und Scherplatten mit begrenzter Festigkeit (Abbildung 2.4.3).

# 2.5 Umbau

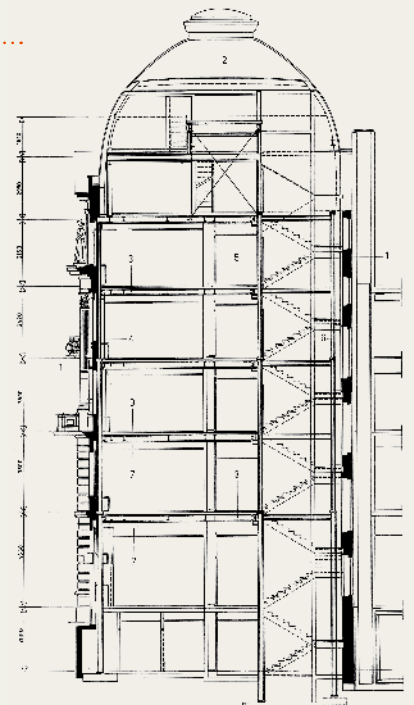
## 2. Stahlbausysteme und Konsolidierungsstufen

2.5.1a



- *Umbau* stellt die allgemeinere Art der Konsolidierung bestehender Gebäude dar. Sie besteht aus einer teilweisen oder totalen Veränderung der funktionalen Einteilung, des Grundrisses oder der Abmessungen, zusammen mit der Veränderung anderer ursprünglicher Merkmale des Gebäudes einschließlich einer drastischen Änderung des Tragsystems. Es gibt vier Arten des Umbaus: Entkernung, Einfügung, Erweiterung und Gewichtsreduzierung.
- *Entkernung* ist der totale oder teilweise Ersatz des inneren Teils des Gebäudes durch neue und geänderte Konstruktionen. Eine Entkernung wird vor allem dann durchgeführt, wenn die Fassade aus architektonischen Gründen erhalten werden soll, während der Grundriss aus funktionalen Gründen komplett umgestaltet werden kann (Abbildungen 2.5.1 a und b).

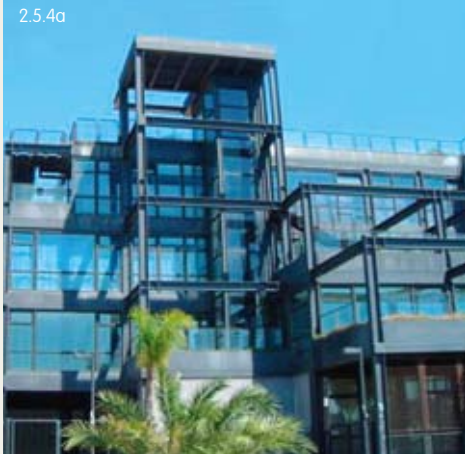
2.5.1b



- 2.5.1** Der ehemalige Römerhof ist heute eine moderne Bank (Zürich, Schweiz)  
a) Fassade b) neue Büros wurden durch Einfügen der Stahltragwerke geschaffen
- 2.5.2** Beispiele für das Einfügen in einem gemauerten Gebäude  
a) neue Stahlzwischen-geschosse b) neue Stahltreppenhäuser
- 2.5.3** Ein Zwischengeschoss aus Stahl (Luxemburg)

- *Einfügen* ist das Einfügen neuer Konstruktionen oder Bauteile in das vorhandene Gebäudevolumen. Zusätzliche Zwischengeschosse oder -decken werden geschaffen, um in dem begrenzt zur Verfügung stehenden Volumen mehr Nutzfläche zu schaffen (Abbildungen 2.5.2 a und b). Beispiele für Einfügungen sind selbsttragende Rahmen, um Ausstellungsflächen auf verschiedenen Ebenen mit Treppenhäusern und Aufzügen zu verbinden (Abbildung 2.5.3).





- *Erweiterungen* werden durchgeführt bei neuen funktionellen Erfordernissen, und der Notwendigkeit einer Vergrößerung des ursprünglichen Gebäudevolumens in vertikaler oder horizontaler Richtung.
  - Horizontale Erweiterungen bestehen aus der Einführung eines neuen Seitenflügels neben dem ursprünglichen Gebäude. In diesem Fall spielen ästhetische Gesichtspunkte eine größere Rolle als statische (Abbildungen 2.5.4 a, b und 2.5.5),

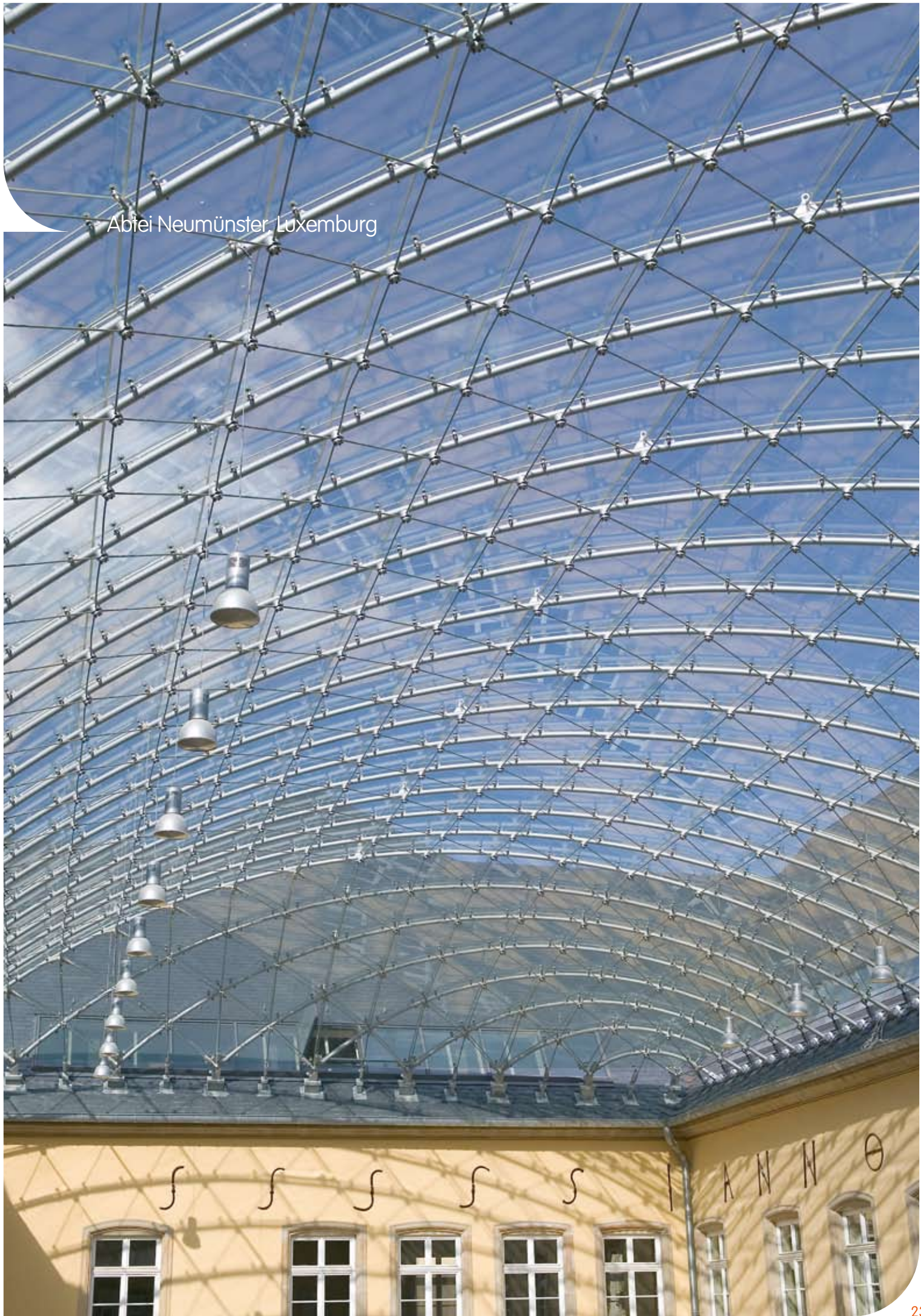


**2.5.4** Ein neues Stahlgebäude im Industriegebiet von Catania genannt „Le Ciminiere“, bei dem das alte gemauerte Gebäude mit Stahl erweitert wurde (Catania, Italien)

**2.5.5** Ein neues Stahlgebäude innerhalb historischer Gebäude in der Innenstadt (Udine, Italien)



Abtei Neumünster Luxemburg



Ausstellungshalle, Köln, Deutschland



2.5.6a



2.5.6b



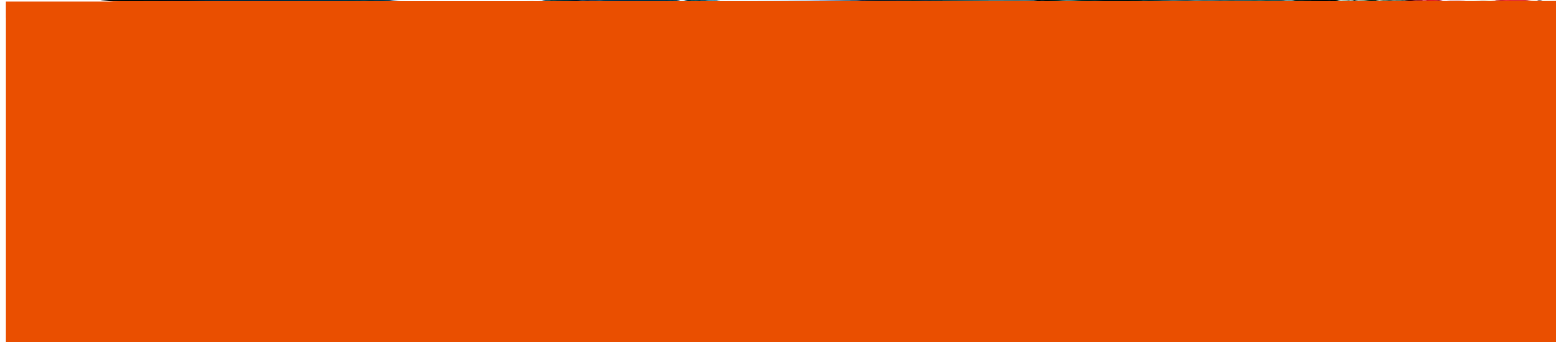
– *Vertikale Erweiterung* ist eine Erhöhung des Gebäudes um ein oder mehrere Stockwerke über der vorhandenen Struktur. Unter Berücksichtigung des zusätzlichen Gewichts ist die Tragfähigkeit des ursprünglichen Systems zu überprüfen und gegebenenfalls der neuen Nutzung und der daraus resultierenden Belastung anzupassen. Dieses Problem ist besonders in Erdbebengebieten wichtig, wo das globale Verhalten des Gebäudes durch zusätzliche Masse besonders in den oberen Geschossen stark beeinflusst wird. Die Notwendigkeit, das zusätzliche Gewicht zu minimieren, macht Stahl zum geeigneten Material dank seines günstigen Verhältnisses von Tragfähigkeit zu Gewicht (Abbildungen 2.5.6 a und b).

• *Gewichtsreduzierung* kann, im Gegensatz zur vertikalen Erweiterung, den Abriss einer oder mehrerer Stockwerke beinhalten, wenn der Beanspruchungszustand des Tragsystems reduziert werden soll. Die Gewichtsreduzierung kann aber auch erzielt werden, indem ursprüngliche Bauteile, wie Decken oder Böden, durch leichtere Materialien ersetzt werden. Der Ersatz von alten schweren Holzdächern durch Stahlträger und leichte Stahlwellbleche ist dabei weit verbreitet.

Ein Umbau ist angebracht, wenn die funktionale Umgestaltung des Grundrisses eines Gebäudes die Einführung zusätzlicher Räume und Flächen erfordert. Genauso erforderlich ist es bei einem stark beschädigten Gebäude, welches eine komplette Überholung der Tragstruktur und dessen Verbesserung erfordert.

Erhaltung von bestehenden Gebäuden und ihre Eingliederung in neue, klar unterscheidbare und umkehrbare Bausysteme sind klassische Umbaumaßnahmen, welche auf der modernen Theorie der Sanierung basieren.

Eine logische Anwendung der Sanierungsprinzipien zeigt unzweifelbar, dass Stahl und seine Technologie die notwendigen Voraussetzungen eines modernen Materials mit „umkehrbaren“ Eigenschaften erfüllt und besonders gut mit den alten Materialien harmonisiert, so dass integrierte Strukturen geschaffen werden können.





### 3. RENOVIERUNG VON GEMAUERTEN UND HOLZBAUWERKEN

3.1	Konsolidierung von gemauerten Bauwerken	28
3.2	Wiederverwendung eines Gebäudekomplexes	30
3.3	Entkernung von gemauerten Gebäuden in Paris (Frankreich)	31
3.4	Konsolidierung von Holzbauten mittels Stahlelementen	32
3.5	Ersatz von Holz- durch Stahlfachwerke	34
3.6	Dachkonstruktionen aus Glas und Stahl	37



# 3.1 Konsolidierung von gemauerten Bauwerken

„Das Lastabtragungsvermögen von gemauerten Elementen muss verbessert werden, wenn diese durch äußere Einwirkung (z.B. Erdbeben) geschädigt sind oder weil das Gebäude nachgerüstet werden soll, um neuen Lasten standzuhalten, die durch eine Umnutzung des Gebäudes entstehen.“

Ein klassisches System um die Tragfähigkeit von bestehenden Mauerwerken zu verbessern, besteht aus Injektionen mit Verpressmörtel oder Zement, die in einigen Fällen stählerne Verankerungen beinhalten. Im letzten Fall ist der Gebrauch von rostfreiem Stahl ratsam, um spätere Schäden durch eventuelle Korrosion zu vermeiden. Dieses System ist allerdings nicht umkehrbar, und folglich nicht mit den Prinzipien der Sanierung zu vereinbaren.

Beim Abriss alter gemauerter Gebäude wird deutlich, dass auch früher schon oft Stahltragsysteme für die Verstärkung des Mauerwerks selbst eingesetzt wurden (Abbildung 3.1.1). Das bedeutet, dass Stahltragsysteme bestgeeignete Konsolidierungssysteme sind.

Zugstangen und Bindebleche, außen liegender Zugstangen und Riegel aus U-Profilen oder horizontaler Ringe (Abbildung 3.1.2).

Wenn es erforderlich wird, einen großen Teil der vertikalen Lasten vom Mauerwerk auf eine neue Stahlkonstruktion zu verlegen, können die neuen Stahlstützen in eine passende Öffnung im Mauerwerk eingefügt oder außerhalb des Mauerwerks angeordnet werden (Abbildung 3.1.3).

Im Falle von Öffnungen kann die Tragfähigkeit des fehlenden Mauerwerks durch Stahlträger als Sturz im oberen Bereich oder durch Stahlrahmen um die Öffnung herum wieder gewonnen werden (Abbildung 3.1.4).

Auch gemauerte Bögen können mit Stahltragkonstruktionen verstärkt werden (Abbildung 3.1.5).



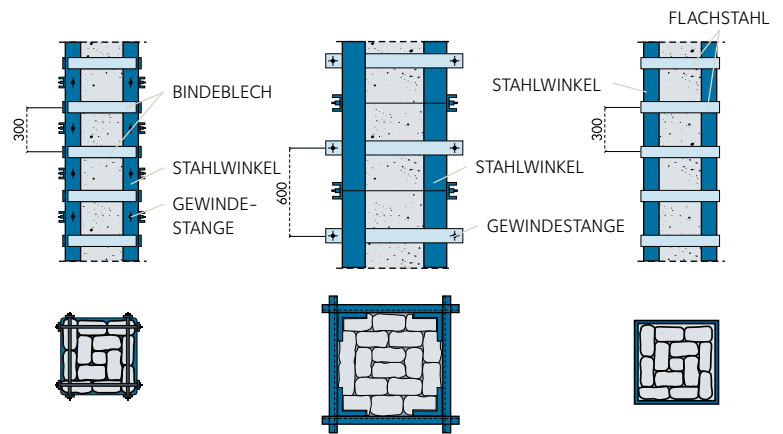
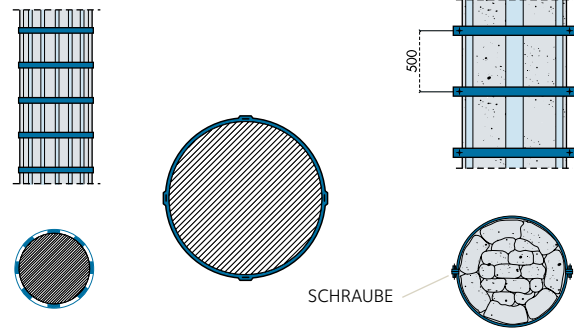
Sind gemauerte Stützen beschädigt, werden sie normalerweise mittels Stahlbändern repariert. Dieses seitliche Einschnüren des Materials produziert eine merkliche Steigerung der vertikalen Tragkraft (Abbildung 3.1.2).

Im Falle von Rundstützen können die Bänder aus vertikalen Blechen mit Rechteckquerschnitt und horizontalen Stahlringen bestehen. In der Vergangenheit wurde ein Vorspannen durchgeführt, in dem die Ringe auf eine hohe Temperatur erhitzt wurden und das Zusammenziehen während der Abkühlung genutzt wurde, um eine seitliche Vorspannung zu erhalten. Heutzutage können zwei halbe Ringe mittels Schrauben vorgespannt werden (Abbildung 3.1.2).

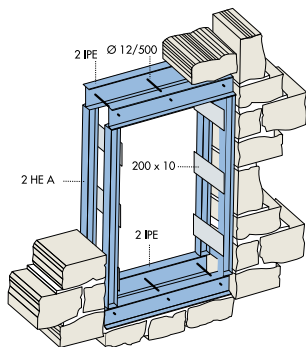
Im Falle von quadratischen oder rechteckigen Stützen werden Winkelprofile als vertikale Elemente in den Ecken verwendet. Diese können auf verschiedene Weisen verbunden werden: mittels innen liegender



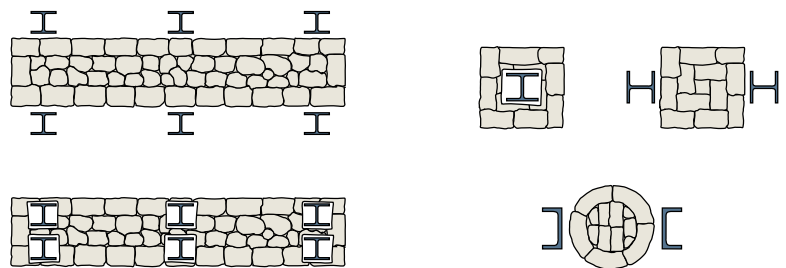
3.1.2



3.1.4



3.1.3



- 3.1.1 Der Stahlrahmen innerhalb der gemauerten Wände ist während des Abrisses gut erkennbar
- 3.1.2 Ertüchtigung von gemauerten Stützen mittels Stahl
- 3.1.3 Ertüchtigung von gemauerten Wänden mittels Stahl
- 3.1.4 Detail des Stahlrahmens um das neue Fenster
- 3.1.5 Verstärkung von gemauerten Bögen mittels Stahl

## 3.2 Wiederverwendung eines Gebäudekomplexes

Ein großer Gebäudekomplex in Bologna (Italien) wurde komplett umgestaltet für die kombinierte Nutzung als Hotel, Appartement- und Geschäftshaus. Die Stahlbauweise wurde sowohl aus Konstruktions-, als auch aus architektonischen Gründen gewählt.

Die fünf- bis sechsstöckigen Gebäude wurden unter Erhaltung der ursprünglichen Eigenschaften konsolidiert, wohingegen einige Gebäude im mittleren Teil in so schlechtem Zustand waren, dass sie abgerissen werden mussten und durch drei zwei- bis dreistöckige Gebäude mit biegesteifen Stahlrahmen in beiden Tragrichtungen ersetzt wurden.

Das Hinzufügen von zweigeschossigen Stahlfachwerken mit unabhängigen Fundamenten innerhalb des bestehenden Gebäudes erlaubte das Errichten verschiedener Treppen und Fußgängerbühnen um den Innenhof herum. Diese neuen Konstruktionen wurden aus HE Profilen gefertigt. Die Montage und der darauf folgende Abriss vom Mauerwerk konnten ohne provisorische Sicherungsmaßnahmen durchgeführt werden.

Der Innenhof ist durch Stahltreppen charakterisiert (Abbildung 3.2.1), die mit der ersten Etage verbunden sind.





## 3.3 Entkernung von gemauerten Gebäuden und Einfügung einer Stahlkonstruktion (Paris, Frankreich)

In Paris wurden kürzlich einige wichtige Gebäude mittels Entkernung saniert. Zwei Gebäude am Hausmann-Boulevard 6-8 und 54 wurden komplett entkernt und eine neue Stahlkonstruktion wurde in die bestehende Fassade eingefügt.

Das AGF-Gebäude am Îlot Lafayette wurde unter der Verwendung von Lochstegträgern erneuert (Abbildung 3.3.1).

Ein anderes Gebäude am Place de Léna 7 wurde entkernt und ein neues 8-stöckiges Stahltragwerk wurde im Inneren aufgebaut. Eine Gruppe von Gebäuden, die von Beginn des 20. Jahrhunderts bis in die 50 Jahre gebaut wurden, wurden renoviert und in einzigartige moderne Bürogebäude verwandelt, genannt „Le Centorial“, mit neuen Parkräumen im Untergeschoss.

In vielen der oben genannten Eingriffen sind sowohl die Haupt- als auch die Nebenträger der Geschosstragwerke Lochstegträger. Dadurch wird eine einfache Installation der technischen Anlagen gewährleistet.



## 3.4 Konsolidierung von Holzbauten mittels Stahlelementen

In gemauerten Gebäuden sind die Decken häufig aus Holz. Diese müssen oft verstärkt werden, da sie durch Parasiten oder Pilzbefall in einem schlechten Zustand sind.

Es gibt viele Systeme, um die Lastabtragung der Träger zu verbessern. Grundsätzlich bieten sich zwei Verfahren an, je nachdem ob es praktischer ist, von der unteren oder von der oberen Seite des Trägers die zusätzlichen Stahlelemente einzuführen (Abbildungen 3.4.1 a und b).

Im ersten Fall können die Stahlverstärkungen auf der Unterseite befestigt werden. Hier kommen, je nach Anforderungen des zu konsolidierenden Gebäudes, einfacher Flachstahl oder warmgewalzte H- und U-Profile zur Anwendung.

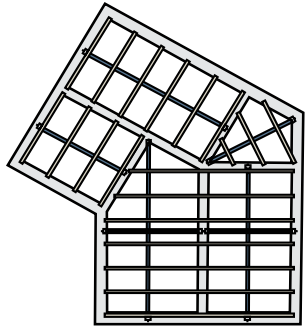
Wenn die ursprüngliche Gestalt des Trägers aus historischen Gründen erhalten werden muss, ist es notwendig, nach dem zweiten Verfahren zu arbeiten, nämlich von der Oberseite des Trägers.

Das Endergebnis ist dann ein Holz-Stahl-Verbundsystem, das eine erheblich höhere Festigkeit und Steifigkeit hat als das ursprüngliche Tragwerk. In allen Fällen muss die Verbundwirkung zwischen alten und neuen Materialien durch die Verwendung geeigneter Verbundmittel, von einfachen Verschraubungen bis zu Dübelverbindungen, gewährleistet werden (Abbildung 3.4.2).

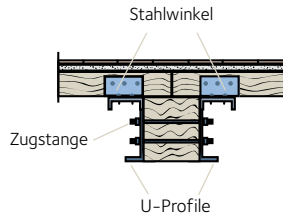
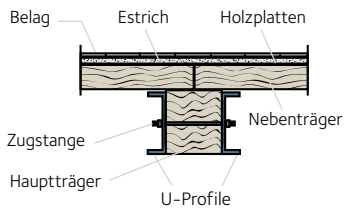
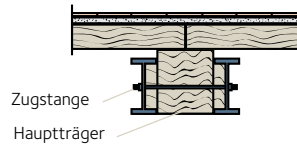
Viele alte Holzbrücken stellen heute historische Denkmäler dar, die unter der Verwendung von Stahlbauteilen erhalten wurden. Ein herausragendes Beispiel ist die Brücke „Buchfart“ in der Nähe von Weimar in Deutschland, deren Verstärkung des Tragwerks die tägliche Nutzung unter regulärem Verkehr ermöglicht (Abbildungen 3.4.3 a und b).



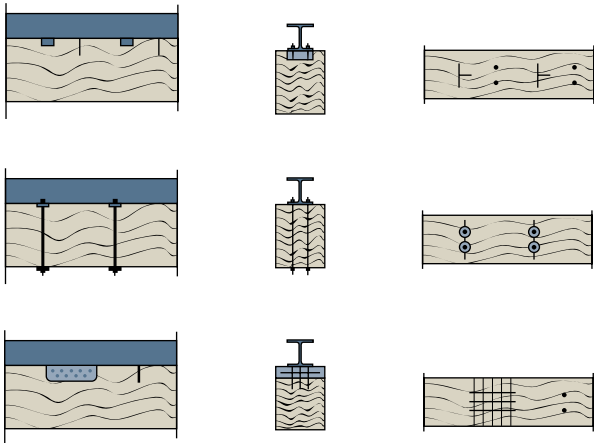
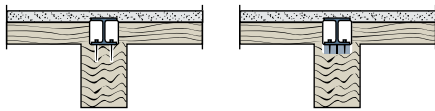
### 3. Renovierung von gemauerten und Holzbauwerken



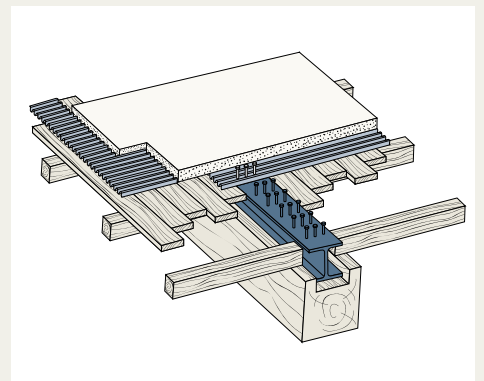
3.4.1a



3.4.1b



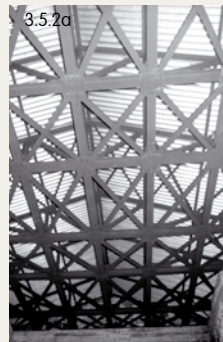
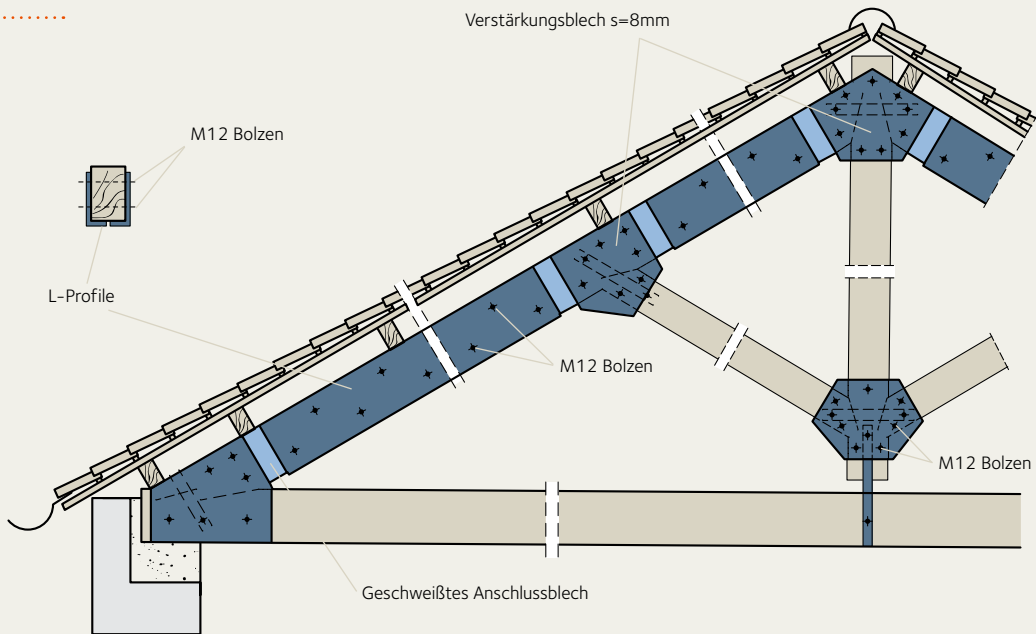
3.4.2



- 3.4.1** Konsolidierungssysteme für Holzbalken mittels Stahlelementen
  - a) Verstärkung ausgeführt von unten
  - b) Verstärkung ausgehend von oben
- 3.4.2** Holz-Stahl-Verbundsystem zur Konsolidierung eines alten Holzfußbodens
- 3.4.3** Instandgesetzte Brücke (Buchfart, Deutschland)

# 3.5 Ersatz von Holz- durch Stahlfachwerke

3.5.1



Holzfachwerke sind häufig durch den Lauf der Zeit stark beschädigt. In manchen Fällen können sie durch das Anbringen von Stahlplatten in den Knoten oder an den Längsseiten der Gurte und Diagonalen repariert werden (Abbildung 3.5.1). In vielen Fällen eignet sich diese Art der Sanierung nicht und die beste Lösung besteht darin, das gesamte Holzfachwerk durch ein neues Dach aus Stahlprofilen zu ersetzen.

Beispiele für diese Art des Eingreifens in historische Gebäude, wie Paläste oder Kirchen, sind in vielen europäischen Ländern zu finden. Insbesondere viele Kirchen und historische Gebäude in Italien sind wieder aufgebaut worden, indem die alten Holzträger durch Stahlprofile und Trapezbleche ersetzt wurden.

Wenn die Kirche in einem erdbebengefährdeten Gebiet liegt, können die Stahlträger mit einem horizontalen Rahmen verbunden werden und so eine Scheibenwirkung erreichen, um eine starre Verbindung mit der Oberkante des Mauerwerks zu schaffen (Abbildungen 3.5.2 a und b).

Ein herausragendes Beispiel für neue Stahldächer ist die Kathedrale von Neapel (Abbildung 3.5.3). Das gesamte neue Dach des Palazzo Ducale in Genua ist aus Stahlprofilen gefertigt (Abbildung 3.5.4). Viele alte Gebäude des königlichen Eisenwerks von Mongiana in Kalabrien sind mittels Stahldächern renoviert worden.

Ein Dachtausch wurde auch in Gevelsberg (Deutschland) an einer ehemaligen Werkstatt vorgenommen, die nun als Garage und Lagerraum genutzt wird (Abbildung 3.5.5).

3.5.4



3.5.3



- 3.5.3** Die Kathedrale von Neapel – Die Tragwerkstruktur des neuen Fachwerks (Neapel, Italien)
- 3.5.4** Detail des neuen Stahldaches des Palazzo Ducale (Genua, Italien)
- 3.5.5** Dacherneuerung in Gevelsberg mittels Stahlträgern und Trapezblechen

3.5.5



Reichstag, Berlin, Deutschland



## 3.6 Dach- konstruktionen aus Glas und Stahl

Das Überdachen von Innenhöfen historischer Gebäude ist eine häufig genutzte Methode, um den Funktionsraum von Gebäuden zu erweitern.

Zwei herausragende Beispiele für Glasdachkonstruktionen sind der Innenhof des Hamburgmuseums (Abbildung 3.6.1) und der Ausbau der Kunstsammlung K21 in Düsseldorf (Abbildung 3.6.2), welche im Jahre 2002 eröffnet wurde.









## 4. RENOVIERUNG VON STAHLBETONTRAGWERKEN

- |   |    |
|---|----|
| 4.1 Konsolidierungsbeispiele                                | 40 |
| 4.2 Änderung der Tragstruktur: Turnhalle in Cantù (Italien) | 43 |



# 4.1 Konsolidierungsbeispiele

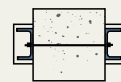
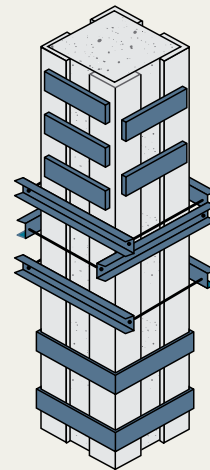
Das Erhöhen der Tragkraft von Stahlbetonstützen kann erfolgen durch das Anbringen in einer oder beiden Richtungen von warmgewalzten Stahlprofilen, welche mittels geeigneter Zugstangen verbunden werden. Der Gebrauch von U-Profilen, Winkeln und Flachstahl erlaubt es, ein durchgehendes Stützskelett zu erstellen, in dem die Vorspannung durch Schraubanker gegeben ist (Abbildungen 4.1.1 a und b).

Die Verstärkung, genauso wie die Reparatur von Anschlüssen zwischen Stahlbetonträgern und -stützen, werden gewöhnlich mittels Winkeln und Bindeblechen durchgeführt, die um die Tragelemente angebracht werden. Die Stahlkonstruktion ist geschweißt und manchmal an die Betonoberflächen geklebt (Abbildung 4.1.2).

Die Größe der zusätzlichen Elemente ist abhängig von der Höhe der Quer- und Biegebeanspruchungen.

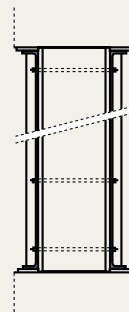
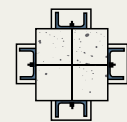


4.1.1a

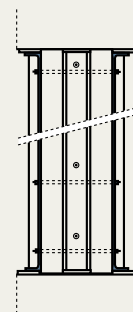


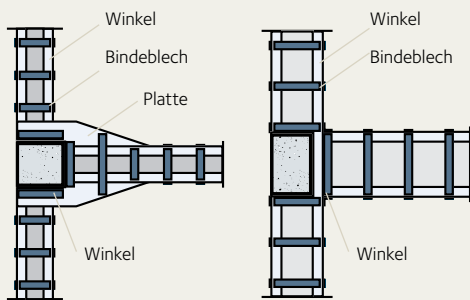
Last-Verteilungsplatte

U-Profil

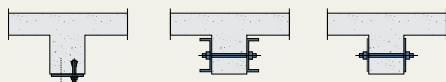


schwindarmer Mörtel

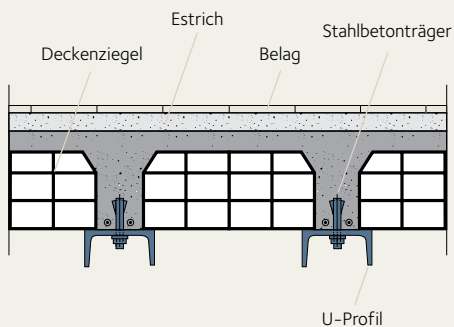




4.1.2



4.1.3



4.1.4

- 4.1.1 a) Konsolidierung von Stahlbetonstützen mittels Stahlelementen  
b) Detail eines Stützensystems aus Winkeln und Blechen
- 4.1.2 Konsolidierung einer Stahlbeton Stütze-Träger  
Verbindung mittels Winkeln und Bindeblechen
- 4.1.3 Konsolidierung von Stahlbetonträgern mittels Stahlelementen
- 4.1.4 Konsolidierung eines Deckentragwerks mittels Stahlelementen

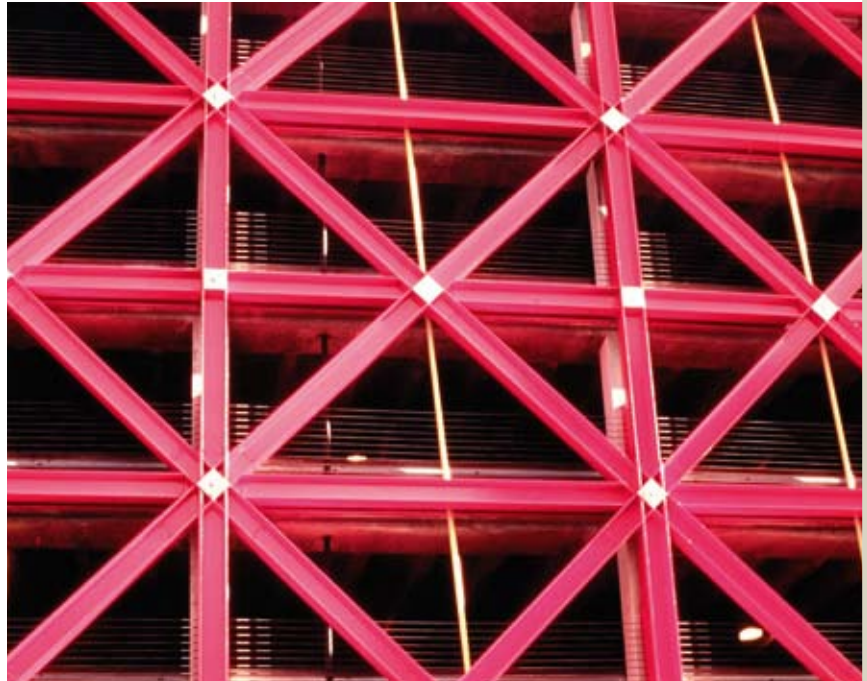
Die Erhöhung des Trägheitsmomentes von Stahlbetonträgern wird durch die Verbindung mit Breitflachstahl oder Profilen erreicht, die mit Dübeln oder Zugbändern und Klebstoff verbunden sind (Abbildung 4.1.3). Das System kann auch zur Verstärkung der Deckenkonstruktionen aus Stahlbeton oder Ziegelblocksteinen benutzt werden. Mischbeton und Ziegelböden können durch folgende Methoden verstärkt werden (Abbildung 4.1.4):

- Verstärkung der Unterseiten der einzelnen Betonträger mittels Stahlblechen, U-Profilen oder Trägern, ohne die Ziegel zu beschädigen,
- Verstärkung der Betonträger mittels Stahlprofilen,
- Einsetzen von passenden Stahlträgern in den Öffnungen zwischen den Betonträgern,
- Verstärkung mit Stahlträgern, welche zur Verstärkung unter jedem Betonträger platziert sind.

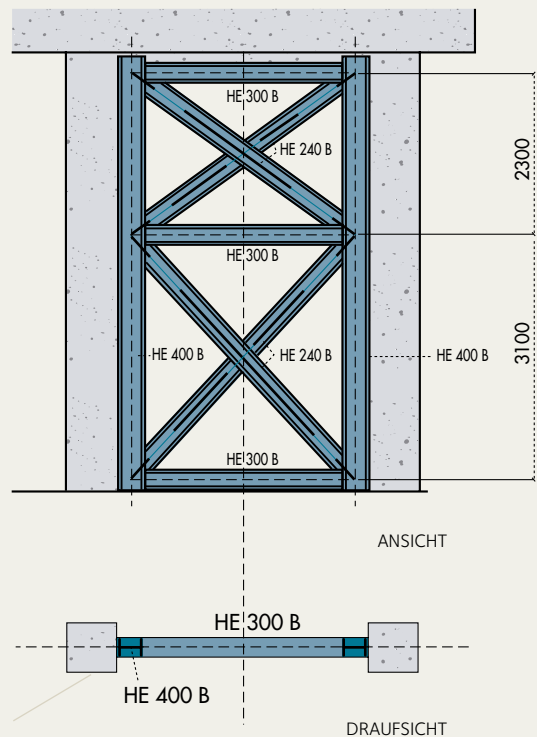
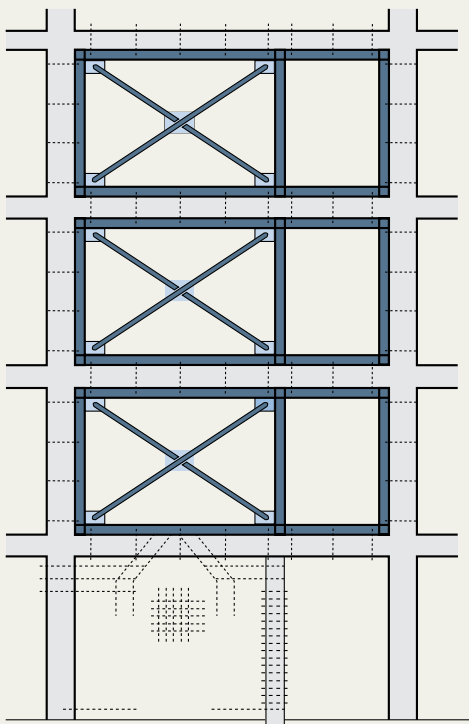
Die Fähigkeit des Tragwerks, horizontalen Belastungen standzuhalten, kann durch das Einsetzen von Stahlrahmen in die Stahlbetonstruktur verbessert werden. Eine fachwerkartige Schubwand kann im Verbund mit der Stahlbetonkonstruktion ausgeführt werden.

Jeder Stahlrahmen wird in eine Öffnung des Stahlbetonfachwerks eingefügt, wobei die Verbindung zwischen beiden Materialien mittels Dübeln und Zugbändern am Umfang des Rahmens gesichert werden muss (Abbildung 4.1.5).

Neben dem Vorteil eines einfachen Aufbaus bietet dieses System die Möglichkeit, falls erforderlich, Öffnungen für Türen und Fenster zu lassen, entweder unter der Verwendung von abgeknickten Verbänden oder durch nur eine zug- und druckfeste Diagonale pro Verbandsfeld.



### 4.1.5



## 4.2 Änderung der Tragstruktur: Turnhalle in Cantù (Italien)



Ein altes Industriegebäude in Cantù in der Provinz Como (Italien) wurde in eine Turnhalle umgebaut und eine Stahllösung wurde gewählt, um eine Änderung des ursprünglichen Stahlbetontragsystems zu erreichen (Abbildungen 4.2.1 a und b).

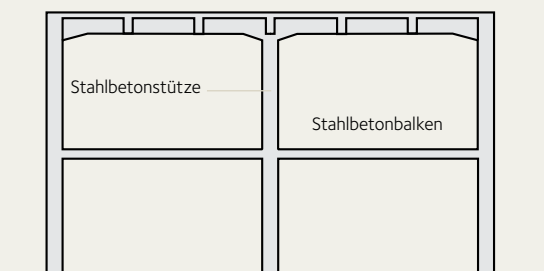
Die ursprüngliche Struktur bestand aus einer zweistöckigen Stahlbetonkonstruktion mit innenliegenden Stützen (Abbildung 4.2.1 a).

Die Umwandlung zu einer Turnhalle machte ein komplettes Entkernen des Gebäudeinneren notwendig, einschließlich dem Entfernen der zentralen Stützen und der Zwischengeschosse. Das bestehende Dachtragwerk wird nun gestützt von neuen Stahlrahmen, die paarweise an den bestehenden Stützen angebracht sind (Abbildung 4.2.1 b).

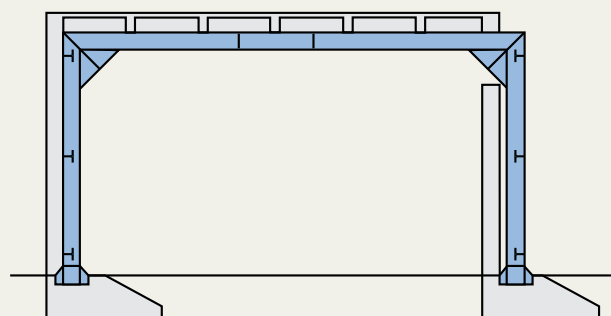
An der Außenfassade durchdringen die Stahlrahmen die Wände, so dass ein interessantes architektonisches Motiv geschaffen wird, das die Monotonie der Fassade unterbricht (Abbildung 4.2.2).

Innen tragen die horizontalen Riegel der neuen Rahmen die bestehenden Stahlbetondachtragwerke.

4.2.1a



4.2.1b



- 4.1.5** Stahlverstreben zur seismischen Verbesserung von Stahlbetonrahmen
- 4.2.1** Ein bestehendes Industriegebäude aus Stahlbeton (Cantù, Italien) wurde in eine Turnhalle verwandelt, bei einer drastischen Änderung der Tragwerksstruktur
- 4.2.2** Die paarweise angeordneten Stahlportale sind an der Fassade sichtbar





## 5. RENOVIERUNG VON EISEN- UND STAHLTRAGWERKEN

- |     |  |    |
|-----|--|----|
| 5.1 | Konsolidierung von Eisen- und Stahltragwerken                      | 46 |
| 5.2 | Änderung der Nutzung: Rue de l'Ourcq-Gebäude in Paris (Frankreich) | 51 |



# 5.1 Konsolidierung von Eisen- und Stahltragwerken

Die Festigkeit von Eisen oder Stahl in Gebäuden hat sich mit der Entwicklung in Fertigungs- und Produktionstechnik ständig verbessert. Die im späten 19. Jahrhundert zulässigen Spannungen für Gusseisen lagen ungefähr bei 20 MPa und die für Puddeleisen ungefähr bei 100 MPa. Die in den aktuellen Normen für Stahlkonstruktionen angegebenen zulässigen Spannungen sind sehr viel höher. Die Tragfähigkeit von bestehenden Eisen- oder Stahltragwerken muss in Relation zu den damals gültigen Normen geprüft werden, obgleich es mit umfassenden Versuchen möglich wäre, eine leichte Erhöhung der erlaubten Spannungen früherer Zeiten zu rechtfertigen.

Für die Verstärkung bestehender Stahlträger können verschiedene Techniken verwendet werden:

- Bleche oder Profile können an die oberen und unteren Flanschen geschweißt werden,
- U-Eisen oder H-Profile können an die Flansche geschweißt werden,
- Bleche können zwischen den oberen und unteren Flanschen angeschweißt werden, um ein Kastenprofil zu bilden,
- Neue Stahlbetondecken können mit den darunter liegenden Trägern mittels passenden, auf den Oberflanschen angeschweißten Verbindungsmitteln (Winkel, T-Profile, Bewehrungsstäbe,

Kopfbolzendübel, etc.) verbunden werden, um Verbundverhalten zu erreichen. In allen Fällen muss die Verbindung zwischen neuen und bestehenden Materialien genau überlegt und untersucht werden. Wenn Schrauben verwendet werden sollen, muss die Querschnittsminderung der bestehenden Teile, in welche die Löcher gebohrt werden, berücksichtigt werden, da dieser temporäre Zustand sich als kritisch herausstellen könnte. Wenn die Alternative, also eine Schweißverbindung, verwendet wird, dann muss der Schweißprozess auf die bestehenden Materialien abgestimmt sein.

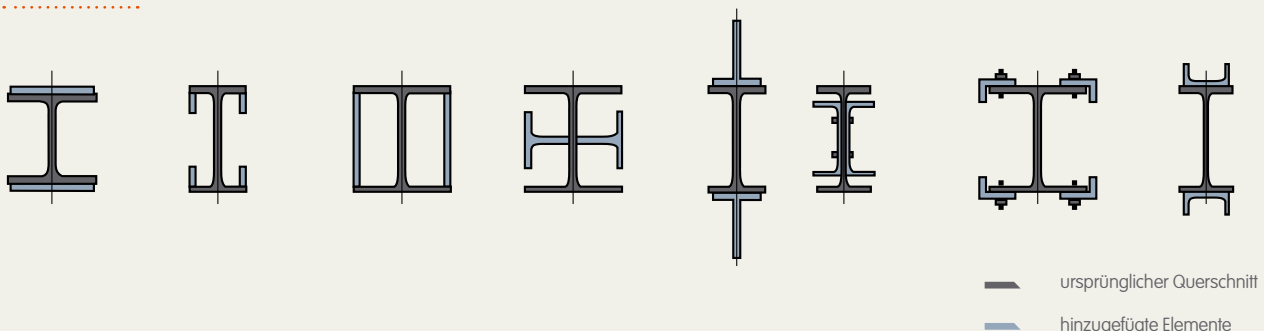
Die Schweißbarkeit, oder besser die Schweißigenschaften des Materials, spielen eine fundamentale Rolle in der Sanierung von bestehenden Eisen- und Stahltragwerken.

In vielen Fällen ist die historische Dokumentation verloren gegangen oder unzureichend, aber es ist bekannt, dass Metallprodukte des 19. Jahrhunderts generell schwer schweißgeeignet sind.

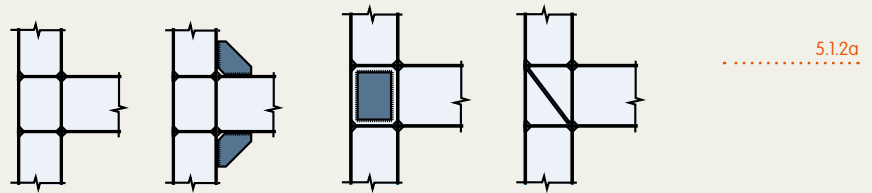
Die zu beachtenden Basisregeln sind:

- Gusseisen kann nicht geschweißt werden,
- Puddeleisen kann geschweißt werden, vorausgesetzt, es werden geeignete Empfehlungen befolgt,
- Flusstahl kann unter bestimmten Bedingungen, unter Verwendung kompatibler Schweißelektroden (mit niedrigem Wasserstoffgehalt), geschweißt werden.

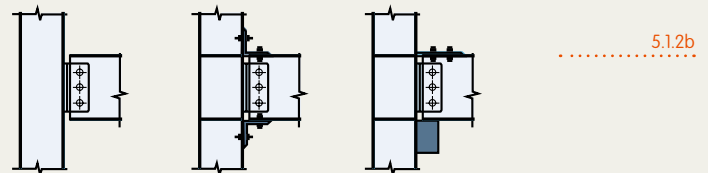
## 5.1.1







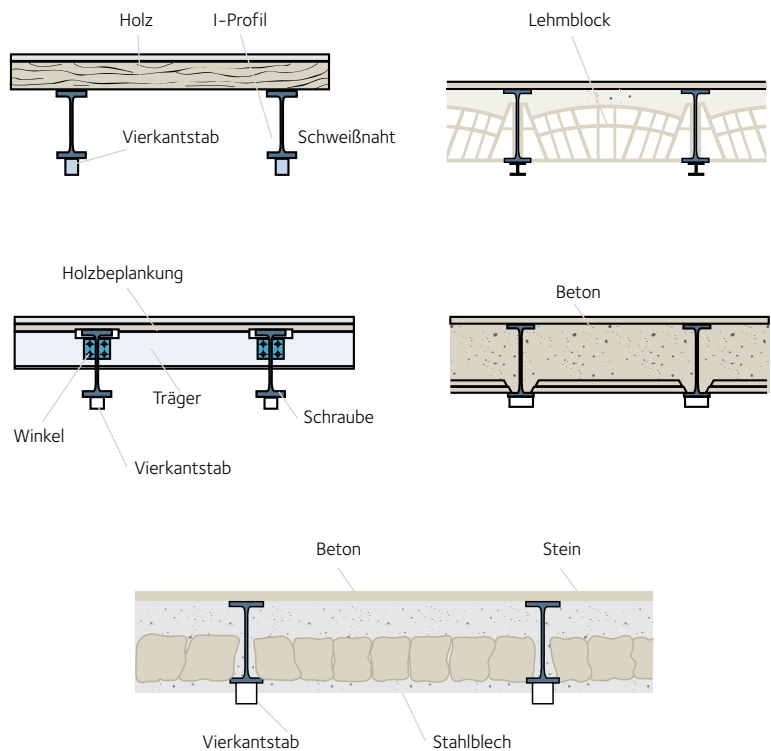
5.1.2a



5.1.2b

Der Gebrauch von Stahl bei der Verstärkung moderner Stahlbauwerke ist der einfachste Fall. In der Tat ist es sehr einfach, zusätzliche Elemente zu den bestehenden Strukturen mittels derselben Verbindungstechnik hinzuzufügen. Das Widerstandsmoment von Trägern oder Stützen kann auf verschiedene Weisen durch das Anschweißen oder Verschrauben von Blechen und/oder Profilstählen erhöht werden, welche die ursprünglichen Profile entsprechend der neuen geforderten Belastung verstärken (Abbildung 5.1.1). Es ist einfach, einen gelenkigen oder biegeweichen Träger-Stützen-Anschluss in einen biegesteifen zu verbessern (Abbildungen 5.1.2 a und b).

5.1.3



Zu Beginn des 20. Jahrhunderts wurde die Verwendung von Holzträgern für Dachtragwerke schrittweise durch alte I-Träger ersetzt. Die Stahlträger wurden zunächst in Holzdecken integriert und später auch solche in Lehmblock, Beton oder Steine.

In allen Fällen kann eine Verbesserung des Widerstandsmoments auf einfache Weise erreicht werden. Dies geschieht durch Anbringen von Profilstahl an den Unterflanschen (Abbildung 5.1.3).

- 5.1.1 Verstärkung von Stahlprofilen durch Hinzufügen von geschweißten oder verschraubten Stahlelementen
- 5.1.2 Transformation einer Träger-Stützenverbindung von:
  - a) einer biegeweichen zu einer biegesteifen
  - b) einer gelenkigen zu einer biegesteifen
- 5.1.3 Verstärkung von Stahldeckenträgern durch Hinzufügen von Stahlelementen am Unterflansch

5.1.5



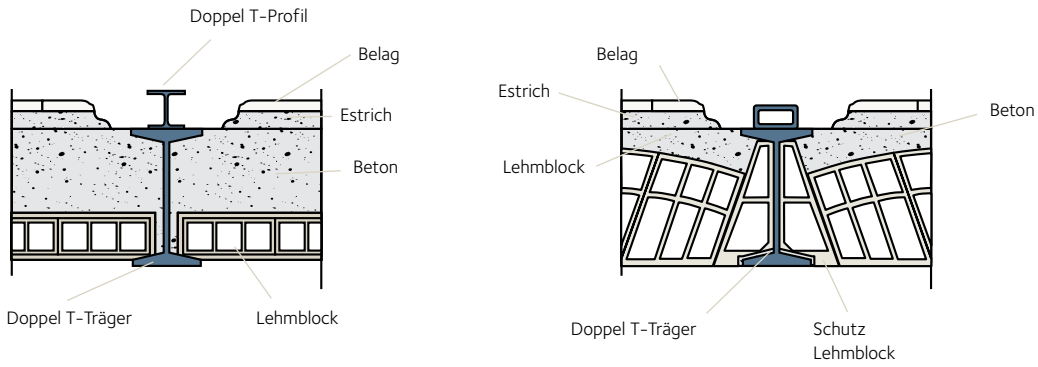
Wenn es nicht möglich ist von unten zu arbeiten, können die zusätzlichen Stahlelemente mit den oberen Flanschen verbunden werden (Abbildung 5.1.4).

Die Verbindung von neuem und altem Stahl erfordert besondere Beachtung. In vielen Fällen ist aufgrund der Zusammensetzung des alten Materials eine Schweißverbindung nicht möglich, in diesen Fällen ist eine Schraubverbindung zu empfehlen.

Viele historische Stahl- und Eisentragwerke (Gebäude oder Brücken) des 19. Jahrhunderts gehören zum kulturellen Erbe (Abbildung 5.1.5). Die Wiederverwendung von alten Industriegebäuden gehört zur so genannten „Industriearchäologie“, und stellt heute eine zunehmende Aktivität dar. Das Kultur- und Messezentrum „Jahnderthalle“ in Bochum war eine ehemalige Gebläsehalle eines alten Gießereibetriebs, die 1993 renoviert wurde (Abbildung 5.1.6).

Eine Ausstellungshalle in Köln wurde kürzlich erneuert und in einer alten, von Bögen umhüllten Stahlkonstruktion platziert (Abbildungen 5.1.7 a und b).

5.1.4



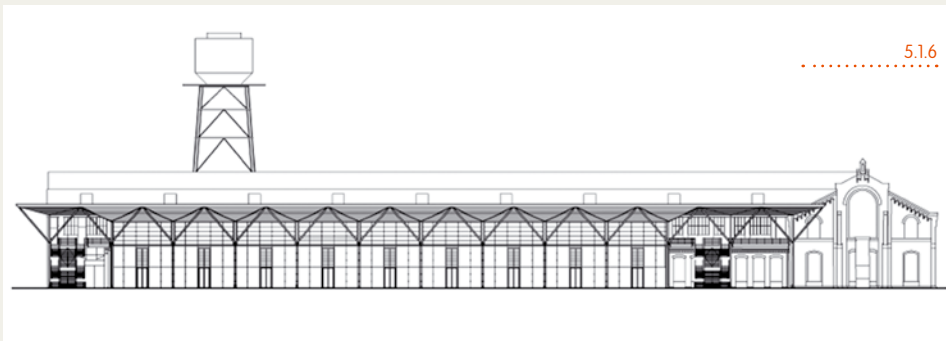
5.1.7a



5.1.7b



5.1.6



- 5.1.4 Verstärkung von Stahldeckenträgern durch Hinzufügen von Stahlprofilen am Oberflansch
- 5.1.5 Die Renovierung des alten „Gare d’Orsay“, Umnutzung als Museum (Paris, Frankreich)
- 5.1.6 Das neue Kultur- und Ausstellungszentrum „Jahrhunderthalle“, Umnutzung eines ehemaligen Industriegebäudes (Bochum, Deutschland)
- 5.1.7 Die neue Ausstellungshalle nach der Restauration des ehemaligen Stahlwerks (Köln, Deutschland)

## 5. Renovierung von Eisen- und Stahltragwerken

Ein altes Maschinenhaus der Zeche Zollern in Essen (1904) wurde renoviert und in ein Museum umgewandelt.

In der „Industriearchäologie“ repräsentiert der Gasometer einen symbolischen Bau, der zu den verschiedensten Zwecken wieder verwendet wird. Der Gasometer in Oberhausen (Deutschland) wurde erweitert und in eine Ausstellungshalle umgewandelt (Abbildung 5.1.8).

Zwei Gasometer in Athen wurden als Bürogebäude und Auditorium im neuen Maria Callas Museum wieder verwendet (Abbildung 5.1.9).



## 5.2 Änderung der Nutzung: Rue de l'Ourcq-Gebäude in Paris (Frankreich)

Dieses Gebäude liegt an der rue de l'Ourcq 135 bis 145 und rue Labois-Rouillon 24-36 in Paris. Es war ein Industriegebäude, ursprünglich genutzt als Lager und Bündelungsfabrik für alte Papiere und Stoffe, später wurde es als Möbellager genutzt. Die Eigenschaften mussten der neuen Nutzung als Wohngebäude angepasst werden, wobei die Fassade, mit ihrer Industriearchitektur des späten 19. Jahrhunderts, erhalten wurde (Abbildung 5.2.1).

Die Tiefe des Gebäudes erlaubte es nicht, die gesamte Fläche als Wohnraum zu nutzen. Folglich stellte es sich als notwendig heraus, einen zentralen Innenhof zu schaffen.

Die Architekten machten von dieser Einschränkung Gebrauch, um einen einzigartigen Innenraum zu schaffen, streng geformt und trotzdem hochdifferenziert. Man erschuf eine Art Rückgrat, mit Erschließung aller Appartements, und zusätzlich konnte ein ruhiger Garten eingerichtet werden, abseits vom Straßenlärm. Zudem wurde so eine Versorgung mit natürlichem Licht geschaffen. Diese Anordnung gibt den Appartements einen individuellen Charakter mit einer privaten Innenstraße.

Kleine Geschäftsräume wurden im Erdgeschoss eingerichtet, entlang der rue de l'Ourcq und auf dem kleinen Platz. Diese Lage wurde wegen des leichten Zugangs und der Dynamik, welche die Straße bietet, ausgesucht. Alle Decken, Träger und Stützen des Stahltragwerks im Inneren des Gebäudes, gebaut zu Beginn des 20. Jahrhunderts, waren in einem akzeptablen Zustand ohne große Schäden oder übermäßige Korrosion. Das Tragwerk eignete sich sehr gut für den Umbau, da alle ursprünglichen Komponenten entworfen wurden, um den großen Belastungen eines Industriebetriebs standzuhalten.





Die gusseisernen Innenstützen der Decken sind in einem Raster von 4 mal 4 Metern angeordnet. Dort, wo die neue Nutzung nur geringe Belastung verursachte, wurden die Stützen in ihrem ursprünglichen Zustand belassen (Abbildung 5.2.2).

Für stärkere Belastungen wurden die Stützen mit Stahlbeton ummantelt. Die Stützen werden seitlich von den Deckenträgern oder der Stahlbetonfassade gehalten.

Die Träger waren schmal und einige von ihnen waren nicht in der Flucht. In den meisten Fällen waren sie paarweise angeordnet, eine Flanschbreite auseinander. Gelegentlich setzte sich ein Hauptträger aus zwei Trägern verschiedener Höhen zusammen. Manchmal waren die Träger verbunden, manchmal einzeln. Die Verbindungen waren genauso unterschiedlich wie die Träger. Deshalb wurden alle Verbindungen geprüft und gegebenenfalls verstärkt.

Die ursprünglichen Decken waren aus Walzträgern mit zwischenliegendem Ziegelstein- und Klinkergewölbe und mit bewehrtem Zementmörtel überdeckt. In einigen Bereichen wurden die Decken verstärkt, indem die Walzträger über ihre gesamte Höhe mit Beton ummantelt wurden. In anderen Bereichen wurden die Decken abgerissen oder verstärkt.

Das gesamte Gebäude ist mit einem Sheddach, das parallel zur Straße angebracht ist, bedeckt. Die Nordseiten sind verglast und die Südseiten geziegelt. Die Spannweite des Daches ist doppelt so groß wie die der Deckenträger auf den darunter liegenden Ebenen. Die Stützen des Daches sind im Allgemeinen IPN 260 Profile.

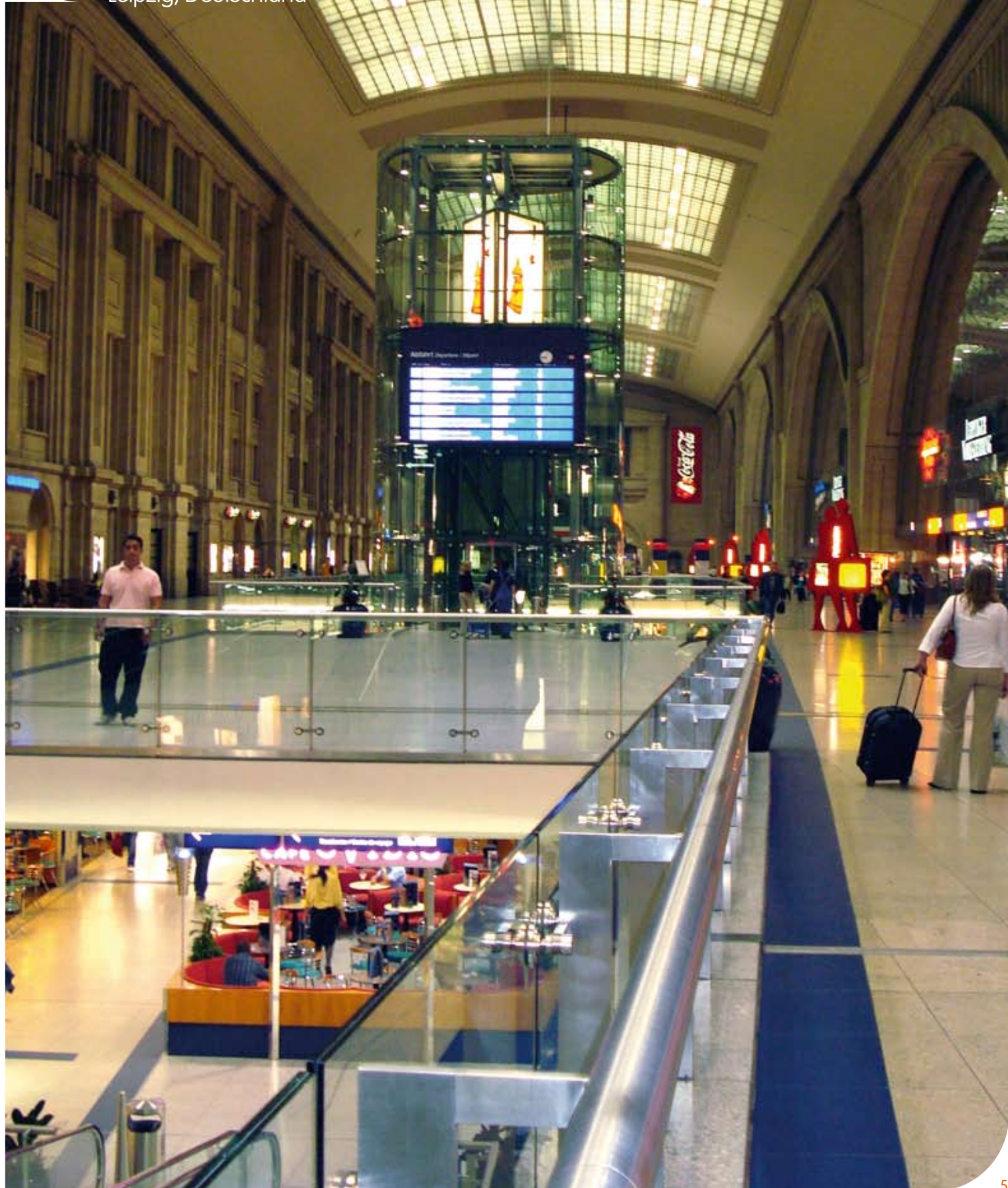
Der Umbau zur Schaffung eines Innenhofes erforderte einen Abriss mehrerer Sheddächer. Die Lage des Gebäudes und seine Sheddachform waren ideal für die Installation von Solarzellen zur Erwärmung von Wasser.

Es war notwendig, einen Feuerwiderstand von 30 Minuten für die Decken und die stützenden Tragwerke zu erhalten. In den Appartements wurde der Feuerwiderstand entweder durch eine Stahlbetonhülle von 70 mm Dicke oder, in den Bereichen, in denen Stützen in den Wänden verliefen, mit einem Brandschutzanstrich erreicht. In den Büroräumen wurde als Verkleidung Mineralwolle mit einer schützenden Gipsbeschichtung verwendet.

Im Gebäude selber ist das Stahltragwerk in den Appartements sichtbar geblieben (Abbildung 5.2.3).



Hauptbahnhof  
Leipzig, Deutschland









## 6. SEISMISCHE NACHRÜSTUNG

6.1 Fachwerkrahmen	56
6.2 Seismische Nachrüstung von gemauerten Gebäuden: Das Capodimonte-Viertel in Ancona (Italien)	59
6.3 Passive Kontrollsysteme	61
6.4 Anti-seismische Stahldächer	62
6.5 Seismische Nachrüsten durch Entkernung: Der Gerichtshof in Ancona (Italien)	65

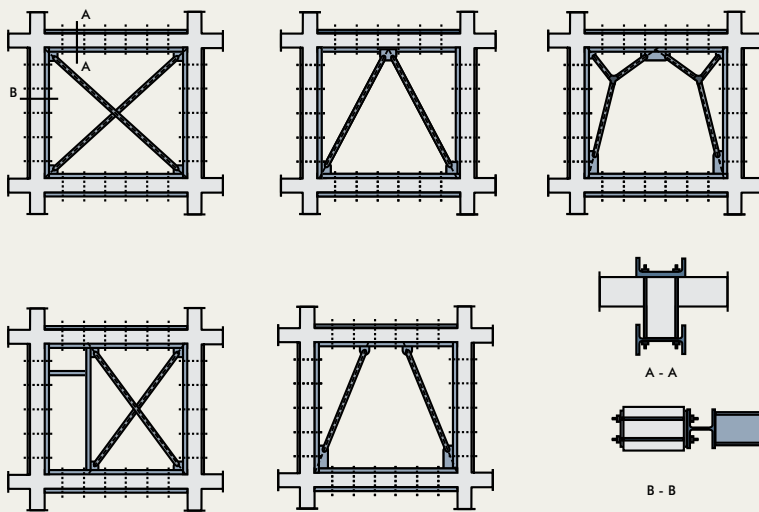


# 6.1 Fachwerkrahmen

Die Verwendung von Stahlverstrebungen zur Erdbebenverstärkung von Mauerwerk und Stahlbetontragwerken ist sehr effektiv. Es erlaubt das Einbauen von Schubwänden auf Fachwerkbasis, was zu einer beachtlichen Steigerung der Tragfähigkeit des Tragwerks gegen horizontale Beanspruchung führt und gleichzeitig die innere Steifigkeit im Hinblick auf den Schubmittelpunkt ausbalanciert und so gefährliche Torsionsschwingungen minimiert werden. (Abbildung 6.1.1).

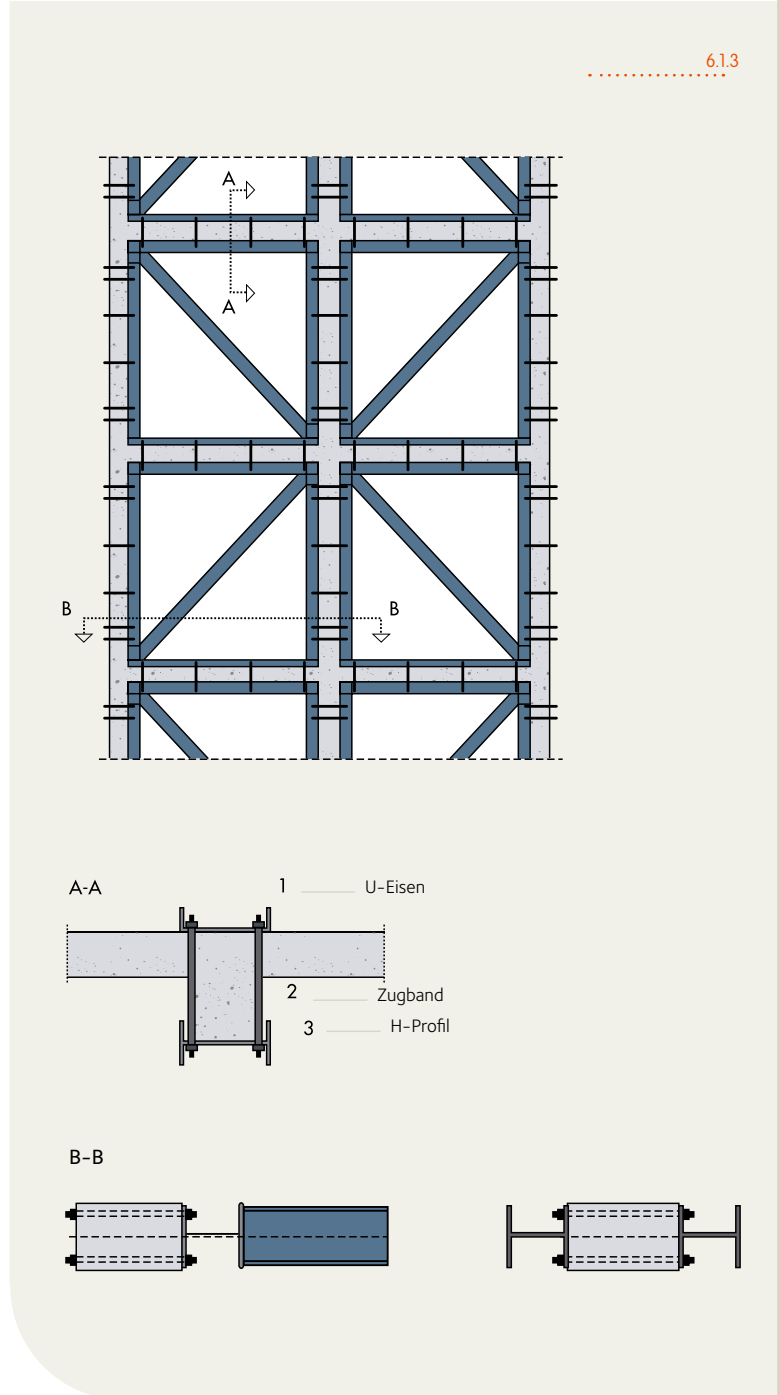
Im Fall von gemauerten Tragwerken können die Stahlverstrebungen im oder am Mauerwerk angebracht werden, und müssen mit dem Deckentragwerk verbunden werden (Abbildung 6.1.2).

6.1.1





Im Fall von Stahlbetontragwerken werden die Stahlprofile in die Öffnungen des Stahlbetonrahmentragwerks gesetzt und durch sogenannte „Anderskreuz-“ oder ähnliche Anordnungen von Diagonalen ausgesteift (Abbildung 6.1.3).



- 6.1.1 Verschiedene Stahlverbreugssysteme zur seismischen Verbesserung von Mauerwerk und Stahlbetontragwerken
- 6.1.2 Stahlverstrebugen an der Fassade eines gemauerten Gebäudes (Elektrizitätswerk in Ungarn)
- 6.1.3 Vierfeldrige Aussteifung (Anderskreuz) eines Stahlbetonrahmens

6.1.4



Mehrere seismische Nachrüstungen wurden auf der ganzen Welt durch den Einbau von Stahlverstrebrungen in die Stahlbetonraster durchgeführt (Abbildung 6.1.4).

Im Falle der Nachrüstung von Stahltragwerken im Hinblick auf seismische Aktivitäten muss nicht nur die Festigkeit, sondern auch die Duktilität verbessert werden, besonders in den Anschlüssen.

Es können passende Systeme zur Verstärkung der zwei klassischen Typen von Anschlüssen (starrer und gelenkiger Anschluss) mittels Anbringen von versteifenden Elementen verwendet werden.

Bei starren Anschlüssen wird durch Hinzufügen von Aussteifungen die Tragfähigkeit verbessert, bei gelenkigen Anschlüssen wird die Kapazität zur Aufnahme von Biegemomenten erhöht, die in den ursprünglichen Verbindungen so gut wie nicht besteht.

Die Erhöhung des Widerstands gegen horizontale Lasten kann einfach erreicht werden durch die Wahl größerer Querschnitte der diagonalen Streben oder durch das Anbringen von neuen Verstrebrungen im Falle von biegesteifen Rahmen.

# 6.2 Seismische Nachrüstung von gemauerten Gebäuden: Das Capodimonte-Viertel in Ancona (Italien)

Ein interessantes Beispiel seismischer Nachrüstung ist die Erneuerung des Capodimonte-Bezirks im historischen Zentrum von Ancona, dem ältesten Viertel der Stadt, einem ehemaligen Fischerviertel.

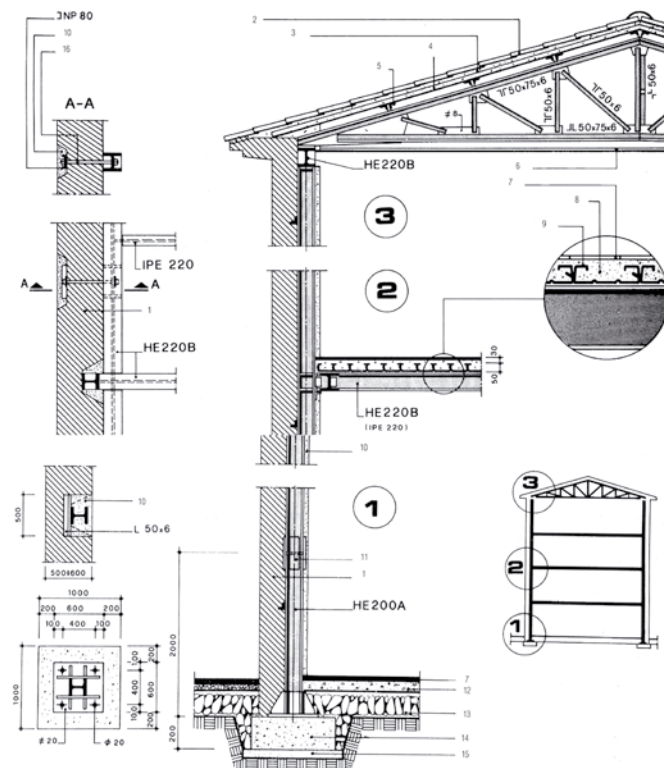
Die gemauerten Gebäude waren in einem weit fortgeschrittenen Stadium des Zerfalls durch starke Schäden aus dem Erdbeben von 1972 und aus früheren Erdbeben, wie dem von 1936, oder durch Bombardierungen während des 2. Weltkriegs. Diese Situation erforderte eine vorübergehende Evakuierung fast aller Bewohner des Viertels.

In allen Gebäuden mit zwei oder drei Stockwerken über dem Erdboden zeigten die massiven Ziegel und Steinwände viele ausgedehnte Risse und der Mörtel hatte seine gesamte Festigkeit verloren. Die Notwendigkeit einer zuverlässigen Methode, um diese Gebäude umzubauen, führte dazu, dass herkömmliche Konsolidierungsmaßnahmen, die auf einer örtlichen Verstärkung einzelner Komponenten beruhen, verworfen wurden und eine Lösung gewählt wurde, bei der der Schwerpunkt darauf lag, die komplette Belastung durch neue Tragwerke auf neue Fundamente zu übertragen.

Eine neue Stahlstruktur wurde in die äußeren und inneren Wände integriert und mit einer horizontalen Struktur, bestehend aus Trägern und Trapezblechen, verbunden. Das neue Stahlskelett, verbunden mit den Aussteifungswänden, ist ein unabhängiges Tragwerk zur Abtragung der vertikalen und horizontalen Lasten, das auch einer seismischen Belastung standhalten kann.

Das Stahlskelett ist völlig autonom und unabhängig von den bestehenden Wänden, die zu einfachen Trennwänden ohne tragende Funktion heruntergestuft wurden (Abbildung 6.2.1).

6.2.1



Die Renovierungsarbeiten wurden in folgende Etappen ausgeführt:

- Öffnungen, gebrochen in den unteren Teil der Wände für neue Stahlbetonfundamente (Abbildung 6.2.2),
- Positionierung der Ankerbolzen und Fußplatten (Abbildung 6.2.3),
- Schaffung vertikaler Aussparungen in den Außenwänden, in welche Stahlstützen über die gesamte Höhe eingestellt und provisorisch auf Geschosshöhe verbunden wurden (Abbildung 6.2.4),
- Errichtung von Dächern mit Fachwerken und Dachpfetten und einer Bedachung aus Dachziegeln (Abbildung 6.2.5),
- Vom oberen Geschoss ausgehender Abriss der inneren Wände und der entsprechenden Decken, und Aufbau der neuen Decken mit Haupt- und Nebenträgern, Trapezblechen und Ortbeton (Abbildung 6.2.6),
- Aufbau der Stahlbeton-Treppenhaukerne mit Treppen und Podesten in Ortbeton,
- Verbindung der Stahlrahmen mit den bestehenden Wänden und den Treppenhaukernen,
- Fertigstellung mit Trennwänden, Verputzarbeiten, Bodenbeläge und Endausbauten.

Die äußeren Wände, passend erneuert, behielten ihre architektonische und schützende Funktion, wurden aber von der Haupttragfunktion entbunden (Abbildung 6.2.7).



# 6.3 Passive Kontrollsysteme



6.2.5

Die Steuerung der Tragwerkreaktion bei Erdbeben kann mittels verschiedener Systeme erfolgen, die auf verschiedenen Konzepten basieren, wie Veränderung der Massen, Dämpfung und der Produktion von aktiven oder passiven Gegenkräften. Passive Systeme benötigen keine externe Energiezufuhr und die Eigenschaften der Tragwerke (Frequenz und/oder Dämpfung) sind unabhängig von den seismischen Untergrundbewegungen.

Die Energie absorbierenden Vorrichtungen wirken primär gegen die seismischen Kräfte und reduzieren wie ein Filter die seismische Wirkung auf die zu schützenden Tragwerke. Der Gebrauch von passiven Steuerungssystemen in der Renovierung von bestehenden Gebäuden mit monumentalem Charakter stellt ein vollkommen neues Objekt dar. Der Ersatz von bestehenden Dächern durch neue Stahltragwerke, wegen des oft schlechten Zustandes der ursprünglichen Holzbalken, schafft die geeigneten Voraussetzungen, um das passende passive Steuerungssystem zur Erhöhung der Erdbebenstabilität zu verwenden.



6.2.6

Die Basisbedingung eines guten seismischen Verhaltens von gemauerten Gebäuden ist die Scheibenwirkung einer oder mehrerer Decken. Nur wenn diese Bedingung erfüllt ist, kann eine effiziente Übertragung der Horizontalkräfte auf die Mauern gesichert werden. Im Falle gemauerter einstöckiger Gebäude, wie beispielsweise dem Mittelschiff einer Kirche, wird die starre Verbindung zwischen dem Mauerwerk und dem Dachtragwerk geschaffen, um den Scheibeneffekt zu gewährleisten. Das kann allerdings einige Probleme für die Wände verursachen, in Abhängigkeit von Temperaturschwankungen in Verbindung mit den geometrischen und mechanischen Eigenschaften des statischen Systems.



6.2.7

Wenn dagegen die Verbindung beweglich gestaltet ist, das Tragsystem sich frei bewegen kann, werden keine zusätzlichen Spannungen in das Mauerwerk eingeleitet. Allerdings ist dann auch die Scheibenwirkung im Erdbebenfall nicht gegeben.

Hydraulische Dämpfer können diesen widersprüchlichen Aspekt lösen, weil sie in der Lage sind, falls erforderlich, zwei unterschiedliche Verhalten an den Tag zu legen: Unter thermischer Belastung verhalten sich die hydraulischen Dämpfer durch die langsame Lastaufbringung wie Gleitlager, d.h. das Tragwerk des Daches ist statisch bestimmt und es entsteht keine zusätzliche Belastung aufgrund von Bewegungen durch Temperaturschwankungen.

Bei einem Erdbeben verhält sich die Vorrichtung aufgrund der hohen Geschwindigkeit der Belastung wie ein starres Auflager: In diesem Zustand ist das statische System unbestimmt und das gesamte seismische Verhalten ist verbessert. Die Vorrichtung hat eine plastische Schwelle, bei deren Überschreitung eine signifikante Energievernichtung stattfindet, so dass der seismische Effekt auf das Mauerwerk reduziert wird.

- 6.2.2 Neues Fundament und Stützensockel
- 6.2.3 Die Einbindung der Stahlstützen innerhalb des ursprünglichen Mauerwerks
- 6.2.4 Einbindung der Stahlstruktur im Mauerwerk
- 6.2.5 Das neue Stahldach
- 6.2.6 Das neue Deckentragwerk
- 6.2.7 Die äußere Fassade wurde belassen, das innere seismisch-resistente Stahltragwerk ist nicht sichtbar

# 6.4 Anti-seismische Stahldächer

- *Die Kirche San Giovanni Battista (Carife, Italien)*

Die Erneuerung der Kirche San Giovanni Battista in Carife nahe Avellino (Italien) stellt das erste Beispiel der Verwendung von hydraulischen Dämpfern im Bereich monumentaler Gebäude dar (1990). Eine neue Stahldachkonstruktion, bestehend aus ebenen und dreieckförmigen Fachwerken, wurde errichtet, um ein Kasten-ähnliches Verhalten des Mauertragwerks unter seismischer Belastung zu erzielen (Abbildung 6.4.1). Gleichzeitig wurden Dämpfer auf einer Seite an das ebene Fachwerk angebracht, so dass je nach Belastung eine starre oder freie Auflagerung der Struktur erreicht wird.

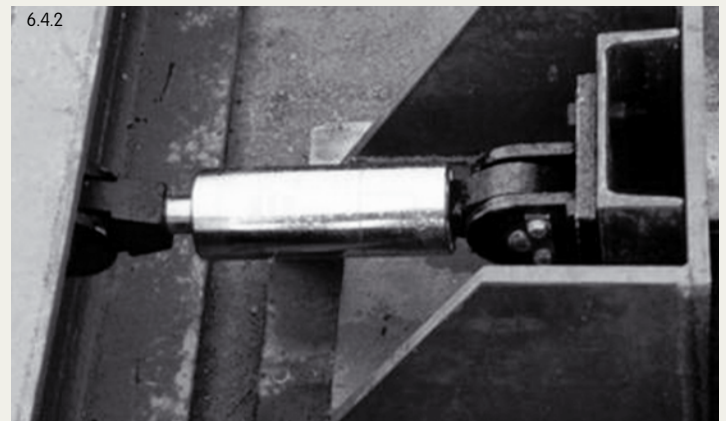
Die Vorrichtungen wurden so kalibriert, dass sich die starre Auflagerung bei Belastungen durch schwere Erdbeben nach den italienischen Vorschriften einstellt. Die Testergebnisse für die Vorrichtung bestätigten die Versuchsannahmen.

- *Die neue Bibliothek der Universität „Federico II“ (Neapel, Italien)*

Gleiches Konzept wie bei der o.g. Kirche wurde später (1996) bei der Erneuerung des ehemaligen Mathematikgebäudes der Universität von Neapel „Federico II“ verwendet, um eine neue Bibliothek zu schaffen. Dieser Eingriff wurde innerhalb einer größeren Erneuerung aller mehr als hundert Jahre alten monumentalen Gebäude des ursprünglichen Teils der alten Universität von Neapel getätigt.

Das Tragsystem der oberen Decke (16 x 32 Meter) wurde während der 50er-Jahre mittels Stahlbetonträgern (16 m freie Spannweite), Ziegelsteinen und Stahlbeton-Gusselementen erneuert.

Dieses Tragwerk war in einem sehr schlechten Zustand aufgrund der oberflächlichen Zersetzung des Betons und der dadurch bedingten Korrosion der Stahlbewehrung. Es wurde entschieden, die Struktur rückzubauen und durch ein neues Stahltragwerk aus Lochstegträgern und Trapezblechen zu ersetzen. Ein System von 24 hydraulischen Dämpfern und Neoprenlagern wurde als Auflager auf der äußeren Ziegelmauerwerkswand verwendet (Abbildung 6.4.2).



**6.4.1** Die Kirche San Giovanni Battista (Carife, Italien): Das neue Stahldach bestehend aus Fachwerk und horizontalen Längsträgern

**6.4.2** Das neue Stahldach mit einer passiv dämpfenden Vorrichtung: Hydraulischer Dämpfer



Gerichtshof der Europäischen  
Gemeinschaften, Luxemburg





- *Das Industriegebäude von Sarno (Salerno, Italien)*

Diese seismische Nachrüstung wurde an einem bestehenden einstöckigen Industriegebäude durchgeführt (2003). Aufgrund der großen Spannweite des Gebäudes und wegen des Fehlens von Zwischenwänden erschien die Verwendung von einem Stahlfachwerk wegen des geringen Gewichts und der seitlichen Stabilität als die passende Lösung (Abbildung 6.4.3). An den Auflagern der Dachfachwerke wurden ebenfalls energievernichtende Vorrichtungen angebracht (Abbildung 6.4.4).

Zu diesem Zweck wurden hydraulische Dämpfer und Kunststoffschwellvorrichtungen angebracht, um eine zufriedenstellende Reaktion des Gebäudes unter den verschiedenen Belastungen zu gewährleisten: Tägliche und saisonale Temperaturschwankungen im Dach, sowie leichte bis schwere Erdbeben.

Eine umfassende Studie über die seismische Tragwerkreaktion mittels des dynamischen Zeit-Verlaufsverfahrens zeigt die Effektivität der Lösung.

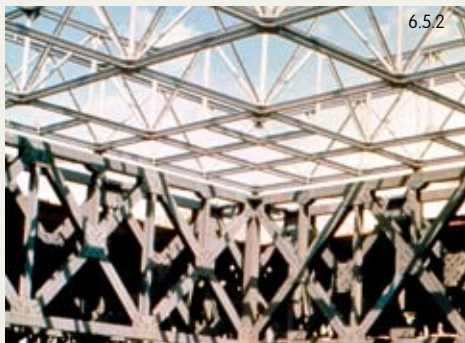
## 6.5 Seismische Nachrüsten durch Entkernung: Der Gerichtshof in Ancona (Italien)



Dieses Gebäude wurde komplett entkernt und umgebaut, um die neuen Gerichtsbüros unterzubringen. Die Anordnung der Fenster, Simse und aller Ornamente in der Mauerfassade, charakteristisch für den Neo-Renaissance-Stil, wurden erhalten (Abbildung 6.5.1).

Das Haupttragwerk besteht aus vier 9m x 9m breiten Stahlbetontürmen mit Treppen, Aufzügen und technischen Einrichtungen. Sie sind jeweils an den Innenecken platziert und umschließen den Innenhof. Diese Türme übernehmen zum einen die vertikalen Lasten aus der Auflagerung des Daches und der Aufhängung der 5 Stockwerke, zum anderen sorgen sie für die horizontale Stabilität im Falle seismischer Aktivität.

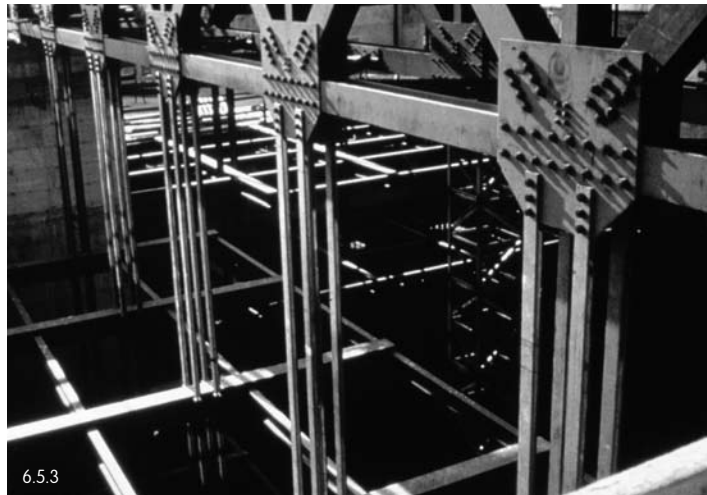
Das Aufhängungssystem im Dach besteht aus vier Paaren von Fachwerkträgern, gelagert auf den inneren Ecken der vier Stahlbetontürme. Diese bilden die Abgrenzung des Innenhofes. Jedes Paar Fachwerke bildet ein räumliches Kastensystem, 1,80 m breit und 4 m hoch mit x-förmigen Diagonalen (Abbildung 6.5.2).



Alle Fachwerkteile (Gurte, vertikale und diagonale Streben) bestehen aus I-Trägern und sind verbunden mit verschraubten Knotenblechen. Der innere Ring besteht aus 4 Paaren von Fachwerkträgern mit einer Spannweite von 21,4 Metern und stellt das Hauptelement des Stahlskeletts dar, an das die anderen Strukturen angeschlossen sind:

- Die Träger stützen die Kuppel, durch die natürliches Licht in den Innenhof gelangt,
- Die auskragenden Träger, welche den Bereich außerhalb des Perimeters der 4 Türme abdecken, sind an die unteren Fachwerkknoten der äußeren Kastenwände angeschlossen,
- Die Zugbänder für die fünf abgehängten Geschosse sind in Gruppen von je 4 an den Fachwerkknoten der inneren Untergurte angehängt (Abbildung 6.5.3).

Die 5 Geschosse bestehen aus 4 Teilflächen von circa 9 x 20 m zwischen den 4 Haupttürmen (Abbildung 6.5.4).



Die Tragstruktur besteht aus Walzträgern in Verbundwirkung mit einer Stahlbetondecke auf Trapezblechen. Die übrigen Bauelemente wurden mittels geschraubter Verbindungen befestigt. Diese individuellen Elemente wurden so vorgefertigt, um den Transport und die Montage innerhalb der historischen Altstadt in einer dicht besiedelten Gegend zu ermöglichen.



Atomium, Brüssel, Belgien





## 7. ANBAUTEN

- |  |    |
|--|----|
| 7.1 Vergrößern von Flächen: Van Leer- Bürogebäude in Amstelveen (Niederlande)                                    | 70 |
| 7.2 Vertikaler Ausbau: Gebäude in der Victoria Street in Toronto (Kanada)  | 71 |
| 7.3 Ausbau eines historischen Gebäudes: Die alte Fabrik von Briatico und das Kulturzentrum von Succivo (Italien) | 72 |
| 7.4 Aufgehängte vertikale Erweiterung: Das Jolly-Hotel in Caserta (Italien)                                      | 73 |
| 7.5 Der Reichstag in Berlin (Deutschland)  | 74 |
| 7.6 Verschiedene horizontale und vertikale Erweiterungen unter der Verwendung von Stahlbau in Deutschland        | 75 |



# 7.1 Vergrößern von Flächen: Van Leer-Bürogebäude in Amstelveen (Niederlande)

Das Bürogebäude wurde Ende der 50er-Jahre gebaut, um ursprünglich 500 Angestellten Platz zu bieten, aber nach der Dezentralisation der Van Leer-Gesellschaft arbeiteten nur noch 300 Angestellte hier. (Abbildung 7.1.1). Ferner waren die Energiekosten des Gebäudes sehr hoch, wie in den meisten Gebäuden, die vor der Ölkrise errichtet wurden.

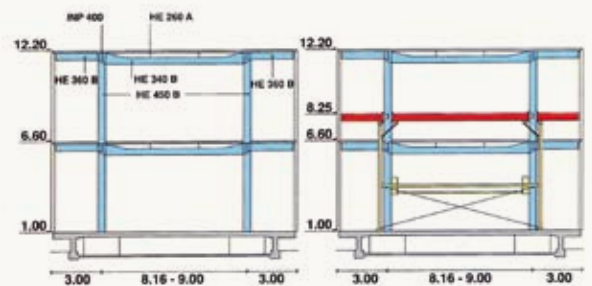
Das Gebäude besteht aus einer Haupthalle mit einem V-förmigen, zweistöckigen Büroflügel an jeder Seite. Jede Büroetage hat eine Grundfläche von 1000 m<sup>2</sup>. Die Technikräume sind im Hauptgebäude und in separaten Nebengebäuden untergebracht. Die Stockwerkshöhe ist mit 5,6 m brutto respektive 4,3 m netto in den Büroflügeln sehr hoch, in der Haupthalle beträgt sie sogar 7,2 m.

Das Tragwerk ist aus Stahl. Es stehen 19 Stützen in jedem der 1000 m<sup>2</sup> großen Flügel. Der Rahmen misst 8 m. Der Abstand zwischen den Stützen variiert, je nach Form des Grundrisses zwischen 8,15 und 9,0 m.

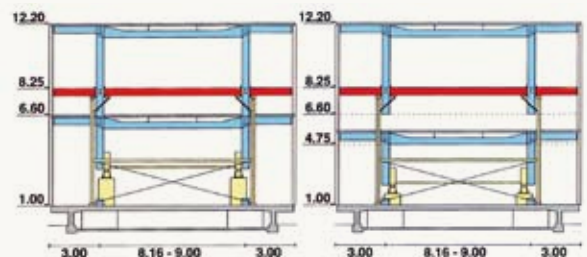
Bei der Errichtung des Gebäudes wurden bereits Anschlüsse in der Konstruktion und im Tragwerk vorgesehen und sie waren somit als eine Möglichkeit einer späteren Erweiterung um eine Etage vorhanden.



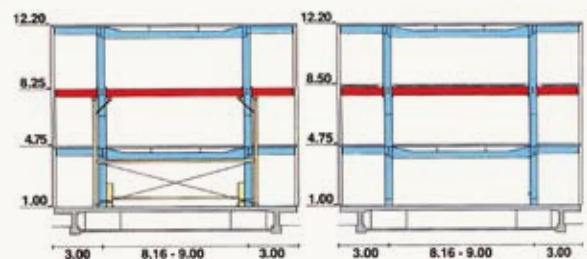
## 7.1.2



- a) Querschnitt Bestand
- Abriss der Innenwände
  - Abriss der Fassade
  - Freilegen der Stützen
  - Verschluss der Strom- und Heizleitungen
- b) Stahlstruktur an die neue Decke und die Hilfsstruktur anpassen
- Aufmaß des Bestandes zur Vermeidung von Maßabweichungen
  - Decke +6600 kann zum Verbinden der Stahlstruktur genutzt werden
  - Schraubverbindungen herstellen
  - Umlaufende Unterstützung der Decke +8250 zur Weiterleitung der Lasten in die Fundamente



- c) Einpassen der Pressen
- Sobald die Last von der Hilfsstruktur getragen wird, können die unteren Stützen gekürzt werden
  - Ausrichtung der Pressen
  - Durchtrennen der Stützen über Niveau +6600
  - Kurzzeitig trägt die Hilfsstruktur die Decken +6600 und +12200
  - Die Pressen sind auf maximales Niveau ausgefahren und stehen unter Last
- d) Absenken der Decke
- Schraubverbindungen zwischen Stützen und Träger Niveau +6600 lösen
  - Maximaler Absenktakt 10 mm
  - Gleichmäßiges Absenken ist ständig zu garantieren



- e) Decke Niveau +4750
- Die Decke wird bis zum neuen Niveau +4750 abgesenkt
  - die unteren Stützen werden zusammengeschweißt
  - das herausgetrennte Stützenstück wird eingepasst und verschweißt
  - nach vollständiger Verschweißung der Stützen kann die Hilfsstruktur entfernt werden
- f) 2. Decke Niveau +8500
- Anpassen der Deckenplatten
  - vergießen der Fugen mit Beton
  - Anpassen der Fassade
  - Fertigstellen des Gebäudes



## 7.2 Vertikaler Ausbau: Gebäude in der Victoria Street in Toronto (Kanada)

Die Hauptpunkte des Bedarfsprogramms waren:

- Reduzierung der Geschosshöhe in den Büroflügeln von 5,6 m auf 3,75 m im bestehenden Gebäudevolumen, um die Nutzfläche von 4000 m<sup>2</sup> auf 6000 m<sup>2</sup> zu erweitern,
- Der Entwurf einer neuen, vollständig isolierten Fassade, wobei die ursprüngliche Ansicht des Gebäudes erhalten werden sollte,
- Die Schaffung neuer Versorgungseinrichtungen in beiden Flügeln, beispielsweise Lifte, Treppen und Toiletten,
- Folgende Lösungen wurden zur Realisierung der ersten Phase übernommen (Abbildung 7.1.2):

- Einbau einer Stahlkonstruktion für das neue Geschoss auf 8,25 m,
- Montieren der vorübergehenden Tragkonstruktion darunter,
- Kürzen der Basisstützen bei 1,85 m und Erhalt dieser Stützenprofile,
- Platzieren der Hubspindeln,
- Entfernung der Teilstützen und Senken der Decke um 1,85 m,
- Austausch der Stützenprofile und Zusammenschweißen des Tragwerks.

Dieses Beispiel zeigt das Potential von Stahl zur Verbesserung vertikaler Anbauten. In Toronto wurde ein sechsstöckiges Gebäude aus Stahlbeton bemessen, um um mehr als vier Stockwerke mit demselben Material erweitert zu werden (Abbildung 7.2.1).



Entgegen der Anfangswahl wurde später entschieden, Stahl für das zusätzliche Tragwerk zu verwenden. Dadurch war es möglich, anstatt vier acht neue Stockwerke hinzuzufügen. Deshalb hat das Gebäude nun nach der Aufstockung 14 Stockwerke anstatt 10 bei Stahlbetonausführung, mit einer enormen Zunahme des nutzbaren Volumens, verglichen mit der ursprünglichen Planung.

7.1.1 Das Van Leer-Bürogebäude (Amstelveen, Niederlande)

7.1.2 Die verschiedenen Phasen der Umwandlung des Stahltragwerks von 2 in 3 Stockwerke

7.2.1 Das ursprüngliche Stahlbetongebäude in der Victoria Street (Toronto, Kanada)

## 7.3 Ausbau eines historischen Gebäudes: Die alte Fabrik von Briatico und das Kulturzentrum von Succivo (Italien)

Die alte Fabrik in Briatico wurde zu Beginn des 15. Jahrhunderts gebaut. Ihr ursprüngliches Tragwerk ergibt sich aus der Entwicklung während der Jahrhunderte der Gebäudenutzung, von Zucker-, über Woll- bis zu Seifenproduktion. Die letzte Erneuerung in den 80er-Jahren verwandelte das Gebäude in ein Sportcenter, mit der architektonischen Anforderung, die bestehende Auslegung der Fassade so weit wie möglich aufrechtzuerhalten. Eine Stahllösung wurde gewählt, um eine neue Ebene zu schaffen, charakterisiert durch ein leichtes und erdbebensicheres Stahlskelett abgedeckt mit Trapezblechen (Abbildung 7.3.1).

Ein weiteres Gebäude, die ehemalige „Carabinieri“-Kaserne, wurde konsolidiert und in das Kulturzentrum von Succivo, Caserta (Italien) umgewandelt.

Die Notwendigkeit, neuen Raum zu schaffen und gleichzeitig das Mauertragwerk zu erhalten, wurde auch im Hinblick auf die Erdbebensicherheit angemessen erfüllt, dank der Voraussetzungen von Stahlbausystemen.

Das alte Dach wurde in ein Penthouse umgewandelt, welches im neuen Dachtragwerk angesiedelt ist, bestehend aus Vierendeel-Fachwerkträgern. Dadurch entstand ein geringer Volumenanstieg im oberen Bereich, während das Gesamtgewicht reduziert wurde (Abbildung 7.3.2).

Der Aufbau der vorgefertigten Fachwerke war sehr einfach und mühelos (Abbildung 7.3.3).



- 7.3.1** Die vertikale Erweiterung einer alten Fabrik (Briatico, Italien)  
**7.3.2** Das neue Penthouse auf einem historischen Gebäude (Succivo, Italien)  
**7.3.3** Die neuen Stahlfachwerke während der Montage

## 7.4 Aufgehängte vertikale Erweiterung: Das Jolly-Hotel in Caserta (Italien)

Das Jolly-Hotel in Caserta (Italien) bestand ursprünglich aus drei Gebäuden: zwei sechsstöckige Stahlbetonbauten und ein dreistöckiges, gemauertes Gebäude dazwischen.

Das dazwischen liegende, gemauerte Gebäude sollte um drei Stockwerke erhöht werden, um dieselbe Höhe wie die beiden angrenzenden Gebäude zu erhalten. Der Zustand des Mauerwerks erlaubte es trotz Konsolidierungsmaßnahmen nicht, der Aufstockung standzuhalten. So wurde eine alternative Stahlbaulösung verwendet.

Diese besteht aus der Konstruktion von fünf großen Rahmen, an denen die drei neuen Geschosse aufgehängt sind. Die neuen Rahmen, außen und in der Mitte der Fassade, schaffen einen beachtlichen ästhetischen Wert der ursprünglich schwachen Architektur.

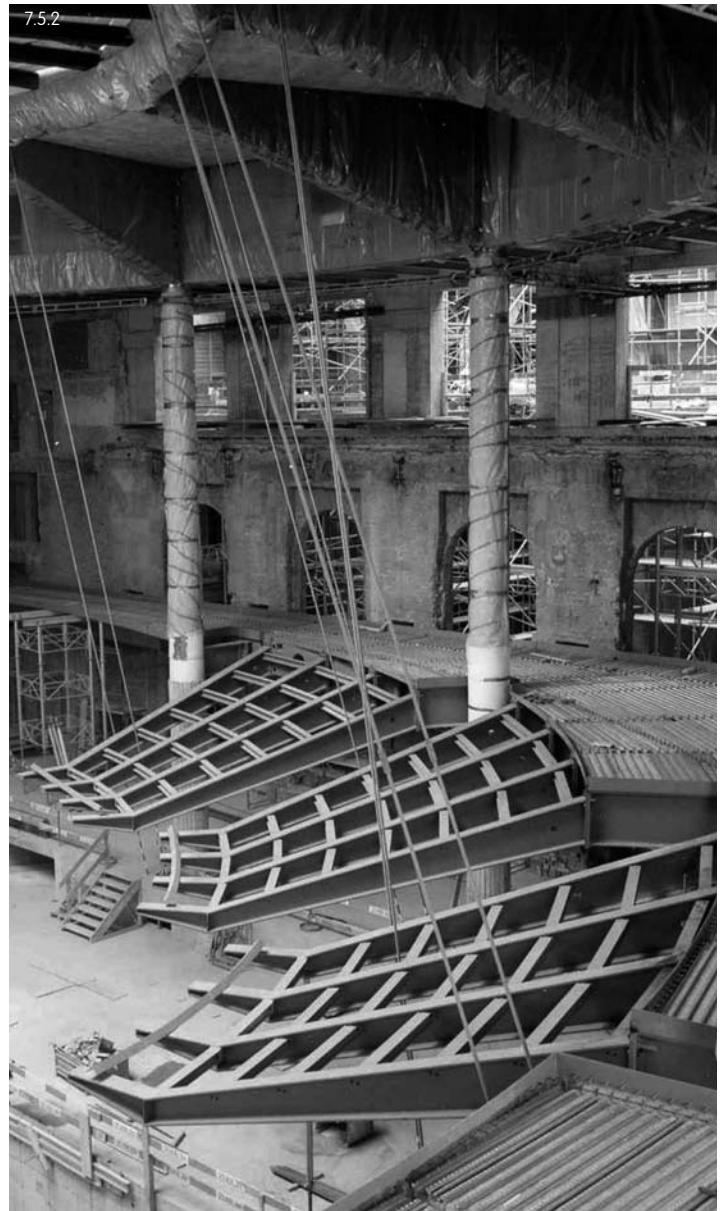
# 7.5 Der Reichstag in Berlin (Deutschland)

Die Erneuerung des Reichstages in Berlin war Gegenstand eines internationalen Wettbewerbs, den der Architekt Sir Norman Foster gewann. Die Basis des Entwurfs war der Ersatz der ursprünglichen Kuppel durch eine neue, große, transparente Hemisphäre mit einem zentralen Kegel, der das natürliche Licht direkt in das Gebäude reflektiert und ebenfalls als natürliche Klimaanlage erwendet wird.

Die Stahl-Glas-Kuppel mit einem Durchmesser von 38 m und einer Höhe von 23,5 m steht in der Mitte des Gebäudes, 24 m über den Erdboden. Ihr Tragwerk besteht aus 24 kreisförmigen Rippen, die aus einem unteren Kastenring hervorkommen. Die spiralförmige Rampe ist ein integraler Teil der Kuppel und wirkt wie ein sehr steifer Ring des Tragsystems.

Der Arbeitsbereich des Parlaments ist unter der Kuppel angesiedelt (Abbildung 7.5.1) und verfügt über modernste Technik.

Die Galerien und drei Plenarsaalaufständierungen wurden mit Stahltragsystemen gebaut (Abbildung 7.5.2).



# 7.6 Verschiedene horizontale und vertikale Erweiterungen unter der Verwendung von Stahlbau in Deutschland

Eine Erweiterung mit Rekonstruktion wurde im ehemaligen Verwaltungsgebäude und Förderturm der Zeche „Nordstern“ in Gelsenkirchen durchgeführt, welches in ein Büro und Freizeitzentrum umgebaut wurde (Abbildung 7.6.1).

Die Erneuerung der alten Stadthalle in Berlin wurde kombiniert mit der Realisation einer zusätzlichen 6. Etage, um den Büroraum zu erweitern.

Die bestehenden Gebäude des Krankenhauses „Perinatal Centre“ in Hamm wurden mittels Stahlbausystemen horizontal erweitert.

Ein anderes Krankenhaus, die Crona-Klinik in Tübingen wurde durch neue Stahlrahmen horizontal erweitert.

Eine vertikale Erweiterung wurde in der Turnhalle von Schwäbisch-Hall vorgenommen, welche die Nutzung der bestehenden Gebäude während des Umbaus erlaubte (Abbildung 7.6.2).

Das „Stadtlagerhaus“ im Hamburger Hafen, nahe am berühmten Fischmarkt, repräsentiert eine neue Kombination von Leben und Arbeiten im Hafenviertel der Hamburger City.

Die Rekonstruktion und horizontale Erweiterung eines ehemaligen Speichergebäudes und eines ehemaligen Getreidesilos zum einem Loft und einem Bürogebäude wurde unter der Verwendung von Stahlbausystemen gemacht (Abbildung 7.6.3).



- 7.5.1** Die Kuppel des Reichstags (Berlin, Deutschland)
- 7.5.2** Das Stahltragwerk der Galerien im Reichstag (Berlin, Deutschland)
- 7.6.1** Die Zeche Nordstern (Gelsenkirchen, Deutschland) - nach dem Umbau
- 7.6.2** Die Aufstockung eines Gymnasiums in Schwäbisch-Hall
- 7.6.3** Das Stadtlagerhaus im Hamburger Hafen als das Ergebnis der Umnutzung eines ehemaligen Speichergebäudes und Getreidesilos (Hamburg, Deutschland)



Fondation Cognac-Jay, Rueil-Malmaison, Frankreich

# Bildernachweis

## BELGIEN

S. 67-69

Atomium – Brüssel

Bauherr: ASBL Atomium VZW

Architekt: Conix Architecten

Planungsbüros: Bgroup-

Arbeitsgemeinschaft, Geocal

Photograph: Marc Detiffe, asbl Atomium:

Marie-Françoise Plissart, Luc Turlous

## LUXEMBURG

S. 23

Abtei von Neumünster – Luxemburg

Bauherr: Ministerium für öffentlichen Bauten

Architekt: J. Ewert

Planungsbüro: Inca

Photograph: Menn Bodson

## FRANKREICH

S. 17

Französische Rammen – Perpignan

Bauherr: Stadt Perpignan

Architekt: Philippe Pous

Planungsbüro: Soulas-Etec

S. 76

Gründung Cognac-Jay, Rueil-Malmaison

Bauherr: Gründung Cognac-Jay

Architekten: Jean Nouvel, Didier Brault

Planungsbüro: BET

Photograph: Philippe Ruault

## SPANIEN

S. 2-3, 5, 26-27

Nationales Museum Reina Sofia – Madrid

Bauherr: Nationales Museum Reina Sofia

Architekt: Jean Nouvel und Alberto Medem

Planungsbüros: Esteyco, JG y asociados, Higiní Arau

Photograph: Joaquim Cortés,

José Luis Municio, Ana Müll

S. 41

Bernabéu-Stadion – Madrid

Bauherr: Real Madrid C. F.

Architekt: Estudio Lamela

Photograph: Estudio Lamela,

Francisco Pablos Laso

## DEUTSCHLAND

S. 16

Christus Pavillon – Hannover

Architekten: Gerkan, Marg + Partner Architects

# Technische Beratung & Anarbeitung der Träger

## Technische Beratung

Um die Verwendung unserer Produkte und Lösungen in Ihren Projekten zu optimieren und sämtliche Fragen rund um den Einsatz von Profil- und Stabstahl zu beantworten, stellen wir Ihnen eine kostenlose technische Beratung zur Verfügung. Diese reicht vom Tragwerksentwurf und der Vordimensionierung über Oberflächen- und Brandschutz, Metallurgie bis hin zu Konstruktionsdetails und zur Schweißtechnik.

Unsere Spezialisten stehen Ihnen jederzeit zur Verfügung, um Sie bei Ihren Aktivitäten weltweit zu unterstützen.

Zur Erleichterung der Planung Ihrer Projekte bieten wir außerdem umfangreiche Software und technische Dokumentationen an, die Sie auf folgender Website aufrufen oder herunterladen können.

[www.arcelormittal.com/sections](http://www.arcelormittal.com/sections)

## Anarbeitung der Träger

Wir halten verschiedene technische Einrichtungen für die Anarbeitung vor, um das Angebot zu optimieren.

Unsere Möglichkeiten zur Anarbeitung umfassen folgende Bereiche:

- Bohren
- Brennschneiden
- Zuschneiden auf T-Querschnitt
- Ausklinken
- Überhöhen
- Biegen
- Richten
- Kaltsägen auf exakte Längen
- Aufschweißen von Kopfbolzendübeln
- Strahlen
- Oberflächenbehandlung

## Building & Construction Support

ArcelorMittal verfügt über ein professionelles Team, das sich quer über alle Stahlprodukte von ArcelorMittal ganz dem Baubereich widmet: die Building & Construction Support (BCS) Division.

Die Erzeugnisse sowie die Anwendungsmöglichkeiten in der Baubranche: Tragwerke, Fassaden, Dächer, etc. finden Sie auf der Website

[www.constructalia.com](http://www.constructalia.com)



# Ihre Partner

## DEUTSCHLAND

ArcelorMittal  
Commercial Sections  
Subbelrather Straße 13  
D-50672 Köln  
Tel.: +49 221 572 90  
Fax.: +49 221 572 92 65  
[www.arcelormittal.com/sections](http://www.arcelormittal.com/sections)

ArcelorMittal  
Commercial Sections  
Augustenstraße 14  
D-70178 Stuttgart  
Tel.: +49 711 667 40  
Fax.: +49 711 667 42 40  
[www.arcelormittal.com/sections](http://www.arcelormittal.com/sections)

ArcelorMittal  
Building & Construction Support  
Subbelrather Straße 13  
D-50672 Köln  
[www.arcelormittal.com/constructalia](http://www.arcelormittal.com/constructalia)

Bauen mit Stahl  
Sohnstraße 65  
D-40237 Düsseldorf  
Tel.: +49 211 670 78 28  
Fax.: +49 211 670 78 29  
[www.bauen-mit-stahl.de](http://www.bauen-mit-stahl.de)

## ÖSTERREICH

ArcelorMittal  
Commercial Sections  
Vogelweiderstraße 66  
A-5020 Salzburg  
Tel.: +43 662 886 74 4  
Fax.: +43 662 886 74 41 0  
[www.arcelormittal.com/sections](http://www.arcelormittal.com/sections)

## SCHWEIZ

ArcelorMittal  
Commercial Sections  
Innere Margarethenstrasse 7  
CH-4051 Basel  
Tel.: +41 612 277 77 7  
Fax: +41 612 277 76 6  
[www.arcelormittal.com/sections](http://www.arcelormittal.com/sections)

ArcelorMittal  
Building & Construction Support  
Subbelrather Straße 13  
D-50672 Köln  
[www.arcelormittal.com/constructalia](http://www.arcelormittal.com/constructalia)

SZS  
Stahlbau Zentrum Schweiz  
Seefeldstrasse 25  
CH-8034 Zürich  
Tel.: +41 442 618 98 0  
Fax.: +41 442 620 96 2  
[www.szs.ch](http://www.szs.ch)

# Notizen

A series of horizontal dotted lines for writing notes.

Federico M. Mazzolani

Department of Structural Analysis and Design, University of Naples "Federico II", Naples, Italy

ArcelorMittal  
Commercial Sections

66, rue de Luxembourg  
L-4221 Esch-sur-Alzette  
LUXEMBOURG  
Tel. + 352 5313 3014  
Fax + 352 5313 3087

[www.arcelormittal.com/sections](http://www.arcelormittal.com/sections)

Version 2008-1



**Mix**

Produktgruppe aus vorbildlich bewirtschafteten  
Wäldern und anderen kontrollierten Herkünften  
[www.fsc.org](http://www.fsc.org) Zert.-Nr. EUR-COC-051203  
© 1996 Forest Stewardship Council