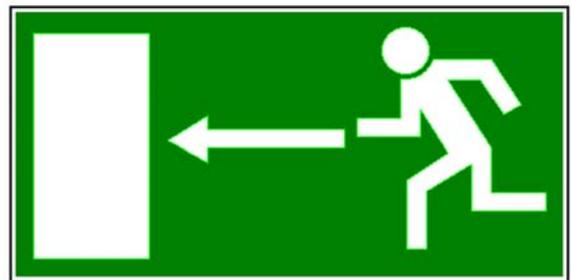
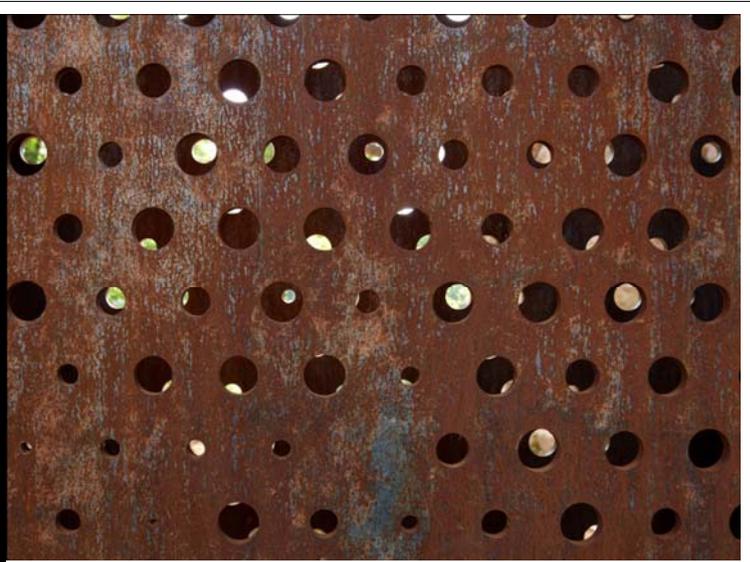


Frankfurt University of Applied Sciences  
Prof. Jean Heemskerck

Konstruieren 5  
**Stahlbau 3 – Anforderungen**



Prof. Jean Heemskerck

## Anforderungen

1. Korrosionsschutz
2. Brandschutz



Prof. Jean Heemskerck

## Anforderungen

Eine Stahlkonstruktion muss sicher und technisch richtig geplant werden. Darüber hinaus sollte sie wirtschaftlich, nicht korrodieren und eine einfache Montage ermöglichen.

Diese Anforderungen kann man nicht immer alle erfüllen, zuweilen widersprechen sie sich sogar. Daher müssen die PlanerInnen im Einzelfall abwägen und Prioritäten setzen.

Prof. Jean Heemskerck



## 1. Korrosionsschutz

- 1.1. wetterfester Stahl
- 1.2. nichtrostender Stahl
- 1.3. Beschichtungen
- 1.4. Feuerverzinken (Überzug)
- 1.5. Duplex-Systeme
- 1.6. Korrosionsschutz von Seilen

Prof. Jean Heemskerck



## 1. Korrosionsschutz

Man unterscheidet zwischen atmosphärischer Korrosion und Kontaktkorrosion.

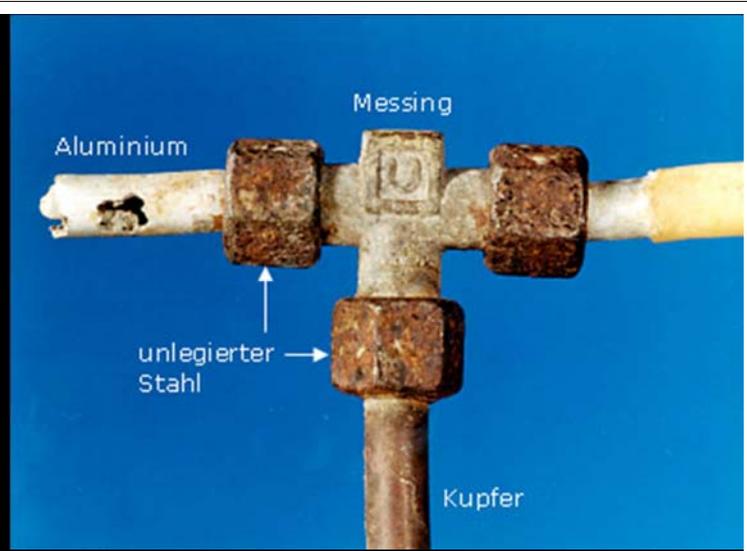
### Kontaktkorrosion

Kontaktkorrosion entsteht, wenn sich zwei Metalle mit unterschiedlichem elektrochemischem Potential in einem korrosiven Medium (leitendes Medium z.B. Salzwasser) berühren, dann korrodiert das unedlere Metall.

Das Flächenverhältnis der beiden Metallsorten spielt dabei eine Rolle. Je größer die Fläche des edleren Partners im Verhältnis zum unedleren ist, umso stärker wird der Letztere korrodieren. Verschraubt man beispielsweise Edelstahlbleche mit Aluminiumschrauben, so werden die Schrauben angegriffen. Eine Verschraubung von Aluminiumblechen mit Edelstahlschrauben ist weniger problematisch.

Um Kontaktkorrosion zu verhindern, sind die Kontaktflächen durch Trennlagen, bei Schrauben durch Kunststoffunterlegscheiben und -hülsen zu isolieren.

Prof. Jean Heemskerk



### Atmosphärische Korrosion

Zum Schutz gegen atmosphärische Korrosion sind aktive und passive Maßnahmen erforderlich.

Aktiver Schutz wird durch korrosionsschutzgerechtes Konstruieren erreicht, passive Maßnahmen schützen die Stahloberfläche, z.B. durch Legierungen wie Edelstahl oder durch Anstriche.

Arbeitshilfen auch unter [www.bauforumstahl.de](http://www.bauforumstahl.de).

Prof. Jean Heemskerk

## Stahlbau Arbeitshilfe



### 1.1 Korrosionsschutzgerechte Gestaltung

#### Vorbemerkung

Die Form eines Bauwerkes kann seine Korrosionsanfälligkeit beeinflussen. Wesentliche Voraussetzung für einen wirksamen Korrosionsschutz ist die korrosionsschutzgerechte Gestaltung der Konstruktion (DIN EN ISO 12944-3).

#### Vielältige Anforderungen

An den Konstrukteuren werden hierbei vielfältige Anforderungen gestellt. Eine Stahlkonstruktion sollte u. a. sicher, wirtschaftlich, fertigungs-, schweiß-, beschichtungs-, montage- und korrosionsschutzgerecht konstruiert sein. Diese Forderungen können sich widersprechen. Bei Interessenwiderstreit muss nicht zuletzt der Konstrukteur entscheiden.

#### Grundsätzliche Forderungen

Die Oberflächen von Stahlbauten, welche Korrosionsbelastungen ausgesetzt sind, sollten möglichst klein und wenig gegliedert sein. Das Bauwerk sollte wenig Unregelmäßigkeiten (z. B. Überlappungen, Ecken, Kanten) aufweisen. Um eine ebene Gesamtoberfläche zu erreichen, sollten Schweißverbindungen den Schrauben- oder Nietverbindungen vorgezogen werden. Unterbrochene Schweißnähte und Punktschweißnähte sollten nur angewendet werden, wenn die Korrosionsgefahr unbedeutend ist (Bild 1).

#### Zugänglichkeit/Erreichbarkeit

Stahlbauteile sollten zugänglich oder erreichbar gestaltet sein, damit das Beschichtungssystem aufgetragen, überwacht und instandgesetzt werden kann. Zugänglichkeit bedeutet, dass der Raum zwischen Bauwerken und/oder Bauteilen den Zutritt von Personen erlaubt; Erreichbarkeit bedeutet, dass alle Flächen von Hand mit Werkzeugen vorbereitet, beschichtet und geprüft werden können (Bilder 2a und 2b).

#### Feuerverzinken

Für das feuerverzinkungsgerechte Konstruieren sind die Regelungen in DIN EN ISO 14713 zu beachten. Insbesondere ist zu beachten:

- Vermeidung geschlossener Hohlräume oder Vorsehen von Entlüftungöffnungen,
- Vermeidung großflächiger Überlappungen (> 100 cm<sup>2</sup>) durch aufeinandergelegte Bleche und Profile (verdeckte Hohlräume),
- Sicherstellung eines ungehinderten Ablaufs der Zinkschmelze.

Bild 1

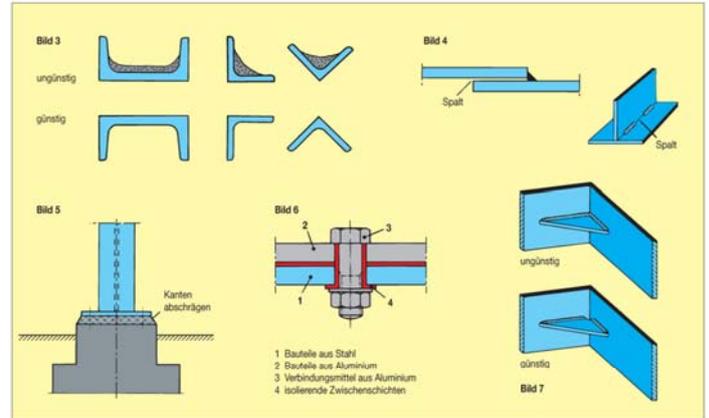
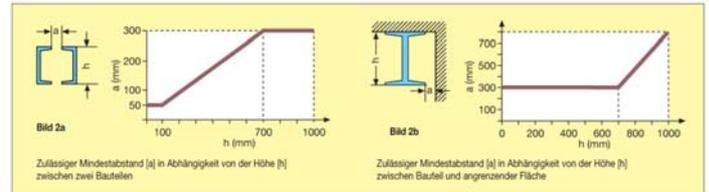


#### Einige Grundregeln

- Oberflächenformen, auf denen sich Wasser ansammeln kann, und die in Verbindung mit Fremdstoffen (Schmutz, Salze u. a.) die Korrosionsbelastung verstärken, sollten vermieden werden (Bild 3):
  - Konstruktionen mit geneigten oder abgeschrägten Oberflächen vorsehen,
  - oben offene Profile vermeiden oder in Schräglage anordnen,
  - keine Taschen oder Vertiefungen vorsehen, in denen sich Wasser oder Schmutz ansammeln kann,
  - Wasser und korrosive Flüssigkeiten vom Bauwerk ableiten.
- Spalte und Schlitze sind möglichst zu verschließen. Bei freibewitterten Bauteilen sind Punktschweißungen und unterbrochene Schweißnähte zu vermeiden (Bild 4).
- Scharfe Kanten aus dem Fertigungsprozess sollten gerundet oder gebrochen werden. Grate an Löchern und Schnittkanten müssen entfernt werden.
- Bei Stützenläufen im Freien für Wasserabfluss sorgen (Bild 5).
- Offene Hohlkästen und offene Hohlbauteile, die der Einwirkung von Oberflächenfeuchte ausgesetzt sind, müssen mit Umluft- und Entwässerungsöffnungen versehen und innen wirksam gegen Korrosion geschützt werden.
- Geschlossene Hohlkästen und geschlossene Hohlbauteile verbleiben ohne Korrosionsschutz. Sie dürfen weder Luft noch Feuchtigkeit eindringen lassen. Sie sind durch umlaufende Schweißnähte abzudichten. Öffnungen sind mit Dichtschotten zu versehen.
- Für die Beschichtung von Kontaktflächen planmäßig vorgespannter Scher-Lochleibungsverbindungen (SLV/SLVP) sind zulässige Höchstwerte für die Schichtdicke und/oder geeignete Beschichtungssysteme festzulegen.
- Aussparungen in Aussteifungsrippen, Stegen oder ähnlichen Bauteilen sollten einen Radius von mindestens 50 mm besitzen (Bild 7).
- Bei Verbundkonstruktionen sind die Stahloberflächen mit einer quellfesten und versieilungsbeständigen Beschichtung, z. B. auf Epoxidharzbasis, 5 cm in den Beton hineingehtend zu beschichten.
- Das Verbinden von Bauteilen aus Metallen mit unterschiedlichen elektrochemischen Potential sollte vermieden werden. Ist das konstruktiv nicht möglich, sollten die Kontaktflächen elektrisch isoliert werden (Bild 6).
- Für Stahloberflächen, die nach der Montage nicht mehr zugänglich sind oder besonderen Korrosionsbelastungen unterliegen, sind erhöhte Korrosionsschutzmaßnahmen vorzusehen.

Aktiver Schutz entsteht durch korrosionsschutzgerechtes Konstruieren, in dem man verhindert, dass Wasser und übermäßige Feuchtigkeit an die Bauteile vordringt, bzw. sie gut wieder abgeleitet wird

- glatte wenig strukturierte Oberflächen
- keine Wasser- und Schmutz- „Fänger“
- einsehbar und zugängliche Bauteile
- geneigte Oberflächen
- Fugen und Löcher zum Wasserablauf
- Schweißverbindungen sind glatter (aber Gefügeveränderung im Stahl beachten)
- Hohlprofile sind luftdicht abzuschließen, z.B. durch umlaufende Schweißnähte



**Literatur**

- Stahlbau Arbeitshilfen
- Korrosionsschutz 1, 1.2, 1.3, 1.4
- DIN EN ISO 12944-1/8 „Korrosionsschutz von Stahlbauten durch Beschichtungssysteme“
- DIN EN ISO 1461 „Durch Feuerverzinken auf Stahl aufgetragene Zinküberzüge (Stückverzinken)“
- DIN EN ISO 14713 „Schutz von Eisen- und Stahlkonstruktionen vor Korrosion, Zink- und Aluminiumüberzüge“

**Sicherheit: ausgereifte Technik und qualifizierte Beratung**

- Die Mitgliedsfirmen des Deutschen Stahlbauverbandes DSTV beherrschen die modernen Korrosionsschutzverfahren. Diese Unternehmen sind in der Lage, Sie bei der Auswahl eines wirksamen und wirtschaftlichen Oberflächenschutzes fachmännisch zu beraten und diesen auszuführen.
- Wünschen Sie, z. B. im frühen Entwurfsstadium, eine firmenneutrale Beratung, steht Ihnen BAUEN MIT STAHL gern mit Rat und Information zur Verfügung.



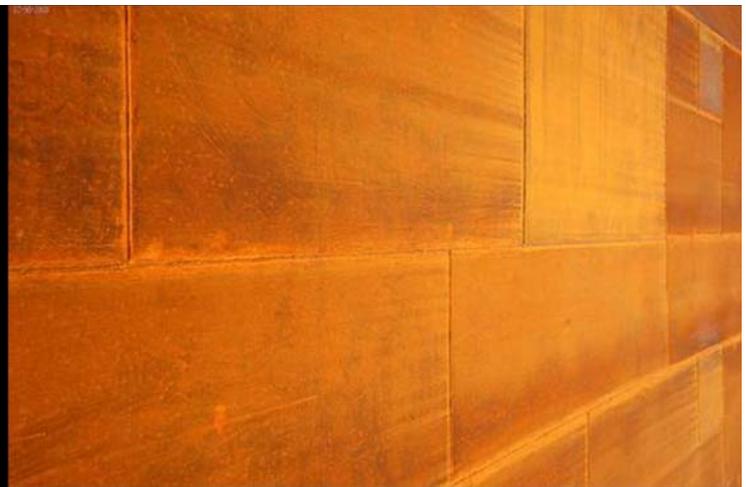
Sohnstraße 65 · 40237 Düsseldorf  
 Postfach 10 48 42 · 40039 Düsseldorf  
 Telefon (02 11) 67 07-828  
 Telefax (02 11) 67 07-829  
 Internet: www.bauen-mit-stahl.de  
 E-Mail: zentrale@bauen-mit-stahl.de

Prof. Jean Heemskerck

Passiver Schutz verhindert Korrosion durch eine Veredelung der Oberfläche:

- wetterfester Stahl
- nichtrostender Stahl
- Beschichtungen
- Feuerverzinken (Überzug)
- Duplex-Systeme

Auch bei den passiven Maßnahmen sollten die aktiven Maßnahmen Anwendung finden, um einen maximalen Schutz zu gewährleisten. Hier ist im Einzelfall abzuwägen.



Prof. Jean Heemskerck

## 1.1. wetterfester Stahl

- zählt laut DIN zu den Edelstählen
- CORTEN-Stahl seit 1932 in Amerika enthält Legierungszusätze Kupfer, Phosphor, Silicium, Nickel und Chrom, mit erhöhtem Restwiderstand (CORrosion resistance) und hoher Zugfestigkeit (TENsile strength)
- bildet unter natürlicher Bewitterung eine fest haftende, schützende Rostdeckschicht
- Rostvorgang wird verlangsamt, nicht beendet
- für Dauerfeuchtigkeit ungeeignet, stehendes Wasser ist unbedingt zu vermeiden!
- Oberfläche rau durch muldenförmigen Korrosionsabtrag; für eine optisch gleichmäßige Oberfläche muss der Stahl durch Sandstrahlen vorbereitet werden (Walzhaut entfernen)

Prof. Jean Heemskerck



Geschichtsarchiv in Essen  
Scheidt-Kasprusch-Architekten 2010

In Abhängigkeit von der geplanten Nutzungsdauer müssen Abrostungszuschläge für die verschiedenen Korrosionsbelastungen eingeplant werden.

Bei 100 Jahren Dickenverlust um:

C2 gering (Land) 0,11 mm

C3 mäßig (Stadt) 0,53 mm

C4 stark (Industrie) 1.05 mm

(Dickenverlust hier halb so groß wie bei unlegiertem Baustahl)

C5 (aggressive Industrie, Meer) ungeeignet

Bei Tragkonstruktionen und dünnen Blechen muss die Abrostung durch Dickenzuschläge ausgeglichen werden – dies erzeugt mehr Gewicht, eine höhere Statik und mehr Kosten.

Prof. Jean Heemskerck



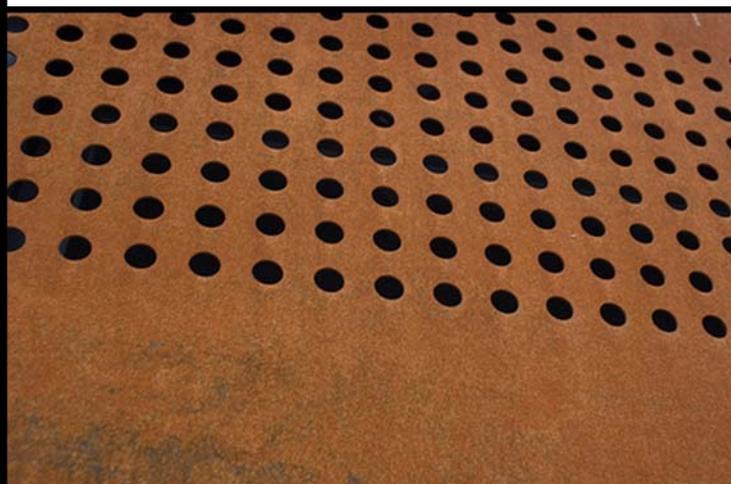
Kirche St. Monica in Madrid  
Vicens & Ramos 2005

Wetterfesten Stahl gibt es, wie Edelstahl auch, herstellungsbedingt nicht als handelsübliche Walzprofile, sondern als Tafelware. Daher wird Cortenstahl zumeist für Bekleidungen und Behälter (z.B. Pflanztröge) eingesetzt, alles was sich aus Blechen gut herstellen lässt. Dabei sind die Blechstärken i.d.R. mindestens 4 mm stark und benötigen daher keine seitlichen Umkantungen mehr zur Erhöhung der Steifigkeit. Allenfalls rückwärtig aufgeschweißte „Rippe“, um bei größeren Formaten Durchbiegungen und Ausbeulungen zu verhindern.

Wetterfester Baustahl ist ca. 10-15% teurer als normaler Baustahl, die Kosten für Korrosionsschutz (Erstbeschichtung, Gerüst, Ausbesserung und Erneuerung der Beschichtung) und die damit verbundenen Umweltbelastungen für Luft und Wasser (Lösemittel, Strahlgut) entfallen aber.

Die Regeln für korrosionsschutzgerechtes Konstruieren sind besonders zu befolgen, da die Korrosion hier beschleunigt verläuft, wenn sie einmal begonnen hat; insbesondere bei Kontaktkorrosion, stehendes Wasser ist zu vermeiden.

Prof. Jean Heemskerk



Prof. Jean Heemskerk

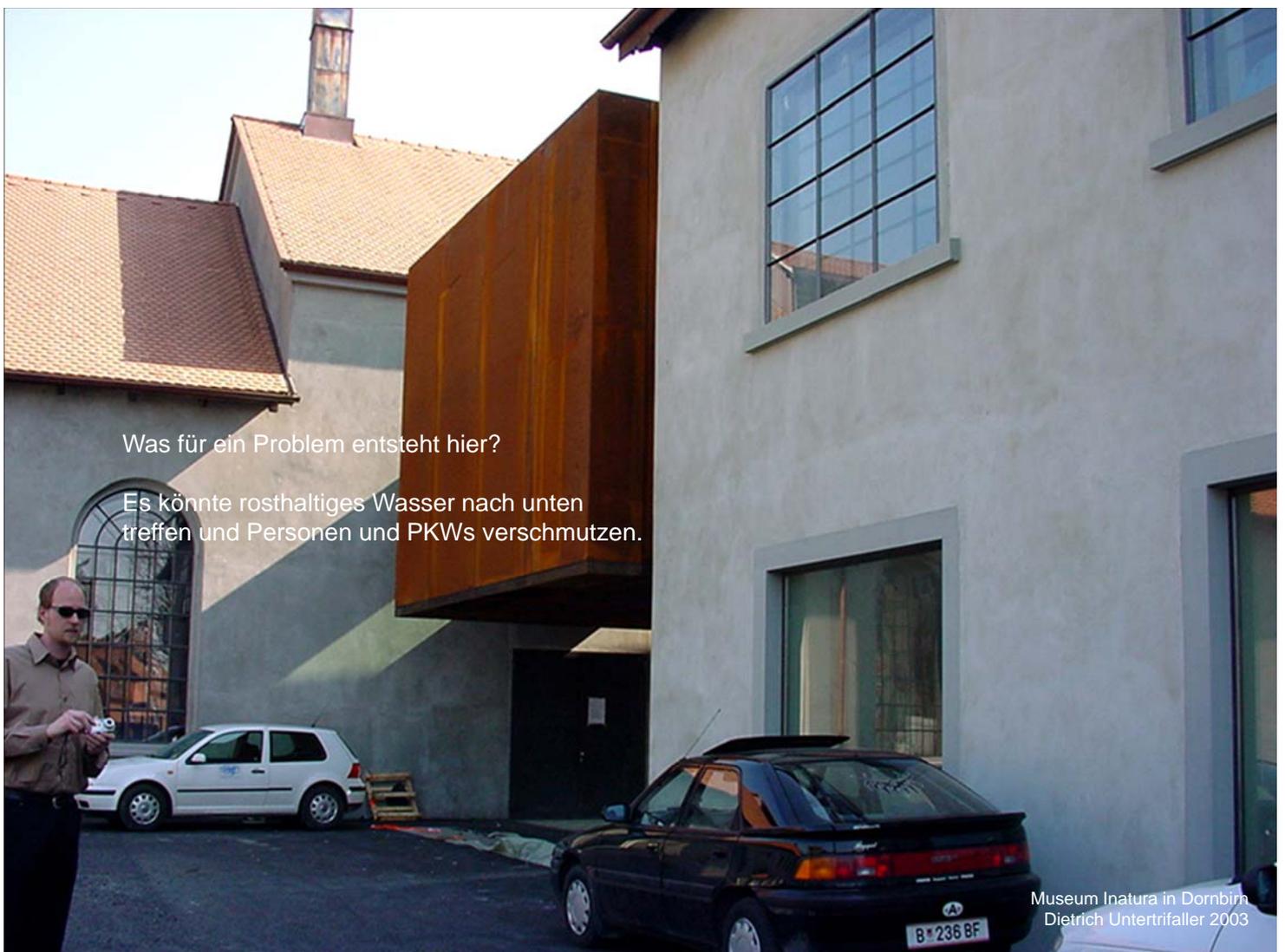


Museum Inatura in Dornbirn  
Dietrich Untertrifaller 2003



Was für ein Problem entsteht hier?

Museum Inatura in Dornbirn  
Dietrich Untertrifaller 2003



Was für ein Problem entsteht hier?

Es könnte rosthaltiges Wasser nach unten  
treffen und Personen und PKWs verschmutzen.

Museum Inatura in Dornbirn  
Dietrich Untertrifaller 2003



Daher musste wohl nachträglich eine gestalterisch unbefriedigende Lösung „gebastelt“ werden.

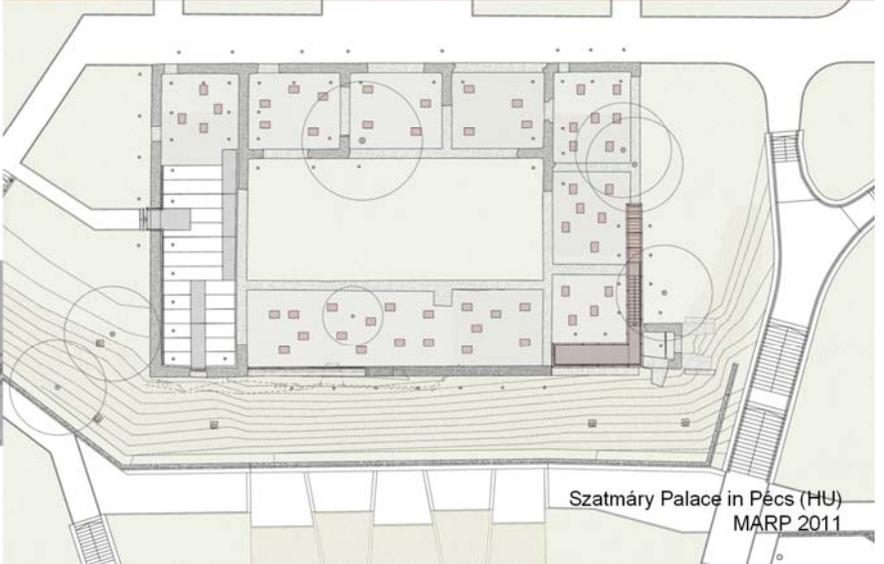
Museum Inatura in Dornbirn  
Dietrich Untertrifaller 2003



Ein schönes Beispiel von Corten-Stahl in der Kombination von Alt- und Neubau.

Prof. Jean Heemskerck

Szatmáry Palace in Pécs (HU)  
MARP 2011





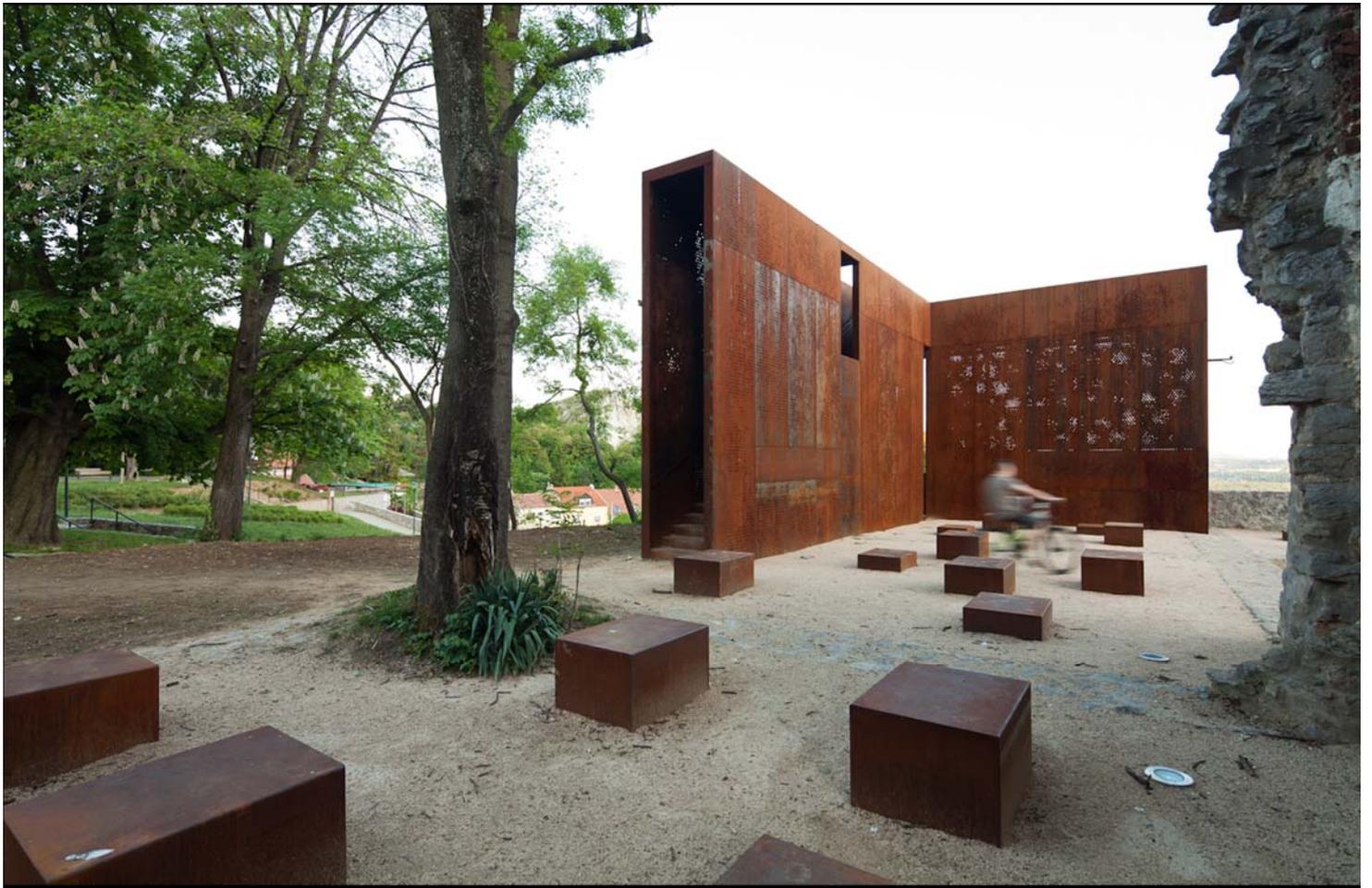
Prof. Jean Heemskerck

Szatmáry Palace in Pécs (HU)  
MARP 2011



Prof. Jean Heemskerck

Szatmáry Palace in Pécs (HU)  
MARP 2011



Prof. Jean Heemskerck

Szatmáry Palace in Pécs (HU)  
MARP 2011



Prof. Jean Heemskerck

Szatmáry Palace in Pécs (HU)  
MARP 2011



Prof. Jean Heemskerck

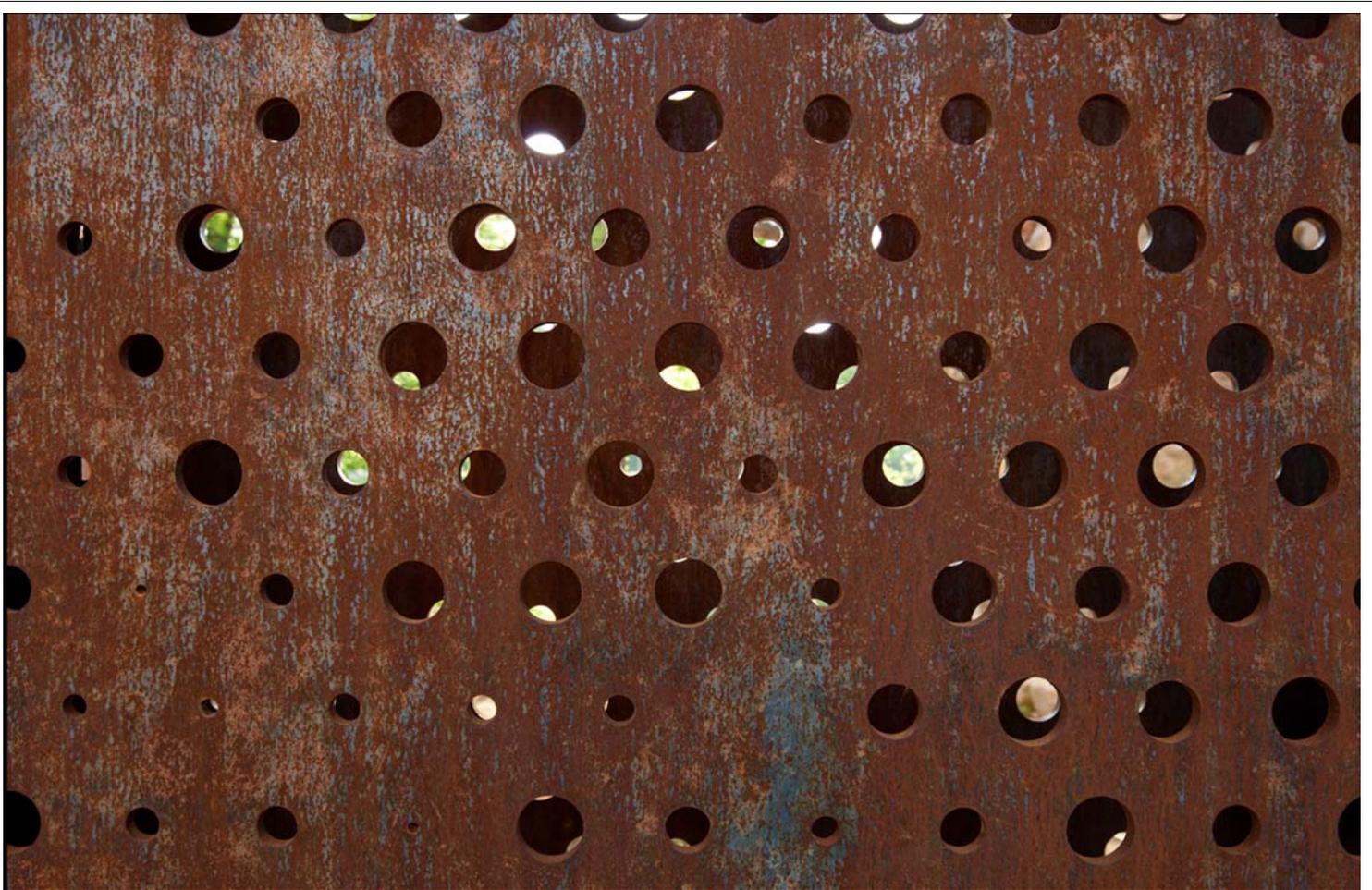
Szatmáry Palace in Pécs (HU)  
MARP 2011



Mit einem individuell angefertigten Lochblech (kein Halbzeug).

Prof. Jean Heemskerck

Szatmáry Palace in Pécs (HU)  
MARP 2011



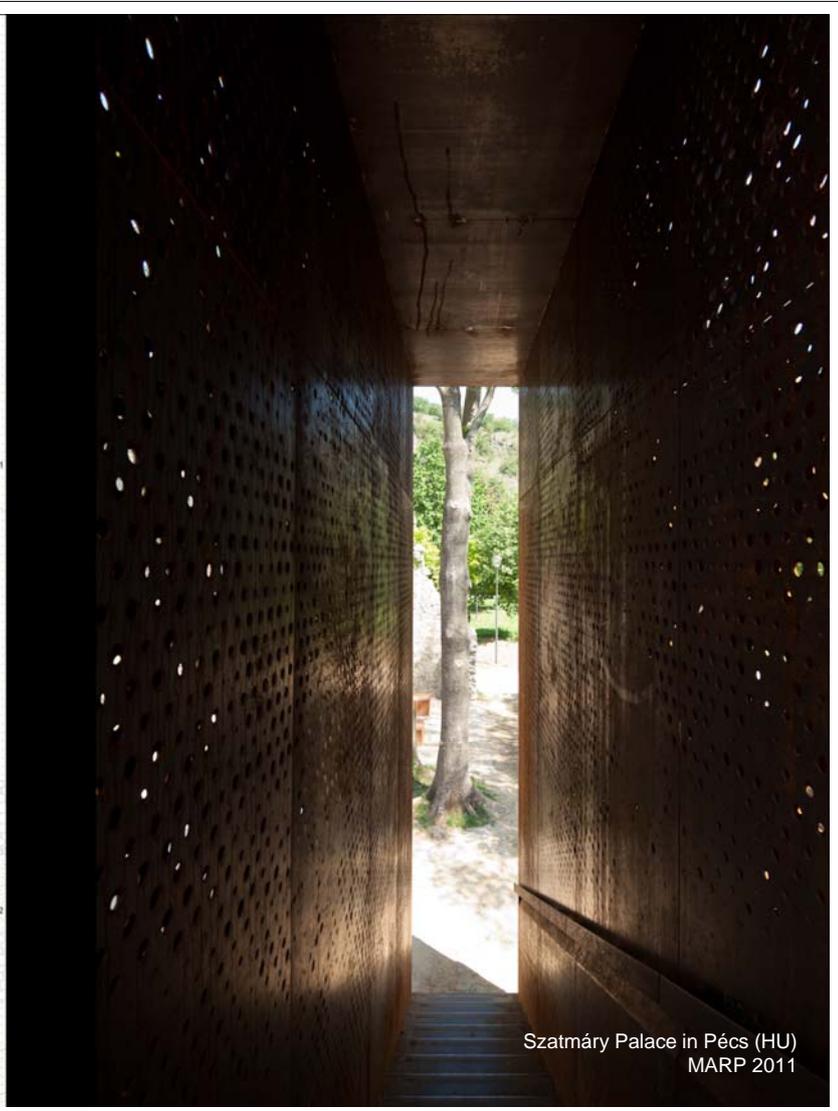
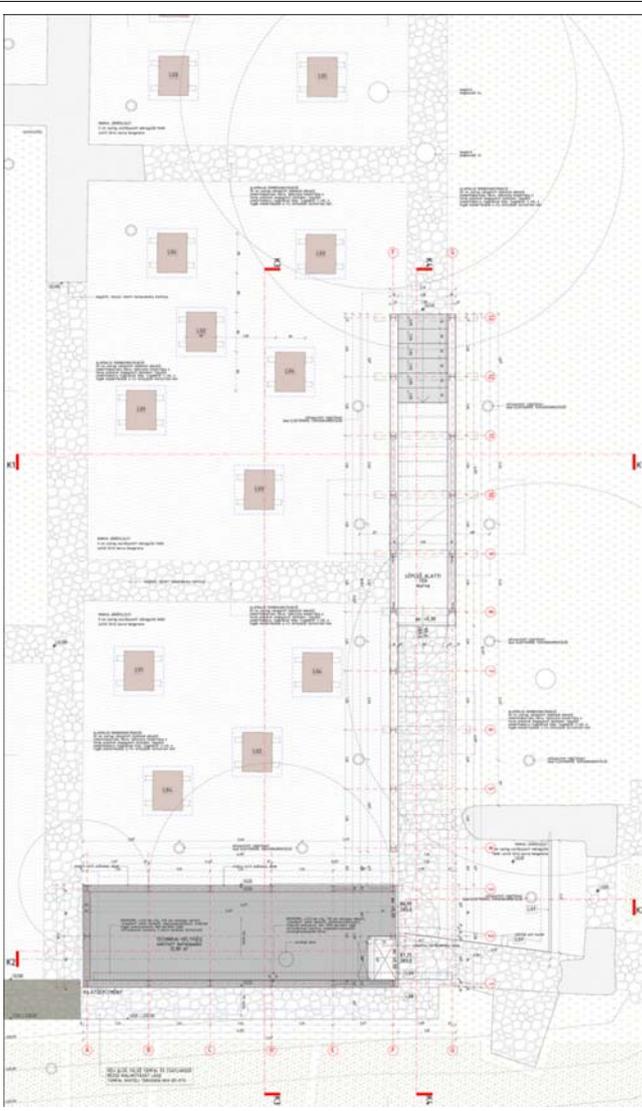
Prof. Jean Heemskerck

Szatmáry Palace in Pécs (HU)  
MARP 2011

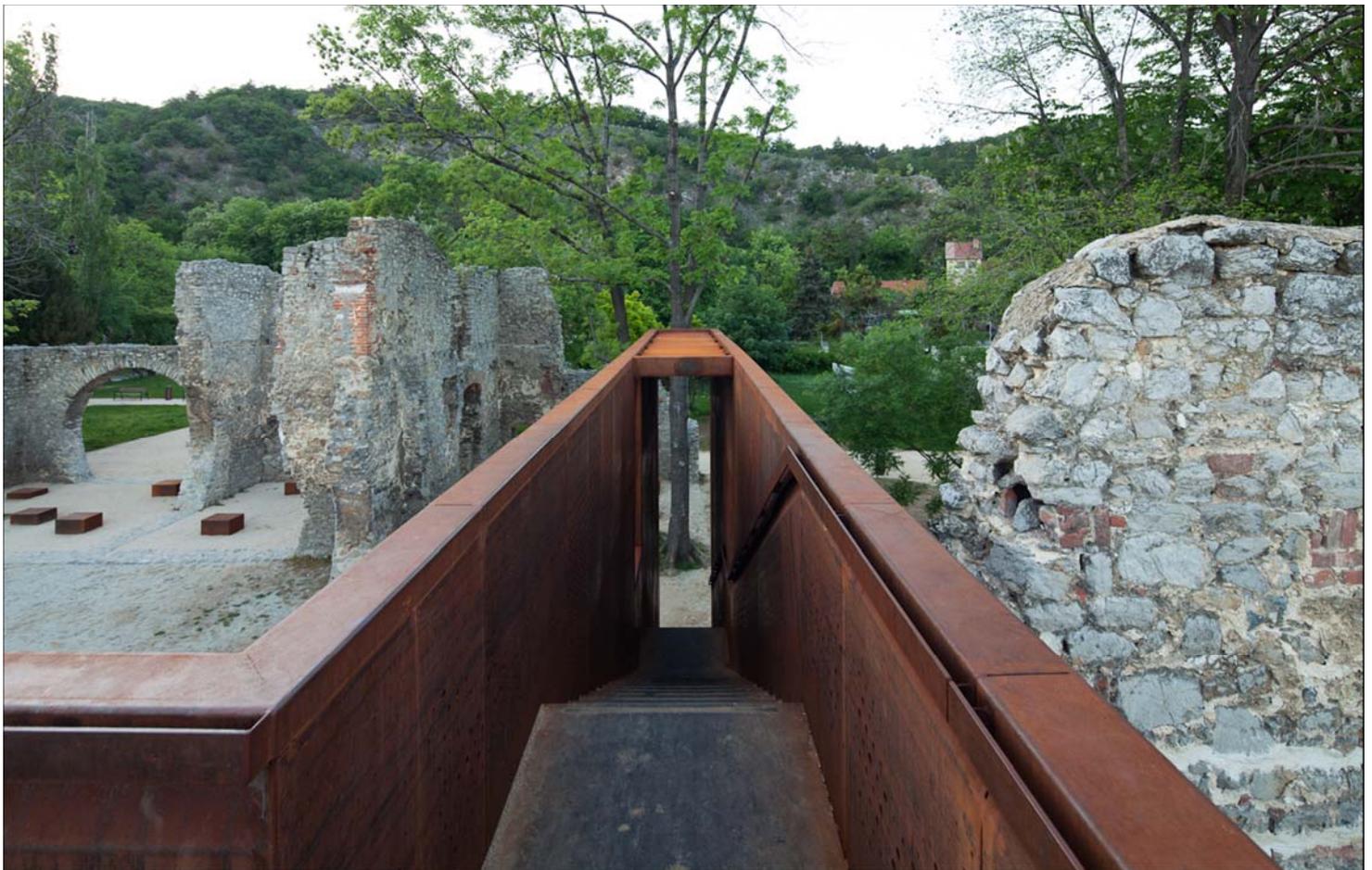


Prof. Jean Heemskerck

Szatmáry Palace in Pécs (HU)  
MARP 2011



Szatmáry Palace in Pécs (HU)  
MARP 2011



Beachten Sie das Handlaufdetail.

Prof. Jean Heemskerck

Szatmáry Palace in Pécs (HU)  
MARP 2011



Prof. Jean Heemskerck

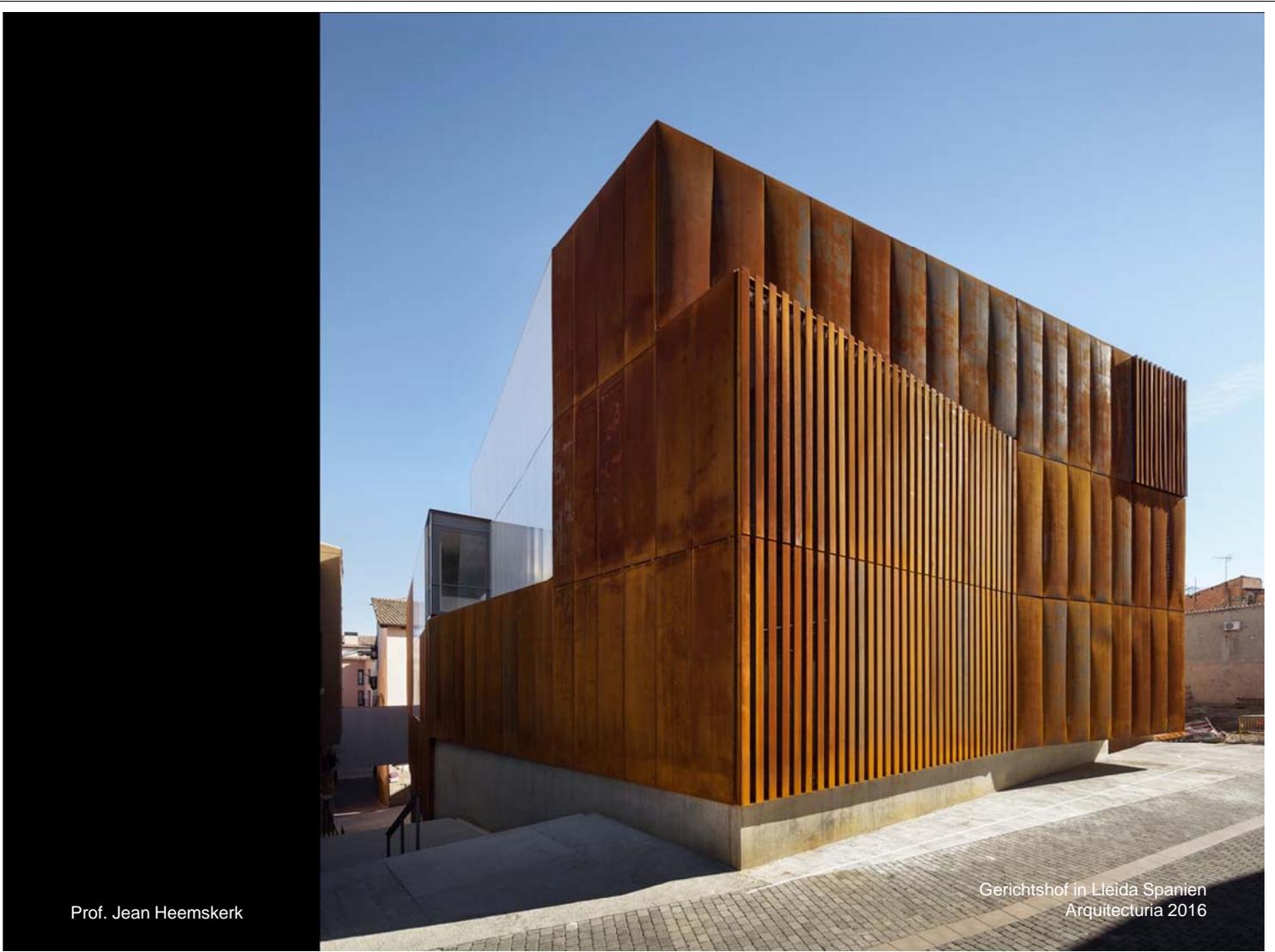
Szatmáry Palace in Pécs (HU)  
MARP 2011



Prof. Jean Heemskerck

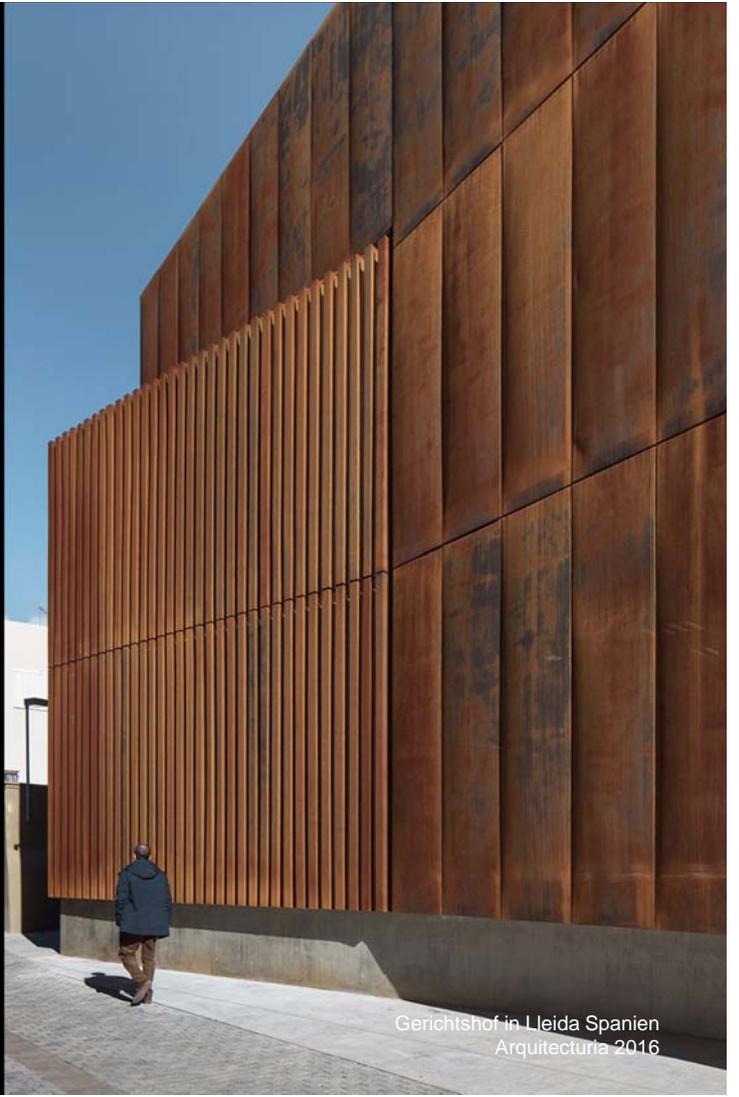
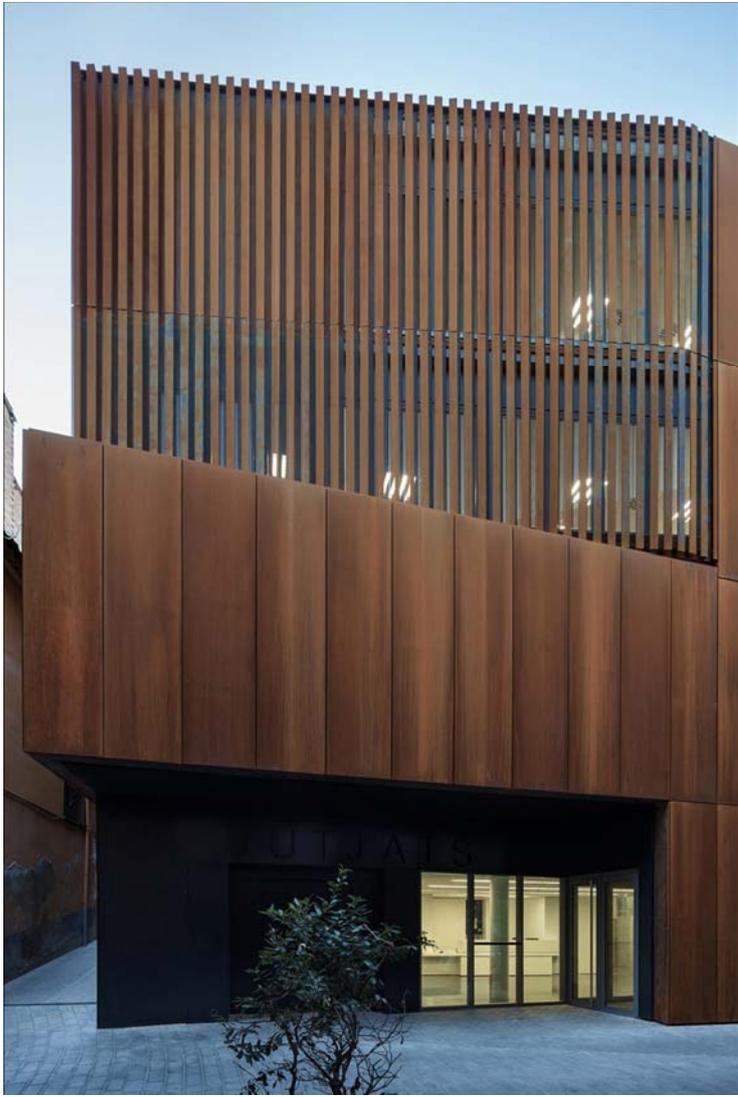
Szatmáry Palace in Pécs (HU)  
MARP 2011



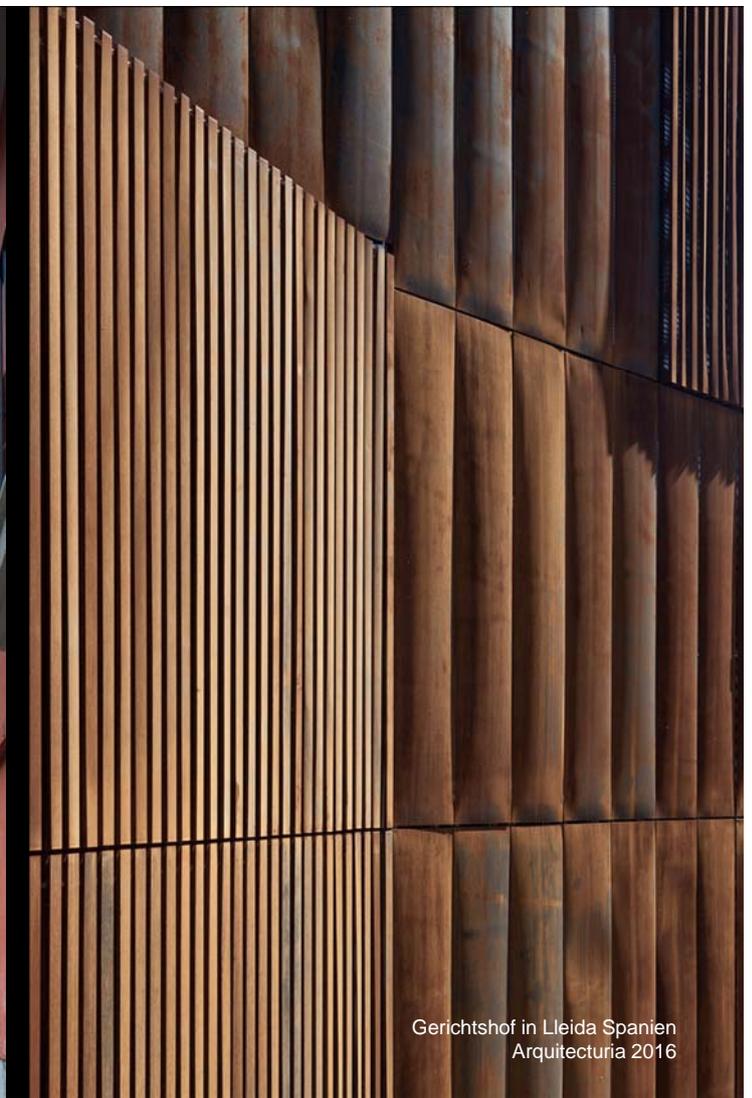
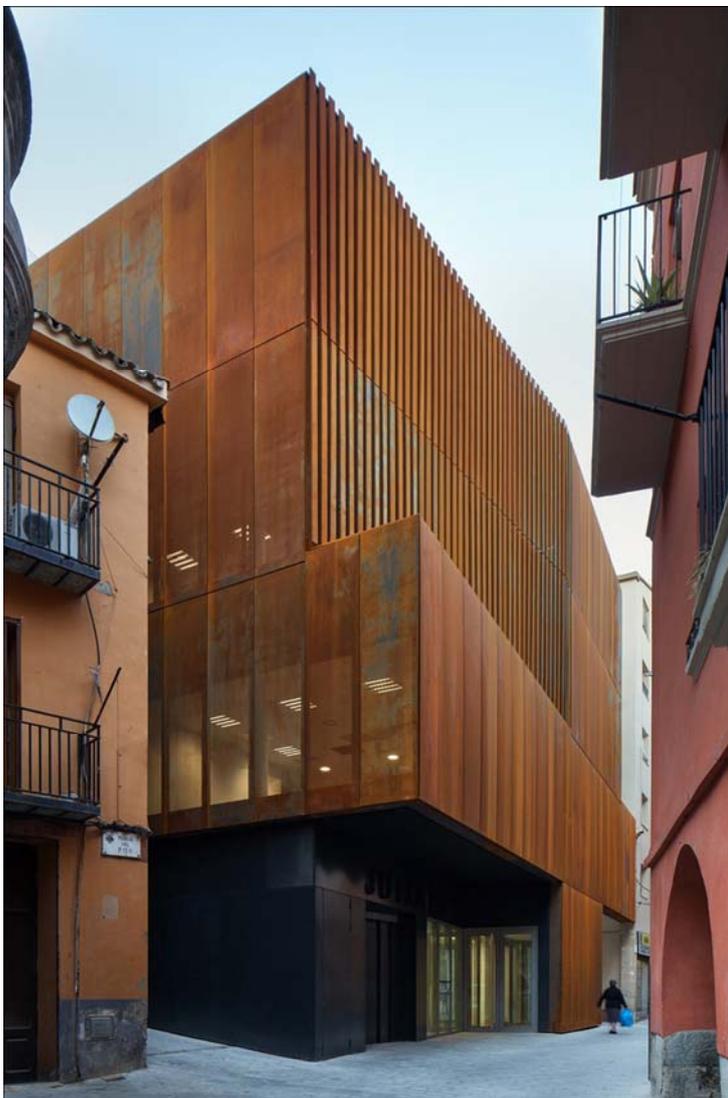


Prof. Jean Heemskerck

Gerichtshof in Lleida Spanien  
Arquitectura 2016



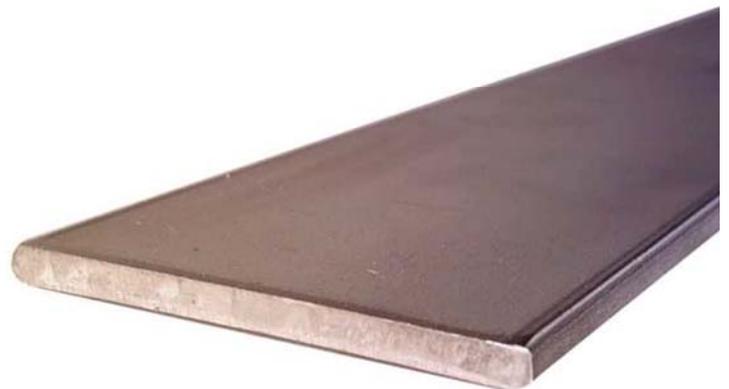
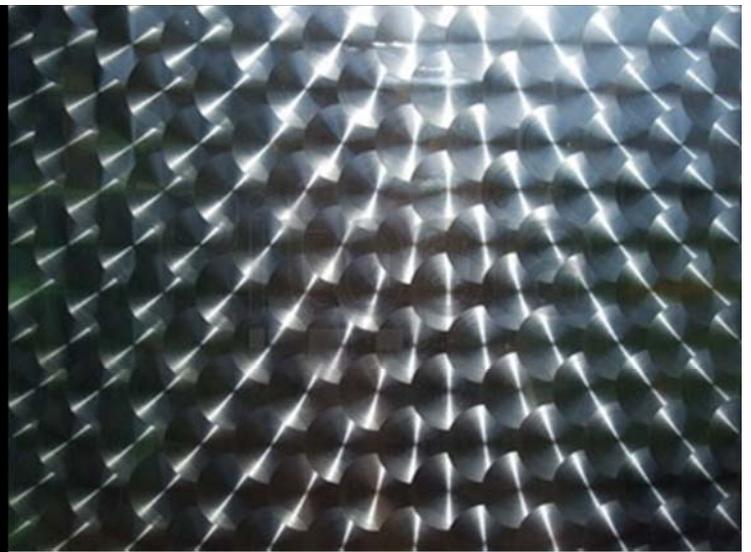
Gerichtshof in Lleida Spanien  
Arquitectura 2016



Gerichtshof in Lleida Spanien  
Arquitectura 2016

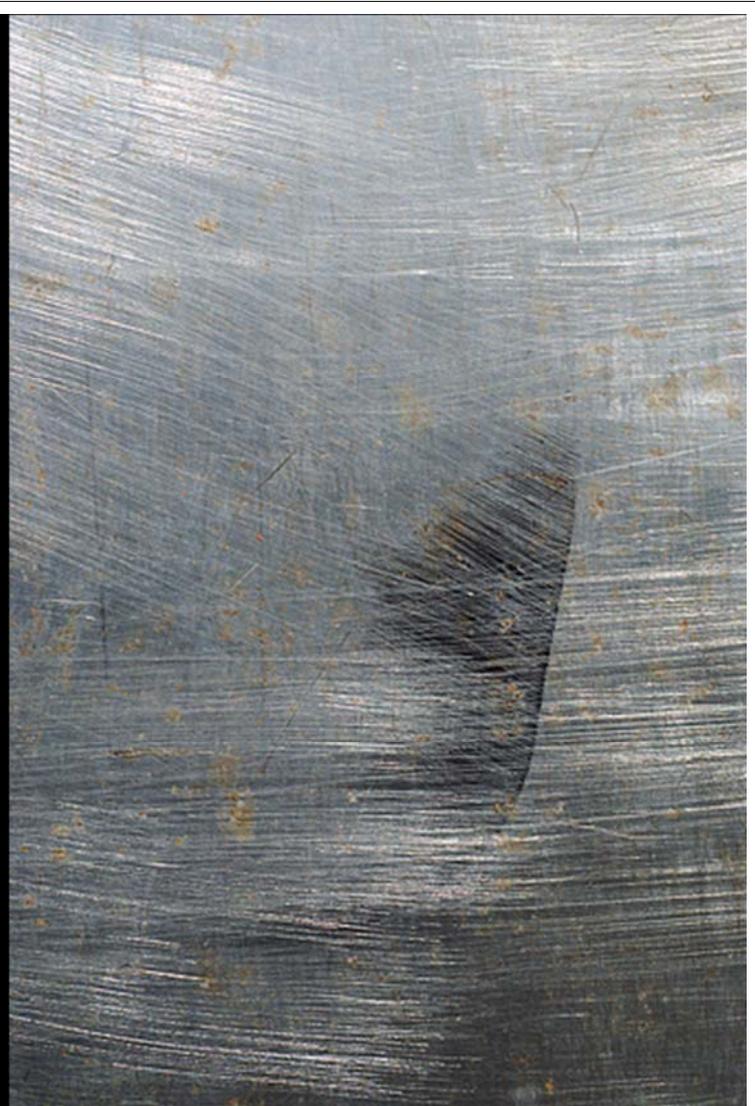
## 1.2. nichtrostender Stahl

- 1912 erstmalige Herstellung eines nicht rostenden Stahl durch Legieren mit Chrom und Nickel hergestellt; mind. 10,5% Chrom (Cr)
- ungehinderter Austausch mit Sauerstoff wichtig, damit die chromoxidreiche Passivschicht dauerhaft funktioniert
- der Sammelbegriff „Edelstahl rostfrei“ steht für über 100 nichtrostende, säurebeständige Stähle
- daher ist es je nach Anforderung wichtig, die Eigenschaften zu definieren (Magnetismus, Schweißbarkeit, Korrosionsbeständigkeit)
- Abmessungen teilweise wie Standardbleche, individuelle Fertigung wird häufig angefragt



- Bänderbreite bis zu 2000 mm, in beliebiger Länge; Bleche in handelsüblichen Tafeln (1000 X 2000, 1250 X 2500, 1500 X 3000 mm)
- Verarbeitung ähnlich dem herkömmlichen Stahl, allerdings aufwendiger, da härter
- Oberflächen: schleif- und bürstbar, hochglänzend, geschliffen, weitere sind möglich; je glatter, desto schmutzabweisender und korrosionsbeständiger; bei Lagerung und Transport durch Folien zu schützen

Prof. Jean Heemskerck



Brüstung mit gebürsteter Oberfläche.

Prof. Jean Heemskerck



Popakademie in Mannheim  
motorplan 2004



Schiebewand mit hochglänzend polierter Oberfläche.

Prof. Jean Heemskerck

Popakademie in Mannheim  
motorplan 2004

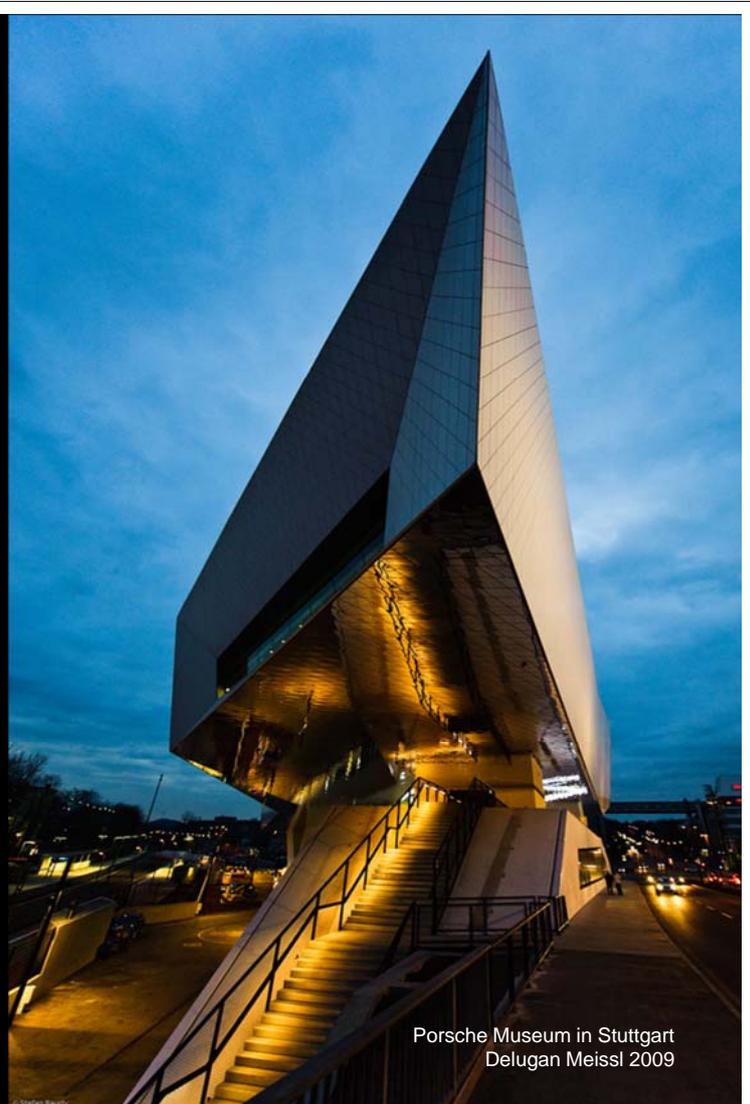
Großflächiger Einsatz von Edelstahlblechen



Prof. Jean Heemskerck

Inland Steel Building in Chicago  
SOM Skidmore, Owings & Merrill 1957

Bekleidung aus Edelstahl auf der Unterseite



Porsche Museum in Stuttgart  
Delugan Meissl 2009

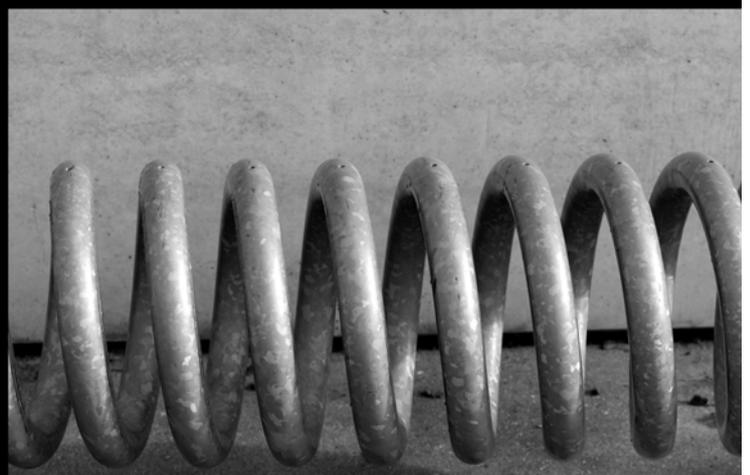
Prof. Jean Heemskerck

### 1.3. Feuerverzinken (Überzug)

Feuerverzinken ist ein passiver Korrosionsschutz durch das Eintauchen von Stahlteilen in Zinkschmelzen. Die Eintauchdauer liegt bei 5 Minuten, die Schutzdauer beträgt laut Bauforumstahl e.V. rund 40 Jahre.

Bei ca. 450°C bildet sich eine unlösliche Eisen-Zink-Legierungsschicht, die durch ihre hohe Verschleiß- und Abriebfestigkeit sogar vor mechanischen Beschädigungen schützt (Transport- und Montagevorteil).

Bei Beschädigung des Zinküberzug schützt das umgebende Zink die Schadstelle vor Korrosion (kathodischer Schutz); die Summe der Fehlstellen darf nicht mehr als 0,5% der Gesamtoberfläche, Einzelbeschädigungen nicht größer als 10 cm<sup>2</sup> sein.



Prof. Jean Heemskerck

## 1.4 Korrosionsschutz Feuerverzinken

Die Größe des Tauchbeckens schränkt die Abmessungen der zu verzinkenden Bauteile ein, daher sind die Bauteile aufzutrennen in möglichst einzelne flache und leichte Teile.

Die üblichen Kesselmaße sind:  
L= ca. 7,00 m-16,00 m, B= ca. 1,30 m- 1,90 m,  
Tiefe: ca. 1,80 m- 3,20 m.

Durch die Hitze des Tauchbeckens können Spannungsrisse entstehen, z.B. bei unterschiedlichen Wandstärken; besser die Bauteile werden einzeln verzinkt und später gefügt.

Die Aufhängung der Teile muss dafür sorgen, dass das flüssige Zink durch Zu- und Ablauflöcher hinein und wieder herauslaufen kann (z.B. Hohlprofile).

Prof. Jean Heemskerck

Feuerverzinken ist das gebräuchlichste Verfahren, Eisen oder Stahlteile durch Eintauchen in eine flüssige Zinkschmelze mit einem Zinküberzug zu versehen.  
Die Schutzdauer eines Zinküberzuges ist bei atmosphärischer Belastung in der Regel höher als die von Beschichtungssystemen.  
Normative und informative Hinweise zum Feuerverzinken (Stückverzinken) enthält DIN EN ISO 1461.

### Anwendungsbereich

Grundsätzlich kann jede Stahlkonstruktion feuerverzinkt werden, sofern die verfahrensbedingten und konstruktiven Einschränkungen beachtet werden. Besonders vorteilhaft ist es, feingliedrige Stahlkonstruktionen wie z. B. Maste, Hochregallager u. a. zu verzinken.

### Grundsätze der baulichen Durchbildung

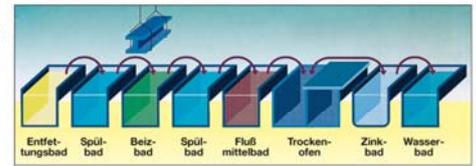
Bei der Planung und Konstruktion von Stahlbauteilen sind wesentliche Grundsätze des korrosionsschutzgerechten und insbesondere des verzinkungsgerechten Konstruierens zu beachten. Nur dann können ausreichender Korrosionsschutz und befriedigende Zinküberzüge erreicht und ein Verzug der Konstruktion, Risse oder andere Beschädigungen der Bauteile weitestgehend vermieden werden. Empfehlungen werden in DIN EN ISO 14713 gegeben. Insbesondere sicherheitsrelevante Besonderheiten beim Feuerverzinken, wie

- Vermeidung geschlossener Hohlräume oder Vorsehen von Entlüftungsoffnungen,
- Vermeidung großflächiger Überlappungen (> 100 cm<sup>2</sup>) durch aufeinandergelegte Bleche und Profile (verdeckte Hohlräume),
- Sicherstellung eines ungehinderten Ablaufes der Zinkschmelze sind zu beachten.

Bei der Planung von Stahlbauteilen, die feuerverzinkt werden sollen, sollte möglichst frühzeitig eine Abstimmung mit dem Feuerverzinkungsunternehmen zur Festlegung wesentlicher Qualitätsparameter erfolgen.

### Technologie des Feuerverzinkens

Das Feuerverzinken (Schema) erfordert eine metallisch blanke Oberfläche (Oberflächenvorbereitungsgrad Be nach DIN EN ISO 12944-4). Diese wird durch Entfetten und Entfernen von Rost und Zunder in Salzsäure-Beizbädern mit anschließender Flussmittelbehandlung hergestellt. In der Regel werden



Schematischer Verfahrensaufbau der Feuerverzinkung (Varianten sind möglich)

die Stahlkonstruktionen ohne mechanische Oberflächenvorbereitung den Feuerverzinkerien angeliefert. Verunreinigungen, die durch Entfetten und Beizen nicht zu beseitigen sind, z. B. Beschichtungsreste, Schweißschlacken bzw. -rückstände u. a., sind vom Anlieferer zu entfernen.

Das Feuerverzinken erfolgt in Zinkschmelzen bei Temperaturen von ca. 450 °C. Gebräuchliche Kesselmaße für die Verzinkung von Stahlkonstruktionen sind  
Länge: ca. 7 bis 16 m  
Breite: ca. 1,30 bis 1,90 m  
Tiefe: ca. 1,80 bis 3,20 m  
Bei überlangen Stahlkonstruktionen kann durch Doppeltauchung die Feuerverzinkung ermöglicht werden.

### Verzinkungsverhalten von Stahl

Feuerverzinken ist eine Reaktion der Stahloberfläche mit der Zinkschmelze. Das Ergebnis dieser Reaktion, der Zinküberzug bzw. die Zink-Eisen-Legierung, ist in entscheidendem Maße abhängig von der chemischen Zusammensetzung, insbesondere vom Si + P-Gehalt der Stähle, von den Verzinkungsbedingungen (Schmelztemperatur, Tauchdauer) und von

der Topografie der Stahloberfläche (Tabelle 1). Silbrig glänzende Zinküberzüge, wie sie allgemein für die Anwendung der Feuerverzinkung unter gestalterischen oder ästhetischen Gesichtspunkten gewünscht werden, sind nur mit Stählen mit einem Si+P-Gehalt < 0,03 % oder durch Verwendung speziell legierter Zinkschmelzen erreichbar.

### Schichtdicke

Die Mindestschichtdicken von Zinküberzügen für Stahlelemente in Abhängigkeit von der Materialdicke ist in Tabelle 2 angegeben. Die Werte werden in der Praxis meist überschritten. Sie sind abhängig vom Si+P-Gehalt des Stahls, der Zusammensetzung der Zinkschmelze und den Verzinkungsbedingungen. Die Schichtdicke kann mit magnetischen Messgeräten nach DIN EN ISO 2178 wie die Schichtdicke von Beschichtungen gemessen werden.

### Ausbesserung

Die Summe der Bereiche ohne Überzug (Fehlstellen) darf 0,5 % der Gesamtoberfläche eines Einzelbauteiles nicht überschreiten, eine Einzelstelle darf nicht > 10 cm<sup>2</sup> betragen.

Nr.	Silizium + Phosphor [%]	Zinküberzug
1	< 0,03	silbrig glänzend, Zinkblume, niedrige Schichtdicke
2	0,03 ... < 0,13 Sandelin-Bereich	grau, z. T. grüfzig, hohe Schichtdicke
3	0,13 ... < 0,28 Sebiaty-Bereich	silbrig glänzend bis mattgrau, mittlere Schichtdicke
4	≥ 0,28	mattgrau, hohe Schichtdicke

Tabelle 1: Klassifizierung des Verzinkungsverhaltens von Baustählen

Beachten Sie die Löcher in dem Stahlbauteil.



Prof. Jean Heemskerck

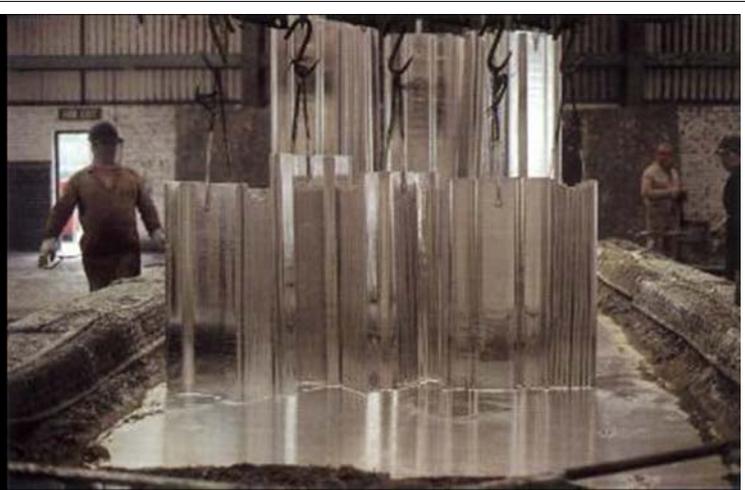
Die Oberflächenoptik hängt von der chemischen Zusammensetzung des Stahls, den Verzinkungsbedingungen (Schmelztemperatur, Tauchdauer) und der Stahloberfläche ab.

Bei optischen Anforderungen sind unterschiedliche Bäder, Stahlsorten oder Chargen zu vermeiden, besondere Oberflächen sind mit der Feuerverzinkerei abzustimmen.

Auch beim Verzinken gibt es einen jährlichen Materialverlust, der aber bei normalen Bedingungen zu vernachlässigen ist.

Galvanische Verzinkungen entstehen im Tauchbad unter elektrischer Spannung und sorgen nur für eine sehr dünne Schutzschicht (für Schrauben sinnvoll, ansonsten nur ein temporären Schutz).

Die Transportdauer ist bei der Verzinkung im Zeitplan zu berücksichtigen.

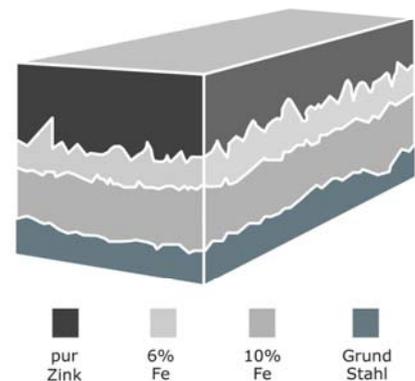


Prof. Jean Heemskerck

## Zink

### Schutzdauer der Zinküberzüge

Korrosivitäts-kategorie	Kategorie-bezeichnung	Korrosionsgeschwin-digkeit für Zink
C 1	sehr niedrig	< 0,1 µm/a
C 2	niedrig	0,1 bis 0,7 µm/a
C 3	mittel	0,7 bis 2,0 µm/a
C 4	hoch	2,0 bis 4,0 µm/a
C 5	sehr hoch	4,0 bis 8,0 µm/a



Korrosivitätskategorien nach DIN EN ISO 14713-1

Quelle: [www.bauforumstahl.de](http://www.bauforumstahl.de)

Prof. Jean Heemskerck

Die Ausschreibung sollte gemäß DIN EN ISO 1461 erfolgen, da verschiedenen Verfahren existieren, die alle Bauteile und Verbindungsmittel umfassen.

Da nachträgliches Schweißen die Zinkschicht zerstört, sollte darauf verzichtet werden! Ausbesserungen kleinerer Schadensstellen, etwa in Folge des Transports, sogenanntes Kalt- oder Nachverzinken, sollten daher genau geprüft werden.

In Ausnahmefällen, zum Beispiel bei sogenannten Montageschweißstößen etwa bei großen Bauteilen im Brückenbau ist unter genau festgelegten Bedingungen eine nachträgliche „Spritzmetallisierung“ zulässig.

Prof. Jean Heemskerck



#### 1.4. Beschichtungen

Beschichtungssysteme bestehen aus Grund-, Zwischen- und Schlussbeschichtung:

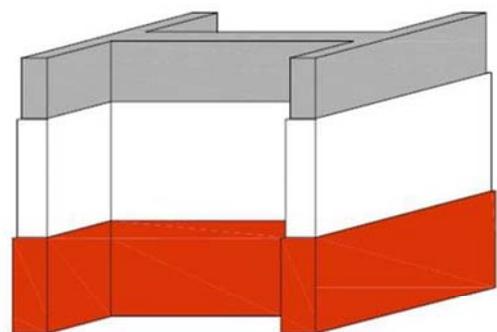
- die Grundbeschichtung ist Korrosionsschutz und zugleich mechanische Haftvermittlung
- die Zwischenbeschichtung sorgt für die vorgesehene Schichtdicke und bringt Festigkeit, Undurchlässigkeit und Resistenz gegen äußere Angriffe (Barrierewirkung)
- die Schlussbeschichtung dient der Optik und der UV-Beständigkeit.

Die Anwendung kann aus der Farbgestaltung resultieren oder wenn die Bauteile zu groß für eine Verzinkung sind.

Beschichtungen sind am besten werkseitig herzustellen.

Laut Bauforumstahl beträgt die Schutzdauer ca. 20-25 Jahre.

Prof. Jean Heemskerck



## 1.5. Duplex-Systeme

Dabei handelt es sich um die Kombination aus Feuerverzinkung und Beschichtung, dies ist der beste aber teuerste Oberflächenschutz.

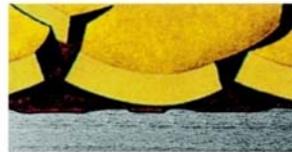
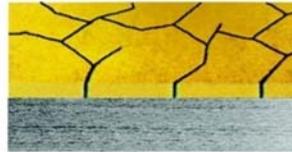
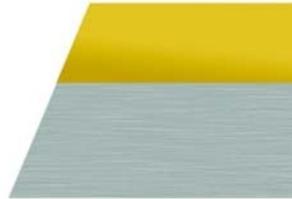
Die Wirtschaftlichkeit eines Korrosionsschutzsystems wird ermittelt über die Anfangskosten und die anfallenden Wartungs- und Instandhaltungskosten.

Die Schutzdauer beträgt laut Bauforumstahl die 1,5- bis 2,5-fache Dauer der einzelnen Schichten.

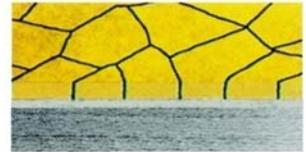
Quelle: [www.bauforumstahl.de](http://www.bauforumstahl.de)

Prof. Jean Heemskerck

Beschichtung  
auf unverzinkten  
Stahl



Beschichtung  
auf verzinkten  
Stahl



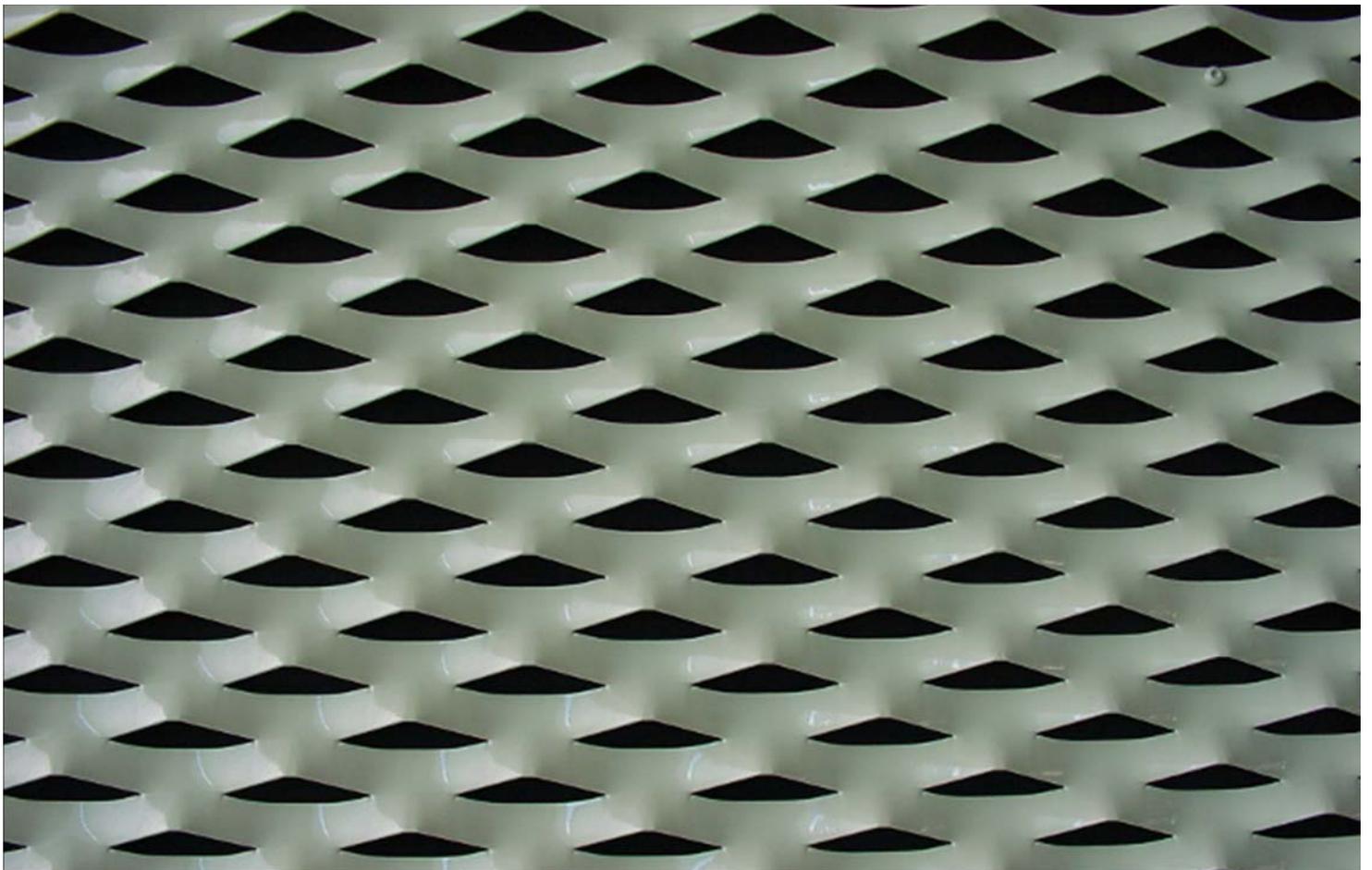
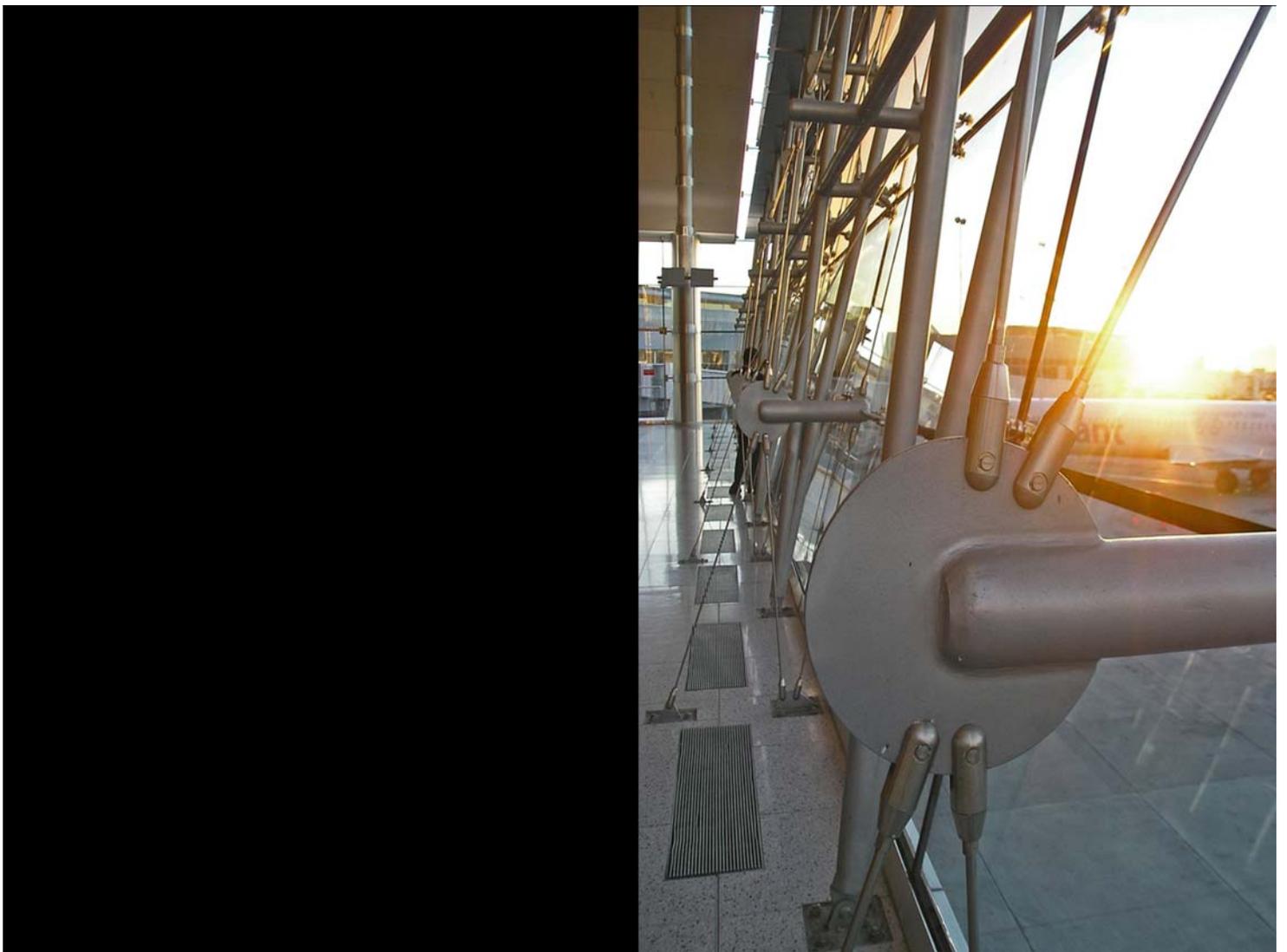
Der Synergie-Effekt verlängert die Schutzdauer der einzelnen Systeme. Der Verlängerungsfaktor liegt je nach System zwischen 1,2 und 1,5.

Farbe schützt Zink,  
Zink schützt Farbe.



Sogenannte Eisenglimmerbeschichtung

Prof. Jean Heemskerck



Streckmetall mit Pulverbeschichtung (im Werk)

Bei hohen Ansprüchen an die Oberfläche sollte eventuell der letzte Anstrich auf der Baustelle erfolgen, damit Schäden beim Transport und der Montage ohne abweichende Sichtbarkeit korrigiert werden können.

In diesem Fall eine von Hand durch die Bewohner aufgetragene Wachsbeschichtung (eigentlich für Holzoberflächen gedacht), die bis heute –im Innenraum!- funktioniert.



Haus MM in Pforzheim  
motorplan 2000

## 1.6. Korrosionsschutz von Seilen

- Korrosionsschutz durch konstruktive Maßnahmen am Bauwerk  
z.B. Wasserablauf, Belüftung
- Korrosionsschutz des einzelnen Drahtes  
z.B. Feuerverzinkung
- Korrosionsschutz im Innern von vollverschlossenen Spiralseilen  
z.B. Verfüllen mit Schmiermitteln
- Korrosionsschutz der Seiloberfläche  
z.B. Beschichtungen oder Ummantelung



## 2. Brandschutz

- 2.1. Planerische Maßnahmen
- 2.2. Konstruktive Maßnahmen

Prof. Jean Heemskerck



## 2. Brandschutz

- die bei Bränden entstehenden Temperaturen von 1000-1200°C können Stahl zwar nicht entzünden, da nicht brennbar, aber verformen;
- die Dauer der Standsicherheit ist entscheidend, um Personen (und Gebäudeinhalte) zu schützen, daher gibt es gesetzliche Regelungen der Landesbauordnungen:
  - erforderliche Gebäudeklasse (5 Klassen),
  - Rettungswege (erster und zweiter),
  - Feuerwiderstandsdauer (F30-F180),
  - Brandverhalten von Baustoffen (A, B1, B2)
  - Brandwände (Abschottungsprinzip)
- die Ziele sind mit planerischen Maßnahmen im Gebäudeentwurf und konstruktiv im einzelnen Bauteil umzusetzen

Prof. Jean Heemskerck



## 2.1. Planerische Maßnahmen

Erstellen eines Brandschutzkonzepts oder brandschutztechnischen Gutachtens zur Regelung der entwurfsrelevanten Brandschutzmaßnahmen, die immer projektbezogen sind und im Einzelfall sogar Alternativen zu den starren Regeln schaffen.

### Empfehlung:

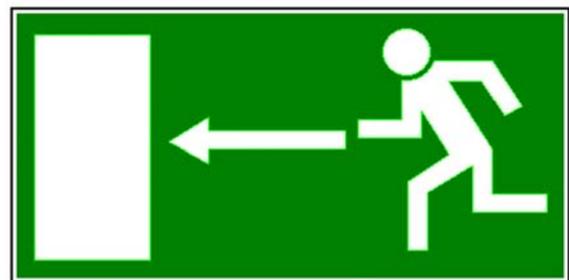
Bei größeren Bauvorhaben unbedingt eine/einen FachplanerIn konsultieren, die sich zielsicherer mit den Fachleuten der Bauämter und der Feuerwehr auseinandersetzen können.



Prof. Jean Heemskerk

### Wesentliche Inhalte:

- Flucht- und Rettungswege
- Einteilung der Brandabschnitte (Brandbegrenzung durch waagerechte und senkrechte Unterteilung des Gebäudes)
- Konzentration der gefährdeten Nutzungen in gezielt gestalteten Gebäudeabschnitten
- Vermeidung von Brandüberschlag (Abstand der Gebäudeöffnungen, Überschlagsstreifen, Brandwände)
- Vermeiden von giftigen, stark rauchbildenden Materialien (Todesursache Erstickten)
- Festlegung der Feuerwehrrangriffswege



Prof. Jean Heemskerk

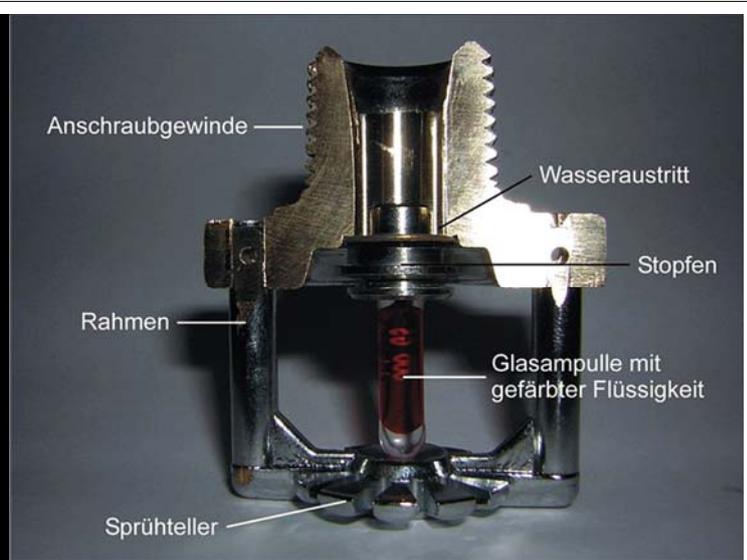


## 2.2. Konstruktive Maßnahmen

aktive Maßnahmen:

- Früherkennung des Brandes (Brandmelder)
- Dach- und Fasadeneöffnungen (Rauch-Wärmeabzug, sog. RWA)
- Feuerlöschanlagen (z.B. Sprinkler)

Prof. Jean Heemskerck



Was läuft hier schief?



Prof. Jean Heemskerck

Was läuft hier schief?

Der Rauchmelder liegt an einem Luftabzugsrohr und wird dadurch erheblich in seiner Wirkung eingeschränkt oder gar unwirksam gemacht.

Bitte solche Aspekte auf der Baustelle beachten!



Prof. Jean Heemskerck

passive Maßnahmen:

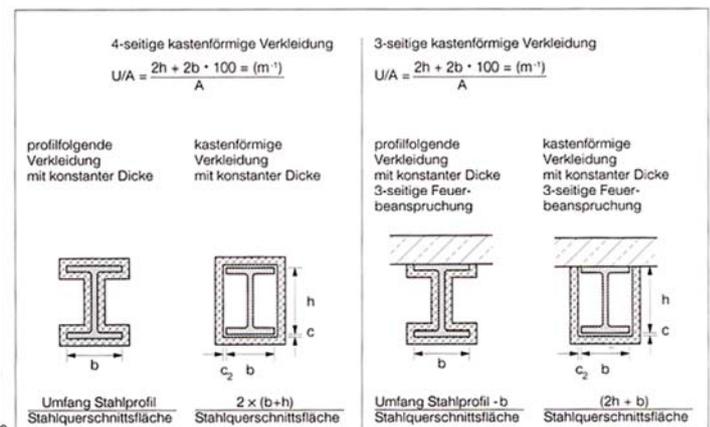
Mit dem Ziel die Erwärmung eines (Stahl-) Bauteils durch entsprechende Maßnahmen wie Dämmung, Abschirmung oder Wärmeableitung zu verhindern oder verlangsamen.

- Verzögerung des Wärmeangriffs durch Ummantelung mit Beton, Gipskarton oder Platten aus Spezialwerkstoffen, Unterdecken, Spritzputze
- dämmschichtbildende Schutzanstrichsysteme schäumen bei 120- 200°C auf und bilden eine wärmeisolierende Schicht; mit Einschränkung bis F90 möglich; lieferbar in fast allen Farbtönen, aber schlechtere Oberflächenqualität und wesentlich kostenintensiver; Vorsicht: Wartung und Erneuerung in bestimmten Zeitabständen
- teilweise Einsatz höherfester Stähle oder feuerresistenten Baustahls (FR 30) oder bewußte Überdimensionierung der Profile

Prof. Jean Heemskerck

Formeln zur Bestimmung des U/A-Verhältnisses

U = Umfang Stahlprofil in cm, A = Querschnittsfläche Stahlprofil in cm<sup>2</sup>, h = Höhe Profil, b = Breite Profil



- Stahl-Beton-Verbundkonstruktionen  
Ableiten des Wärmeangriffs in andere Bauteile mit größerer Masse, indem z.B. Hohlstützen mit Beton (Verbundbauweise > F90 möglich) oder Decken aus Trapezblech mit Aufbeton versehen werden (Stahlverbunddecken)



**Abb. 29: Stützen als Verbundtragwerk**

- a) ausbetoniertes Hohlprofil: unter Brandeinwirkung übernimmt der Betonkern die tragende Funktion
- b) Stahlkern mit Beton- und Stahlmantel: der Beton schützt den Kern vor den hohen Temperaturen
- c) einbetoniertes Stahlprofil ohne Stahlmantel

Prof. Jean Heemskerck

Danke für Ihre Aufmerksamkeit.  
Fragen?



Prof. Jean Heemskerck