

**Zeitschrift:** Schweizer Ingenieur und Architekt  
**Herausgeber:** Verlags-AG der akademischen technischen Vereine  
**Band:** 111 (1993)  
**Heft:** 3

**Artikel:** Stahlkonstruktionen heute und morgen: aus der Sicht des Unternehmers  
**Autor:** Frochaux, François  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-78119>

#### **Nutzungsbedingungen**

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

#### **Conditions d'utilisation**

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

#### **Terms of use**

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

**Download PDF:** 26.01.2026

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

# Stahlkonstruktionen heute und morgen

Aus der Sicht des Unternehmers

## Standort Schweiz? Ja oder nein

Verschiedene Unternehmungen haben ihre Produktionsstätten bereits in Länder des gemeinsamen europäischen

von FRANÇOIS FROCHAUX,  
BÜLACH

Marktes (EWG) oder noch weiter in sogenannte Dritt Weltländer mit sehr tiefem Lohnniveau verlegt. Andere Unternehmungen evaluieren eine Verlegung ihrer Fabrikation für den Fall, dass der Souverän entscheidet, sich vom gemeinsamen Markt (EWG) oder vom europäischen Wirtschaftsraum (EWR) zu isolieren.

In jedem Falle handelt es sich um Unternehmungen mit Produkten, deren Herstellung leicht transferierbar und auf Distanz gesteuert werden kann. Voraussetzung sind Produkte mit einer starken Wertvermehrung. Überdies müssen die Transportkosten dieser Produkte minim sein im Verhältnis zu deren Herstellungskosten.

Falls eine Produktion im Ausland ökonomisch interessant ist, müssen gewisse Risiken im Bereich der Politik, des sozialen Friedens, der Wechselkurse und der Termine in Kauf genommen werden.

Wie aber handeln Unternehmungen, die trotz der oben erwähnten Fakten entschieden haben, ihre Produkte weiterhin in der Schweiz herzustellen? Bleibt diesen Unternehmern langfristig eine Chance, und welches sind die Kriterien für ihre Strategie?

Stahlkonstruktionen sind Produkte mit schwacher Wertvermehrung. In einem ausgewogenen Markt und unter annehmbaren ökologischen Bedingungen sind Transporte von Stahlkonstruktionen von über 300 km nicht vertretbar. (Es ist ökologisch nicht sinnvoll und kurzsichtig, vermeintlich billige Stahlkonstruktionen per Camion in Europa hin und her zu transportieren). Wie muss sich nun ein Stahlbauunternehmer ausrüsten, um auch heute und in Zukunft am Markt bleiben zu können?

## Vorteile des Produktionsstandortes Schweiz

**Menschen:** Ein schweizerisches Unternehmen verfügt über Kader und Arbeiter von hohem technischem Niveau, die ihm erlauben, Maschinen und Systeme mit modernsten Technologien und somit mit grosser Wirtschaftlichkeit einzusetzen. Ein hoher technischer Wissensstand zeichnet alle Ebenen und Hierarchien in allen Bereichen aus.

**Ausbildung:** Das Schweizer-Schulsystem ist auf sehr hohem Niveau und dies auf allen Stufen bis zu den Hochschulen. Die Unternehmungen verfügen über eine grosse Zahl von Institutionen, die eine dauernde Ausbildung garantieren. Seminare und Kurse zur Weiterbildung sind sehr gut besucht.

**Qualität** zeichnet die Arbeit des Schweizers aus, Qualität ist das Markenzeichen des Schweizers schlechthin. Wer Qualität nennt, meint weniger Fehler, weniger Ausschuss, weniger Garantiearbeiten und damit geringere Kosten.

**Finanzen:** Die Schweiz hat ein gutes Bankensystem. Geld für teure, aber moderne Investitionen findet man unter annehmbaren Bedingungen.

**Steuern und Sozialabgaben** sind a priori zu hoch, aber in der Schweiz im Verhältnis zu unseren Nachbarn und Konkurrenten eher vorteilhaft und stabil.

**Umfeld:** Das politische, soziale und ökonomische Umfeld ist stabil und steht auf solidier Basis. Der Wert des Arbeitsfriedens wird oft unterschätzt oder zumindest erst dann estimiert, wenn beim Nachbarn gestreikt wird.

**Infrastruktur** ist gut in allen Belangen und garantiert ein gutes logistisches Funktionieren.

## Handicap des Produktionsstandortes Schweiz

**Arbeitslöhne** in der Schweiz zählen zu den höchsten. Das ist eine Tatsache, aber mit wem und wie vergleichen wir dies?

**Bauland:** Gewollt oder nicht, die bebaubaren Flächen sind rar geworden,

und wo noch gebaut werden darf, sind die Bodenpreise überrissen und belasten die Produktionskosten enorm.

**Vorschriften:** Die dauernde Vermehrung der Bauvorschriften verzögert, verteuert oder verunmöglicht gar gewisse Projekte.

**Rohstoffe** fehlen und zwingen uns, dieselben aus dem Ausland zu uns zu transportieren, hier zu bearbeiten, um sie dann wiederum zum Kunden zu transportieren, oft ein Hin und Zurück anstelle einer einfachen Fahrt.

**Der Markt Schweiz** ist begrenzt und erlaubt keine grösseren und somit rentablen Produktionsanlagen.

## Folgerungen

Aufgrund dieser kurzen Analyse können wir feststellen, dass ein Unternehmer, der am Produktionsstandort Schweiz festhalten muss oder will, sich zu der folgenden Strategie bekennen muss: Er muss investieren in Form von Anschaffungen und Inbetriebsetzung der modernsten und leistungsfähigsten Fertigungsanlagen. Diese Einrichtungen müssen dauernd auf dem neuesten Stand gehalten werden. (Im Vergleich mit einer Luftverkehrsgesellschaft müsste sich diese kontinuierlich mit Flugzeugen der letzten Generation ausrüsten).

Er muss seine Informatik auf der Basis eines Gesamtkonzeptes schrittweise aufbauen und diese gezielt und effizient einsetzen. Eine Verknüpfung der Systeme muss anschliessend erfolgen. Eine Effizienzsteigerung tritt ein, wenn Planung und Produktion durch EDV integriert werden.

Seine Produkte müssen ständig den Bedürfnissen des Marktes entsprechen. Die Angebotspalette muss laufend angepasst werden. Die interessanten Produkte müssen professionell und industriell gefertigt werden, unrentable Komponenten können auf dem Markt günstig eingekauft werden.

## Strategie einer Stahlbauunternehmung

Diese Regeln oder Gesetze haben für den Stahlbau ebenfalls Gültigkeit. Mit wenigen Ausnahmen bedient der Stahlbauer seine Kunden im Umkreis von ca. 300 km. Er kann also distanzmässig nur einen beschränkten Markt bearbeiten.

Für seine Investitionen steht ein grosses Angebot an EDV-Systemen und Ma-

schinen zur Verfügung, die seinen Bedürfnissen entsprechen. Die neuesten Ausführungen für die Herstellung von Stahlkonstruktionen sind im folgenden aufgelistet:

*CAD*, zwei- oder dreidimensional, interaktiv, für Übersichts-, Detail- und Konstruktionspläne. Es liefert Stücklisten, Schraubenlisten sowie Daten für die Produktion.

*NC-gesteuerte Maschinen* für Messen und Sägen von Profilen, Messen und Zuschneiden von Blechen und Platten, Positionieren und Bohren von Profilen, Blechen und Platten, Walzen von Profilen und Blechen, Scheren und Abkanten von Blechen, Körnen von Elementen und Bezeichnen der Einzelteile. Es gibt Maschinen, die drei der oben genannten Operationen in einem Gang ausführen können.

*Roboter, Automaten* zum Schweißen, Sandstrahlen, Applizieren und Trocknen von Anstrichen.

*Interne Transportmittel*: Rollengänge und Förderketten in Längsrichtung, Transporttische in Querrichtung, Hallenkrane und Konsolkrane in genügender Anzahl für die Beschickung jedes Arbeitsplatzes.

*Baumaschinen*: Bau- oder Pneukrane, Schnellmontierkrane, Helikopter, Hebebühnen für Personal und Material in verschiedenen Varianten.

Es ist die Aufgabe des Unternehmers, diese Investitionen genauestens zu evaluieren, ohne sich durch lockende Angebote in die Enge treiben zu lassen. Es ist schlussendlich ein reines Wirtschaftlichkeitsproblem zwischen Investition, Auslastung, Leistung und Kosten.

Es liegt an ihm, anschliessend all diese Maschinen zu installieren, in Gang zu setzen und einen dauernden und optimalen Einsatz sicherzustellen. Es liegt an ihm, das Personal aus- und weiterzubilden, und darin liegt wohl der grösste Unterschied zwischen Technologie von gestern und Technologie von heute.

### Im Zentrum der Stahlbautätigkeit, das CAD

Heute arbeitet ein modernes CAD dreidimensional und ist fähig, alle Elemente einer Stahlkonstruktion zusammenzufügen. Jedes Element wird mit dem gewählten Profil definiert, der Zusammenbau jedes Konstruktionsteiles wird dargestellt, und letztlich wird eine für die Montage erforderliche Übersicht ausgedruckt. Die Anzahl und die Art der erforderlichen Verbindungsmitte werden automatisch ermittelt.

Unterscheidet sich die Geometrie von Objekt zu Objekt, so kann der Compu-

ter die Profile, die Verbindungen und Verbindungsmitte seiner Datenbank entnehmen und jedem Konstruktions- element anpassen. Diese Datenbank kann quasi die Rolle eines Bürochefs übernehmen mit der Aufgabe der Normalisierung und Standardisierung der Produkte, indem gewisse typische Konstruktionselemente favorisiert oder eliminiert werden.

Eine gute Zusammenarbeit zwischen dem projektierenden Ingenieur und dem CAD-Konstrukteur ist für die Optimierung der Lösung sehr wichtig. Die Schwierigkeit besteht in der Kunst der Vereinfachung der Konstruktion, die aber immer den geforderten Kriterien genügen muss und den Normen, der statischen Berechnung und den Materialeigenschaften entsprechen soll.

Die grafische Darstellung der Struktur ist mannigfaltig: Übersichtspläne, Perspektiven, Explosionszeichnungen, Detailzeichnungen der Profile und Verbindungen, Stücklisten, Schraubenlisten und eine Zusammenfassung der Anstrichsflächen.

Die Programmierung ist sehr einfach. Die Systeme wurden im Laufe der Entwicklung flexibel und anwendungsfreundlich gemacht, bequem für die Eingabe der Struktur, bequem für Änderungen im Laufe der Planung und mit der Möglichkeit ausgestattet, Fertigungs- oder Montagelose auszudrucken.

### CAM, Verknüpfung CAD-NC Maschinen

Als nächste Etappe müssen alle Maschinen mit dem Computersystem integriert werden. Im Mittelpunkt des ganzen Systems ist das CAD als Verbindung zwischen Produkt und dessen Planung und Fabrikation.

Die Rentabilität des CAD wird spürbar erhöht im Moment wo die Möglichkeit gegeben wird, Daten mehrfach zu verwenden, ein erstes Mal während der Planung, in der Folge mehrfach während der Fabrikation, das heisst für die Programmierung der numerisch gesteuerten Maschinen. Diese Maschinen übertragen die gegebenen Befehle auf die Werkstücke in Form von geometrisch definierten Sägeschnitten, in Form von Schraubenbildern und Schweißnähten, und dies alles unter Minimalisierung der Programmierungskosten und unter Vermeidung von Fehlern.

Diese NC-gesteuerten Maschinen werden sehr flexibel, denn ein Wechsel des Programms ist im Handumdrehen vollzogen. Es gibt auch Maschinen, die für verschiedene Operationen ausgerüstet

sind. So können Zeit und Kosten für das Handling der einzelnen Konstruktions- elemente minimalisiert werden. Die Fehlerhäufigkeit nimmt gleichermassen ab.

### Just in time Produktion

Alle Maschinen und Arbeitsplätze sind mit Rollgängen und Förderketten vom Rohmateriallager bis zum Fertiglager verbunden. Diese automatischen Transportmittel sind durch Video-Kameras überwacht, um einen kontinuierlichen Materialfluss sicherzustellen.

Die gesamte Produktionskapazität muss unter dem Mantel "just in time" (JIT) geplant werden; JIT koordiniert alle Aktivitäten in einem kontinuierlichen Warenfluss, indem sogenannte tote Zeiten während des internen Transports, im Handling sowie im Zwischenlager reduziert werden.

Die Produktionssteuerung überwacht die Termine ab Materiallieferant, im Lager, in der Fabrikation bis zur Lieferung auf die Baustelle. Dadurch wird auch die Flexibilität in den Auslieferungen erhöht, sowohl für grosse als auch für ganz kleine Aufträge.

Die Strategie des Fliessens ist oberstes Prinzip.

### Qualitätssicherung

Ein Qualitätssicherungssystem, das immer auf dem neuesten Stand gehalten wird, regelt und dokumentiert alle Aktivitäten in allen Bereichen und garantiert ebenso eine Optimalisierung zwischen vertraglich festgelegten Spezifikationen und dem tatsächlich Fabrizierten punkto Qualität, Finish und Kosten.

Das System beruht auf einem Kontrollorganismus, aber vor allem auf Selbstkontrolle an jedem Arbeitsplatz.

### Der Mitarbeiter im Mittelpunkt der Unternehmung

Diese flexiblen Systeme können nur funktionieren, wenn jeder Mitarbeiter seine Maschinen und seine Funktion im System beherrscht. Es ist Aufgabe jedes Vorgesetzten, seine Mitarbeiter auszubilden, sie dauernd zu begleiten und sie, wenn nötig, weiterzubilden.

Diese Anlagen funktionieren noch besser, wenn jeder Mitarbeiter motiviert ist. Das kann man mit einem Bonussystem oder anderen Prämien kurzfristig fördern. Anspruchsvolle und diversifizierte Tätigkeiten, moderne und leistungsfähige Maschinen und Anlagen und effiziente Arbeitsplätze mit genug Raum

und Licht und guter Luft sind die Voraussetzungen für eine dauernde Motivation aller Mitarbeiter. Langfristig lohnt es sich, mehr zu investieren für eine freundliche Farbgestaltung in der Fabrik, für genug Tageslicht und für eine moderne Ventilation kombiniert mit Heizung, Filter und Wärmerückgewinnung.

Es ist Aufgabe des Managements, sicherzustellen, dass diese wirtschaftlichen Anlagen kreiert und realisiert und dass diese fortlaufend weiter entwickelt werden. Die Mitarbeiter sollen so harmonisch mit diesen Systemen wachsen. Es braucht Kreativität, Fantasie, Courage, Wissen und Ausdauer.

### Die Aus- und Weiterbildung

Die Inbetriebnahme dieser komplexen Systeme erfordert viel Zeit und bedingt

eine systematische Instruktion der Mitarbeiter. Zuerst muss gesorgt werden, dass jede Maschine für sich alleine einwandfrei funktioniert, und wenn diese stabil ist, kann sie in das ganze Produktionssystem integriert werden.

Parallel müssen Konstruktionsrichtlinien erarbeitet und instruiert werden, um die Produkte mit den Maschinen und Einrichtungen abzustimmen.

Diese neue Philosophie muss durch eine gezielte Ausbildung auf allen Hierarchiestufen durchgesetzt werden.

5 x M für Marketing, Mitarbeiter, Management, Maschinen und Money. Die 5 x M, strategisch und operationell gut geführt, sind die Stärken und Chancen eines Produktionsstandortes in der Schweiz. Voraussetzung ist überall Professionalität.

Dies ist auch der einzige Weg für jede schweizerische Stahlbauunternehmung, die langfristig auf dem Schweizermarkt überleben will.

### MMMMM

Der Erfolg einer Unternehmung mit Produktionsstandort Schweiz hängt ab von 5 Elementen mit Anfangsbuchstaben M, die in diesem Artikel umschrieben sind:

Adresse des Verfassers: *François Frochau*, dipl. Ing. ETH, Präsident der Schweizerischen Zentralstelle für Stahlbau, Direktor Geilinger AG, 8180 Bülach.

## Festkörperreibung

### Reibungszahlen verschiedener Werkstoffe

**Im folgenden wird über Gleitreibungsversuche an unkonventionellen «Gleitlagern» berichtet, die an der EMPA durchgeführt wurden. Für einmal geht es somit nicht um die klassischen Brücken-Gleitlager, sondern um die Reibungsverhältnisse von verschiedenen Werkstoffen, die in der Praxis häufig eine Rolle spielen, über die man jedoch eher wenig Bescheid weiß.**

Im allgemeinen versteht man unter Reibung den Widerstand, der bei einer relativen Bewegung zweier sich berühren-

VON ALUIS MAISSEN,  
DÜBENDORF

der Körper auftritt. Wenn z.B. zwei ebene Flächen fester Körper aufeinander gleiten, tritt Gleitreibung auf. Die in der Berührungsebene auftretende Reibungskraft ist der Normalkraft proportional, mit der die beiden Körper gegeneinander gedrückt werden. Es gilt also das Coulombsche Reibungsgesetz  $W = \mu \cdot N$ . Demnach ist der Reibungswiderstand  $W$  nur von der Normalkraft  $N$  und von der empirisch ermittelten Reibungszahl  $\mu$  abhängig [1]. Im Gegensatz zur Rollreibung [2] unterscheidet man bei der gleitenden Reibung zwischen der Haftreibungszahl (auch Ruhreibung oder statische Reibung genannt) und der Gleitreibungszahl (auch Bewegungsreibung oder dynamische Reibung genannt). Im allgemeinen ist die Haftreibung grösser als die bei Ein-

tritt des Gleitens auftretende Gleitreibung. Dies gilt vor allem für die klassischen Gleitlager [3] [4], bei denen die Gleitschichten sich auch über längere Zeit vertragen und praktisch keinen Verschleiss aufweisen. Anders verhält es sich hingegen bei verschiedenen Werkstoffen, die beim Aufeinandergleiten bald Verschleisser-scheinungen zeigen und dadurch den Gleitreibungs-wert schnell anwachsen lassen.

Die Reibungszahlen, auch Reibungskoeffizienten oder Reibungswerte genannt, sind im allgemeinen von folgenden Parametern abhängig:

- Werkstoff
- Oberflächenbeschaffenheit (Rauigkeit)
- Zustand der Oberfläche, trocken oder geschmiert
- Gleitgeschwindigkeit
- Flächenpressung

Neben dem Werkstoff selber ist es vor allem die Oberflächenbeschaffenheit, welche die Gleitreibung massgebend

beeinflusst. So ist der Reibungswiderstand relativ klein bei glatten, gross hingegen bei rauen Flächen.

Je nachdem, ob ein Schmiermittel zwischen den gleitenden Teilen wirkt oder nicht, spricht man von trockener oder flüssiger (geschmierter) Reibung. Bei trockener Reibung berühren sich zwei relativ zueinander bewegte Teile unmittelbar. Dabei entsteht ein starker Verschleiss. Bei flüssiger Reibung sind dagegen die einzelnen Gleitteile (in der Regel Metalle) durch einen Schmierfilm voneinander getrennt, so dass sich die Reibung im Schmiermittel vollzieht. Zwischen diesen zwei Extremfällen gibt es noch die halbflüssig Reibung oder die Mischreibung, bei der der Schmierfilm nicht vollständig ausgebildet ist [1].

Bei den vorliegenden Versuchen [5] ging es ausschliesslich um trockene Reibung. Es sollten also nicht die Reibungsverhältnisse bei Gleitschichten von Brückenlagern oder Maschinenteilen untersucht werden. Hauptziel war vielmehr die Ermittlung von Reibungszahlen verschiedener Werkstoffe, die in praktischen Fällen von Bedeutung sein können. Auf diese praxisnahe Zielsetzung waren auch die Versuche selber ausgerichtet, und so wurden Werkstoffpaarungen untersucht, die sowohl von der aktiven wie von der passiven Reibung her interessant sind. Sollen beispielsweise vorfabrizierte Betonplatten über Stahlträger eingeschoben werden, so muss dabei die Reibung überwunden werden. Handelt es sich dagegen um Bauwerke, die vorwiegend durch Reibungskräfte zusammengehal-