

VDI

Bautechnik

Einladung / Programm

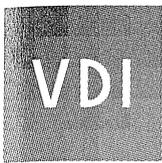
## Verfahrenstechnik im Ingenieurbau

Tagung mit begleitender Fachausstellung  
26. - 27. November 2002  
Baden-Baden, Kongresshaus

Traggerüste  
Schalungen  
Arbeits- und Schutzgerüste



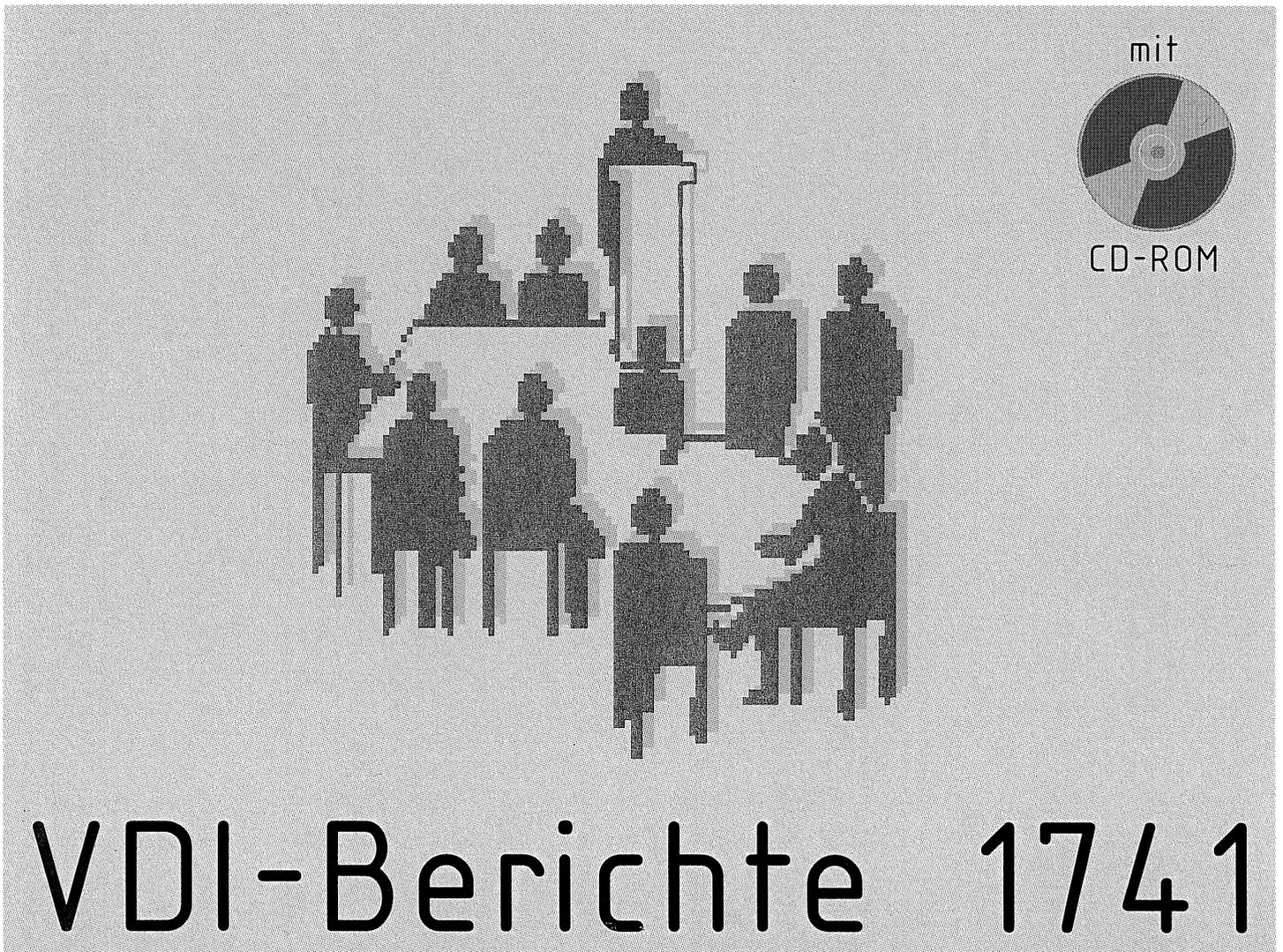
Deutscher Ingenieurtag  
12. - 14. Mai 2003, Münster  
[www.ingenieurtag.de](http://www.ingenieurtag.de)



VDI-Gesellschaft  
Bautechnik

# Verfahrenstechnik im Ingenieurbau

Traggerüste, Schalungen,  
Arbeits- und Schutzgerüste



VDI-Berichte 1741

# Ein Blick hinter die Grenzen der Wirtschaftlichkeit der Massivbautechnik

## Über die Situation in der Bauwirtschaft

Gerald Ast, Plauen

Rolf Brückel, SIGMA KARLSRUHE GmbH

Das Klagen in der Bauwirtschaft ist groß. Ihr ist die Preiswürdigkeit ihres Leistungsangebots abhanden gekommen. Die Nachfrage nach Bauleistungen sinkt. Der Abbau der Kapazitäten kann nicht schnell genug folgen. Überkapazitäten ringen um jeden Preis um den Verbleib im Markt, hoffend auf bessere Zeiten. Damit sind die alten Zeiten gemeint, in denen man die Preise erzielen konnte, die man brauchte. Diese Zeiten sind aber auf immer vorbei. Allenfalls mit staatlichen Investitionen könnte noch das eine oder andere Strohfeuer an größerer Nachfrage gezündet werden. Niemand wird sich aber daran dauerhaft erwärmen können und wollen. Die Bauwirtschaft muß sich deshalb mehr Gedanken um sich selbst und ihre Marktattraktivität machen, denn auf Hilfe zu harren.

Das alltägliche Ringen zwischen der Angebotsseite und der Nachfrageseite im Baugeschehen ist schnell skizziert:

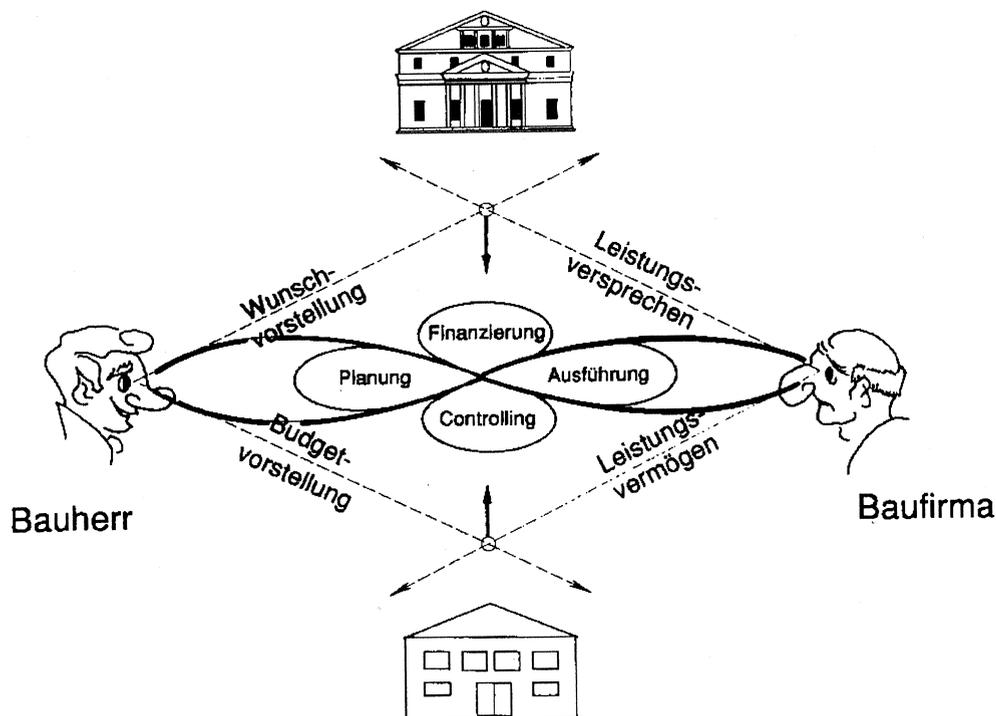


Bild 1: Der alltägliche Grundkonflikt im Baugeschehen

Der Bauherr beginnt sein Vorhaben mit einer optimistischen Preis-/Leistungserwartung. Sein Auftragnehmer holt sich den Auftrag mit dazu passenden Leistungsversprechen. Aber: Das Budget reicht angesichts der Kostensituation dafür bei weitem nicht aus. Irgendwo dazwischen wird der Knoten eines Kompromisses geknüpft, oft erst nach vollständiger Ermattung der Kontrahenten, wenn deren Mittel zum Streiten erschöpft sind.

Wahrlich, es ist ein hartes Brot, unter dieser Prämisse verantwortlich für ein Bauvorhaben zu sein. Die Vertragsmacht in der Hand der Bauherrschaft wird allzu oft von der Macht des Faktischen im Baugeschehen ausgehebelt. Wenn ein Projektmanager das verhindern kann, hat er schon viel erreicht.

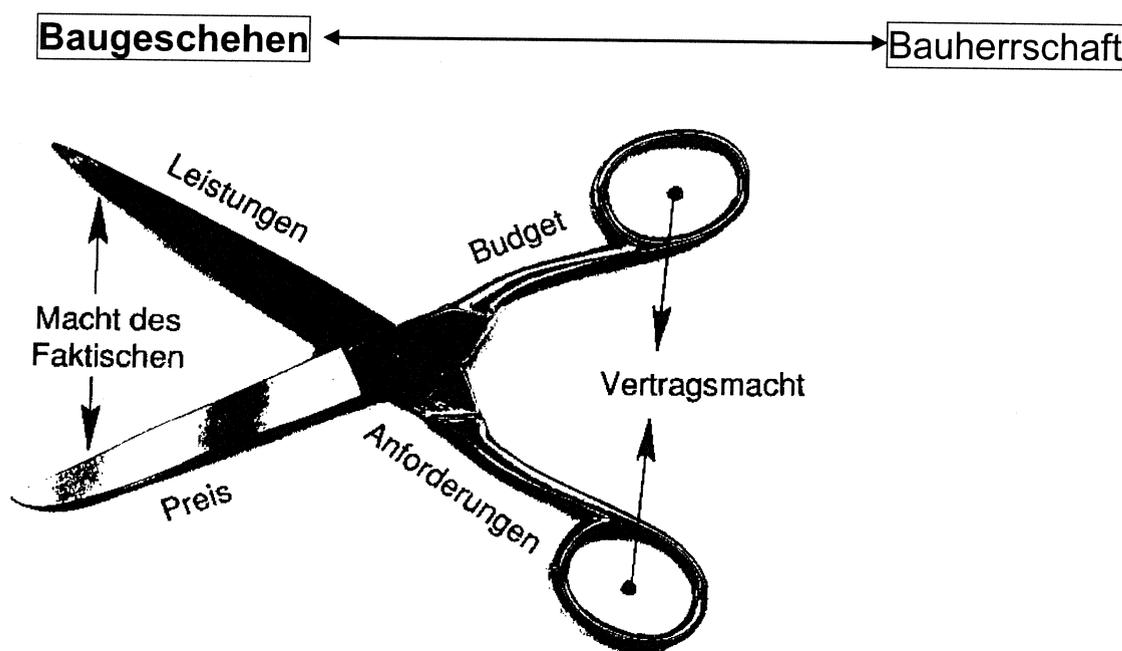


Bild 2: Die Mühen des Projektmanagements um die Bauherrschaft

Derlei Projektmanagement ist eine zwar notwendige aber für sich allein eine unfroh machende Bemühung. Mit derart defensivem Handeln wird die eigentliche Aufgabe nicht gelöst. Die Kosten werden allenfalls an die Auftragnehmerseite verschoben, nicht aber wirklich gesenkt. Denn Bauen - so wie wir bauen - kostet nun einmal soviel wie es kostet. So zu bauen ist aber nicht nur teuer, sondern zusätzlich mit unkalkulierbaren Ergebnisrisiken behaftet. Das hört man nicht nur allerorten, man erfährt es schmerzlich selbst, wenn man ein eigenes Bauprojekt durchlebt. Die branchenüblichen Gepflogenheiten lassen dem Bauherren wenig Spielraum dafür, Kosten und Risiken seiner Bauinvestitionen unter Kontrolle zu bringen.

Vermutlich deshalb geht in jüngster Zeit die Nachfrageseite dazu über, Lieferungen und Leistungen in einer Anbieterhand zu bündeln. Mit einem besseren Controlling will man die tatsächliche Bauherrschaft in seinem Bauvorhaben zurückgewinnen, um so zumindest den Risiken besser gewappnet zu begegnen. Motto: "Wenn der Preis schon hoch ist, dann will ich mein Bauvorhaben wenigstens in zuverlässigen Verhältnissen ablaufen lassen". Das Baugeschehen wird daraufhin immer mehr von Anbietern übergeordneter Leistungsangebote beherrscht, die das Metier Bauen selbst kaum noch kennen, dafür aber Preise und Verträge diktieren. Generalunternehmer, Totalunternehmer, Bauträger u.a.m. drängen sich mit vielerlei ganzheitlichen Leistungsversprechen zwischen den Bauherren und alle, die das Bauvorhaben planen, vorbereiten und durchführen müssen. Die eigentlichen Bauleistungen werden "versubt". Selbst große Bauunternehmen müssen sich in die Subunternehmerkette einreihen.

Mag sein, daß damit für den Bauherren zuweilen Vorteile erreicht werden. Das Baugeschehen wird ja vertraglich und geschäftlich streng geführt. Hingegen wird die inhaltliche und organisatorische Steuerung eher dem freien Spiel der Kräfte hingeworfen. Darunter leidet die Effizienz. An den oft schwimmend gehaltenen Leistungsgrenzen herrscht weithin Hauen und Stechen. In Deutschland noch mehr als anderswo. Im täglichen Ringen um betriebswirtschaftliche Vorteile werden in dieser Fresskette bedenkenlos Existenzen vernichtet. Der dabei angerichtete volkswirtschaftliche Schaden ist groß.

Man müßte erwarten, daß die Betroffenen und Beteiligten sich der Misere stellen, anstatt sich ihr hinzugeben. Deren Ursache lautet schlicht: Bauen ist zu teuer! Eine wichtige Folge ist, daß der "return on investment" ROI in allen Bereichen durch einen zu hohen Baukostenanteil an der Gesamtinvestition belastet wird. Die Volkswirtschaft leidet darunter, daß die Gestehungskosten für jedweden Beginn von Zivilisation und Produktivität zu hoch sind. Dabei sind die Baupreise so weit unten, wie es überhaupt möglich scheint. Die am Bau Beteiligten werden allesamt zu gering entlohnt. Es geht ihnen schlecht. Vorbei scheinen auch die Zeiten in denen die Bauwirtschaft noch genug Kraft hätte aufwenden wollen und können, um der Herausforderung von Anbietern aus den Schwellenländern mit einem Rationalisierungsvorsprung zu begegnen. Der Wille zur Modernisierung lahmt. Die Preisgabe von Märkten schreitet daraufhin progressiv voran. Wo ist sie bloß geblieben, die Macht und Herrlichkeit der Deutschen Bauindustrie?

Überlegungen, wie man dieser Malaise entrinnen kann, sind im alltäglichen Geschäft naturgemäß auf das individuelle Überleben angelegt. Die Rezeptionsfähigkeit für übergeordnete Betrachtungen schwindet. Die deutsche Bauindustrie muß aber endlich anfangen, ihre Hausaufgaben zu machen, so wie der Maschinenbau die Automobilindustrie u.a.m. es bereits getan haben. Denen ging es ja auch so schlecht, daß man sie schon tot gesagt hatte. Erst wenn alle am Bau Beteiligten auf geringerem Preisniveau wieder auskömmlich wirtschaften, ist die Bauwirtschaft wieder gesund. Bis dahin ist es noch weit. Denn der Patient redet zwar gern mit bewegten Klagen über die Symptome seiner Krankheit, aber an der Ursachenforschung zwecks Anwendung der richtigen Kuren fehlt es weithin. Sonst würde man diagnostizieren: Die Attraktivität des Leistungsangebots der deutschen Bauwirtschaft an die Gesamtwirtschaft ist notleidend. Dagegen hilft nur eine drastische Verbesserung des Preis-/ Leistungsverhältnisses.

Wir wollen aufzeigen, daß es dafür Chancen gibt und über die vermuten Gründe sprechen, warum diese noch (!) nicht genutzt werden.

### **Vom Betrachterstandpunkt zum engeren Betrachtungsgegenstand**

Die landläufige Reaktion auf dieserart Beiträge entspringt oft der Einstellung: "Das haben wir schon immer so gemacht, da könnte ja jeder kommen und überhaupt". Deshalb wollen wir kurz erklären, warum wir uns unberufen auf dieses Feld wagen. Die eigentlich dafür berufenen Experten und Eminenzen mögen uns das nachsehen: Wir stehen mittendrin im Schlamassel. Als praktizierende Ingenieure auf dem Arbeitsfeld Schalungen und Gerüste haben wir weitreichende Erfahrungen sowohl in der Anwendung dieser technischen Arbeitsmittel in der Baupraxis als auch bei deren Entwicklung. Besonders mit der Anwendungstechnik von Schalungen und Gerüsten, befindet man sich auf der Sub-Subseite in der Bauwirtschaft, also ganz unten. Diese Position verlangt einem seriösen Ingenieur eine hohe Leidenschaft ab, will er dennoch seiner Profession genügen. Wohl soll er als Problemlöser exzellent sein, handeln darf er aber nur wie ein Knecht. Manches, was schon von vornherein verbockt wurde, soll er am Ende doch noch gesund beten. Gelingt der Zauber nicht, wird man zum Sündenbock.

Der Referent war aber auch, von der Bauplanung her kommend, viele Jahre für das Planungs- und Projektmanagement auf der Bauherrenseite verantwortlich, hauptsächlich im internationalen Baugeschehen, also vermeintlich ganz oben im Projektgeschäft. In dieser

Position muß man sich gar zu oft dem Mitleid mit der elenden Situation der am Bau Beteiligten verschließen, damit man bis zum bitteren Ende pflichtschuldigst handeln kann.

Aber Leiden bildet. Unseren Betrachterstandpunkt zum Thema hat es mit der Einsicht bereichert, daß die schlechte wirtschaftliche Situation der Bauwirtschaft etwas mit der zu geringen Effizienz der Bauproduktion zu tun haben muß. Dort setzen wir mit unseren Überlegungen an, wohl wissend, daß wir keine Patentrezepte anbieten können.

Wir wollen nur dazu anregen, nach Ansätzen und Optionen dafür zu suchen, wie in der Bauproduktion Rationalisierungspotentiale erschlossen werden können, die im Vergleich mit der Industrieproduktion zweifelsfrei noch vorhanden sind.

Zwar gilt das Gesagte weithin im Bauwesen. In diesem Beitrag konzentrieren wir uns aber auf den Hochbau als engeren Gegenstand unserer Betrachtungen. Den möglichen Einwand, daß es sich dabei nicht um Ingenieurbauwerke handelt, bestreiten wir. Zu den angestrebten Lösungen zu kommen ist eine Ingenieuraufgabe von hohem Rang. Durch die Kunst der Ingenieure wird es möglich mit hohen Häusern kostbare Grundstücksflächen mehrfach bis vielfach nutzbar zu machen.

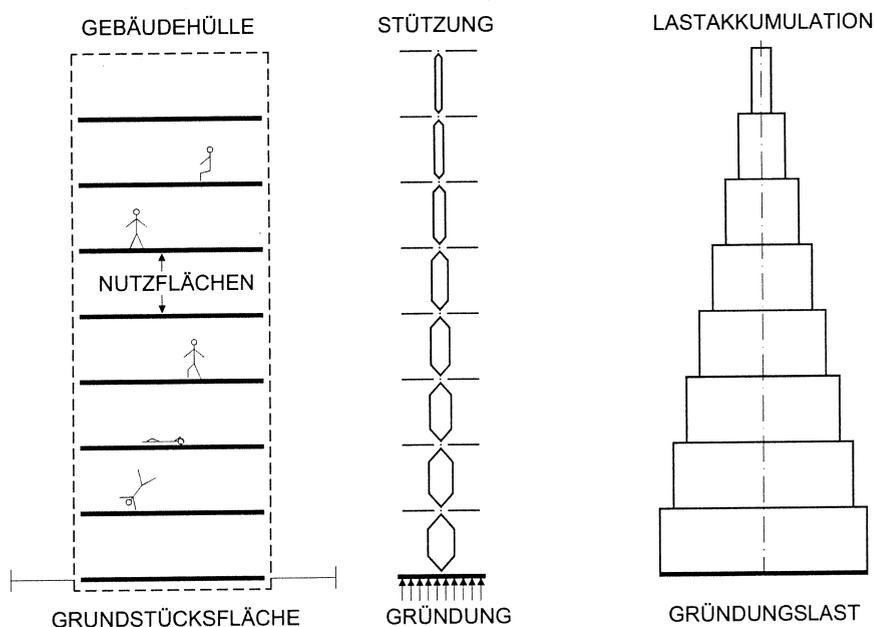


Bild 3: Prinzip Hochbau

Über einer einzigen Grundfläche bilden wir eine Vielzahl tragfähiger Nutzflächen aus, die gegen eine in der Grundstücksfläche liegende Gründung abgestützt werden. Um alles herum

legen wir eine Gebäudehülle innerhalb derer wir uns Raumbedingungen schaffen, die uns zusagen. Das Gesamtvolumen bauen wir mit raumbildenden Maßnahmen dem Nutzungszweck entsprechend aus. Wir rüsten es zudem mit technischen Einrichtungen aus, welche die Gebäudfunktion sichern. Ganz generell wird das Gebäude in drei Hauptgewerken errichtet: Rohbau und Hülle, Raumbildender Ausbau und Technischer Ausbau.

Der Rohbaukörper von Hochbauten wird überwiegend in Massivbauweise und zwar ingenieurbaumäßig errichtet. Alle anderen Gewerke folgen nach. Man kann also den Rohbau durchaus für sich allein behandeln. Vorerst jedenfalls.

Wenn es gelänge, den Rohbau von Hochbauten wesentlich wirtschaftlicher herzustellen, dann wäre das ein Signal für den gesamten Massivbau, daß mehr Effizienz möglich ist.

### **Das Leistungsvermögen der gebräuchlichen Baustoffe**

Mit Hochbauten erheben wir uns über die Erdoberfläche. Uns stehen dafür Baustoffe zur Verfügung, die wir der Erde abgewinnen. Deren direkt erfahrbare Eigenschaft ist ihre Bodenschwere, der wir als Haupteinwirkung entsprechende strukturelle Widerstände entgegensetzen müssen, die wir ebenfalls diesen Baustoffen abgewinnen. In dieser Balance zwischen Einwirkungen und Widerständen nehmen die gebräuchlichen Baustoffe unterschiedliche Positionen ein, die sie mehr oder weniger geeignet für die Bewältigung einer Bauaufgabe erscheinen lassen. Wir wollen daraufhin die Baustoffe vergleichen und die Position des Baustoffs Beton im Wettbewerb der Baustoffe bestimmen.

Das prüfen wir an dem Begriff der Eigenlasteffizienz der verwendeten Baustoffe. Darunter verstehen wir die Fähigkeit, neben der eigenen Bodenschwere noch zusätzliche Lasten abzustützen. Wir vergleichen die Eigenlasteffizienz der gebräuchlichen Baustoffe mit der Frage: Wie weit können wir uns theoretisch durch die Anhäufung eines Baustoffes über die Erde erheben? Wir wählen zunächst die Bauform einer Säule mit konstantem Querschnitt, die für keinen anderen Zweck errichtet wird, als sich selbst zu tragen. Je größer die damit erreichbare Höhe ist, desto effizienter ist das Material. Denn die Eigenlast aus nicht gebrauchter Bauhöhe steht für die Abstützung zweckgebundener Lasten z.B. von Decken eines Hochbaus zu Verfügung.

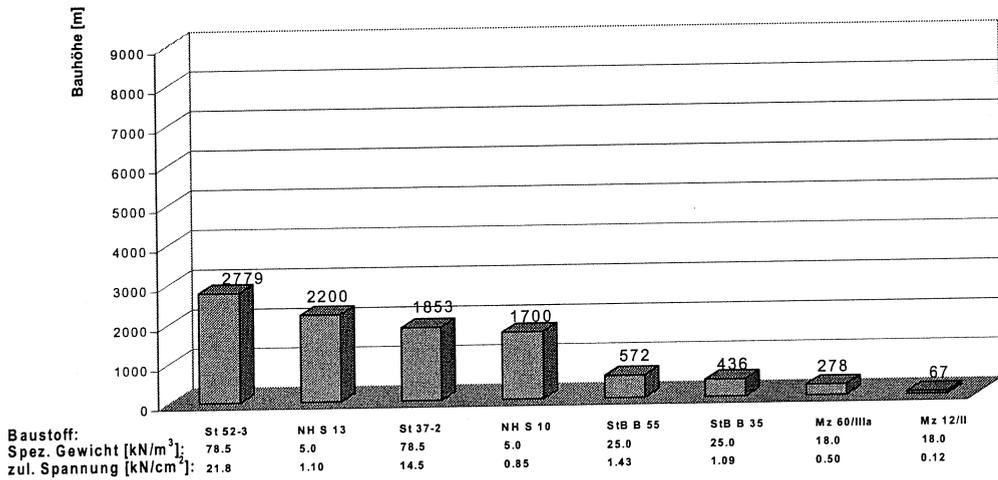


Bild 4a: Theoretisch erreichbare Bauhöhen in Säulenform

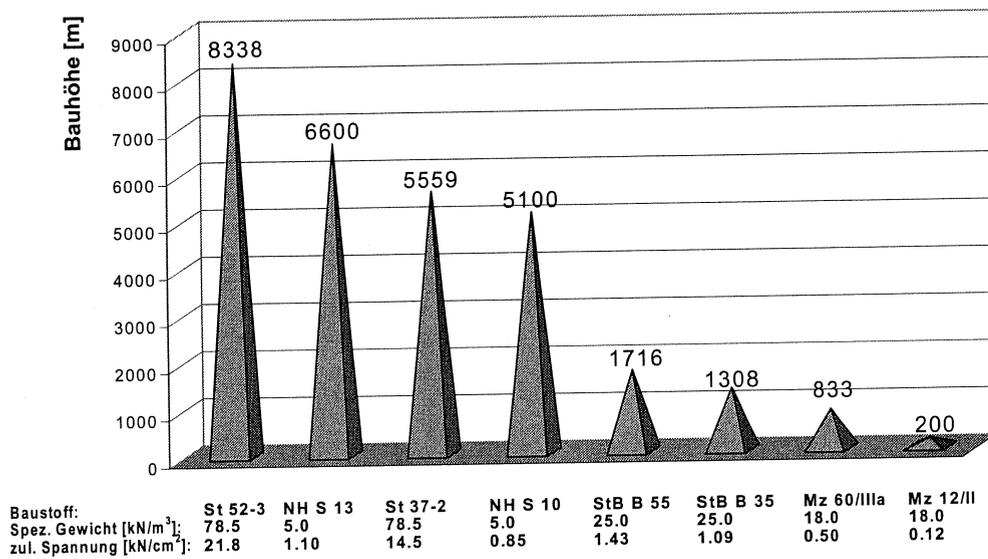


Bild 4b: Theoretisch erreichbare Bauhöhen in Pyramidenform

Nur der Neugier halber zeigen wir anhand der Pyramidenform, daß es durchaus noch höher hinauf gehen kann, wenn man den Querschnitt nach oben verjüngt. Aber auch die Pyramide hat noch Reserven in Relation zu einem Baukörper, bei dem der Querschnitt nach oben hin so "ausgehungert" wird, daß über die gesamte Höhe die Grenzbeanspruchung erreicht wird. Unsere Bauten reichen bei weitem nicht in diese Sphären.

Wir erkennen an diesem Vergleich erwartungsgemäß, daß Stahl die höchste Eigenlasteffizienz bereitstellt, dicht gefolgt von Holz. Mit Beton müssen wir sehr viel früher aufgeben. Das Schlußlicht bildet das Mauerwerk - aber nicht allzusehr abgeschlagen vom Beton. Stahl ist zwar sehr schwer, aber noch mehr tragfähig als schwer. Holz gewinnt als Leichtgewicht an Höhe, trotz seiner relativ geringen Beanspruchbarkeit. Stahlbeton ist mittelschwer und angemessen belastbar.

Die Eigenlasteffizienz des Betons ist zwar geringer als die der mitbetrachteten Baustoffe, man muß sie aber für einen Vergleich nach Wirtschaftlichkeitskriterien noch mit den Baustoffkosten und den materialspezifischen Bearbeitungskosten konfrontieren. Das zusammen macht die Preiswürdigkeit des Leistungsangebots eines Baustoffs aus. Beton dürfte bei diesem Vergleich wieder vorn liegen, wenn man ihn nicht überstapaziert. Es ist wohl die gute Kombination von Durchschnittseigenschaften, die den Beton gut im Wettbewerb der Baustoffe positioniert.

Bleiben wir also beim monolithischen Betonbau. Am Beispiel eines Standard-Stockwerksmoduls für einen Bürobau im Grundrißraster 6 Meter x 6 Meter und mit einer Geschoßhöhe von 3,5 Meter, wollen wir uns aber doch noch vergewissern, daß die Eigenlasteffizienz des Baustoffs Beton auskömmlich ist. Dafür fragen wir danach, welche Höhe erreicht werden kann, wenn am Fuß des Gebäudes der Stützquerschnitt auf einen Prozentanteil des Grundrißrasters begrenzt wird. Dabei soll der Stützenquerschnitt über die gesamte Gebäudehöhe grenzbeansprucht sein.

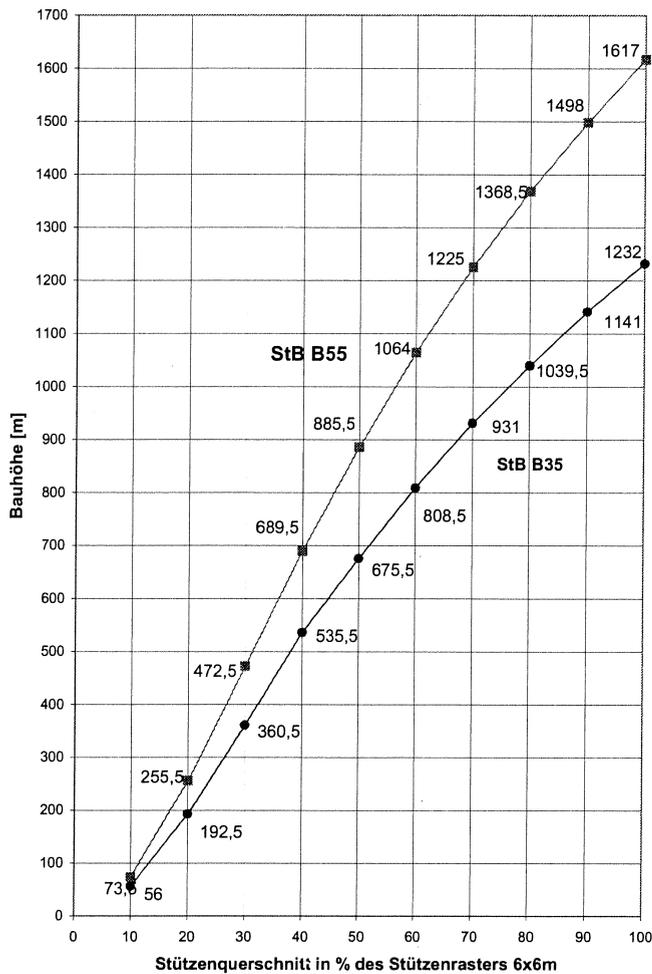


Bild 4c: Eigenlasteffizienz Bild Theoretisch erreichbare Höhe mit Stützenquerschnitt proportional zur Nutzfläche

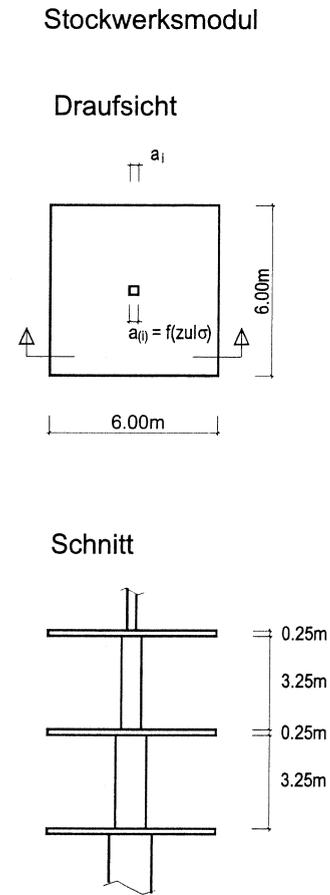


Bild 4d: Repräsentatives Stockwerksmodul

Wir erkennen daran, daß unsere Fähigkeiten, sich in der Massivbauweise zweckgebunden über die Erdoberfläche zu erheben, durchaus auf das begrenzt sind, was wir schon bauen. Denn sehr viel mehr als 10% des Stützenrasters darf der Stützenquerschnitt nicht wirklich betragen. Aber: Die Eigenlasteffizienz des Stahlbetons ist für das, was wir damit zu bauen vorhaben, mehr als auskömmlich.

**Beobachtungen und Eindrücke: Die Art wie wir bauen**

Zuerst das alles Entscheidende: Bauen ist schwer, schwergewichtig. Ganz besonders in der Massivbauweise. Große Volumina von gewichtigen Baustoffen werden an einem dafür vorgesehenen Ort planvoll angehäuft. Die dafür angewandten Bauverfahren sind altherkömmlich:

- 1) Mauern, d.h. Aufschichten von vorgefertigten, kleinteilig formatierten finiten Bauelementen zu der gewünschten Bauform. Wenn man so will, ist Mauern das erste Massivbauverfahren in Fertigteilbauweise. Man könnte Mauern auch als eine Art digitalisierte Herstelltechnik bezeichnen.
- 2) Betonieren, d.h. Ausgießen einer Form mit fließfähigen aushärtbaren Baustoffen. Betonieren ist im Vergleich zum Mauern eine sehr analoge Herstelltechnik.

Rohbauten aus Beton haben fast ausschließlich Tragfunktion. Rohbauten aus Mauerwerk kann man neben der Tragfunktion auch noch wichtige bauphysikalische Funktionen abgewinnen. Der Betonbau schreitet infolge von Fortschritten in der Verarbeitungstechnik voran. Die Bedeutung des Mauerwerksbaus schwindet. Wir kommen später auf seine fälschlich mißachteten Vorteile zurück. Trotz aller Erfolge der Fertigteilbauweise werden Rohbauten überwiegend monolithisch aus Stahlbeton hergestellt. Die Gründe sind einfacher Natur und zuweilen gar zu menschlich:

- 1) Schalungs- und Gerüstsysteme ermöglichen inzwischen auf wirtschaftliche Weise den sehr variablen Formenbau vor Ort. Sie sind vielfach wiederverwendbar geworden, so daß die dafür eingesetzten Kapitalkosten bezogen auf die Einheitskosten der Produktion moderat bleiben.
- 2) Die einfache Verbindungstechnik zwischen aufgehenden und aufliegenden Bauteilen mittels Verguß der Armierung mit Beton ist im Vergleich zur Verbindungstechnik im Stahlbau, Holzbau und auch im Fertigteilbau für die Bauproduktion vor Ort vorteilhaft. Genauigkeitsanforderungen wegen der für die Montage notwendigen Paßgenauigkeit gibt es in der monolithischen Bauweise nicht. Alle geometrischen Genauigkeitsanforderungen werden dem Formenbau abverlangt.
- 3) Die monolithische Betonbauweise ist auch den Architekten willkommen. Nicht allein dort, wo sich deren Möglichkeiten der freien Formgebung gestalterisch nutzen lassen, sondern auch bei ganz gewöhnlichen Hochbauten. Unsere Einschätzung: Architekten können sich bei der Betonbauweise der Notwendigkeit zur frühzeitigen Konsultation des ungeliebten Tragwerksplaners entziehen. Mit einer überschlägigen Vordimensionierung von Bauteilen mit Faustformeln kommt er in der Entwurfsphase meist zurecht. Der Statiker erledigt später den Rest, indem er die für die Standsicherheit noch notwendigen Eiseneinlagen auskömmlich ausrechnet. Solcherart scheinbare Freiheit des Entwurfs von sorgfältigen Überlegungen zur Dimensionierung und Detailkonstruktion gibt es im Stahlbau, Holzbau und auch im Fertigteilbau nicht.

Die monolithische Betonbauweise ist dadurch "state of the art" im Massivbau in fast allen Bereichen des Bauwesens geworden. Das Transportieren spielt damit einen sehr gewichtigen Part im Baubetrieb.

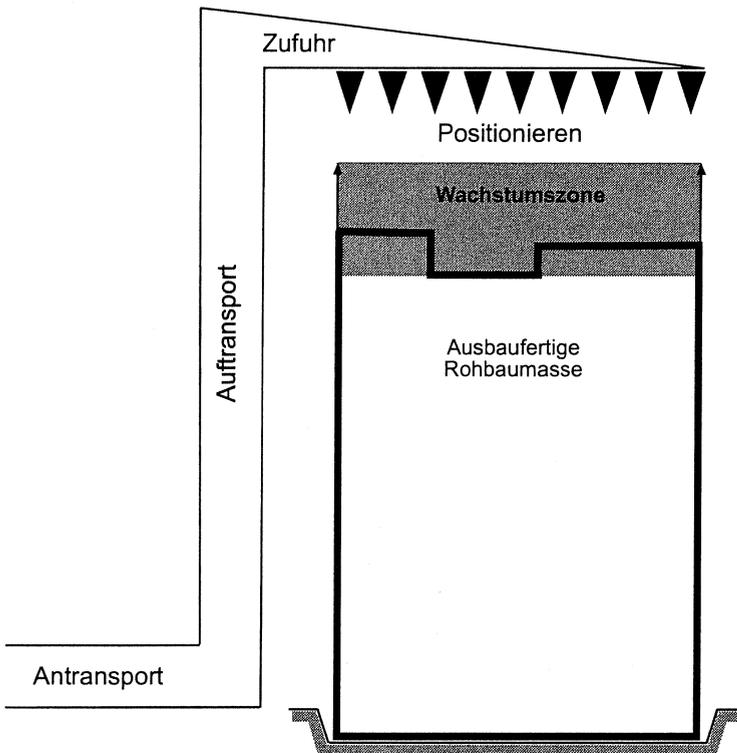


Bild 5: Materialfluß auf der Baustelle

Der Materialfluss gliedert sich grob in: Antransport, Auftransport und Zufuhr der Positionierung.

Auch wenn zunächst alles ganz einfach aussieht, die Transportlogistik der Materialzufuhr und das Positionieren der Baumasse vor Ort und nach Plan, sind im Baugeschehen problembehaftet. Infolge von Eigenheiten der Bauproduktion muß sich der Arbeitsfluß Imponderabilien und Friktionen anpassen, die den Materialfluß unvorhersehbar unstetig machen:

- 1) Der eigentliche Bauprozess spielt sich immer oben ab, also in der Wachstumszone des Baukörpers. Ein Merkmal dieses Prozesses ist der zeitveränderliche Standort der Produktion, der dem Wachstum des Baukörpers nur kurz vorausleitet. Passend zum stockwerksweisen Wechsel zwischen aufgehenden und aufliegenden Bauteilen müssen die Produktionsanlagen vor Ort schrittweise umgerüstet werden. Der

Standortwechsel selbst erfolgt deshalb diskontinuierlich, was wiederum auch zur Diskontinuität des Materialflusses führt. Auch die Laufzeiten der für die Produktion eingesetzten Maschinen haben große Unterbrechungen.

- 2) Die Gepflogenheiten der vorbereitend am Bau Beteiligten schaffen weitere Erschwernisse: Das Produkt Baukörper ist in der Regel nicht produktionsgerecht geplant. Architekten verspüren nun einmal einen starken individuellen Gestaltungsdrang. Aber nicht allein das, Bauingenieure in der beruflichen Ausprägung als Statiker verstehen meist nicht genug vom Bauen, als daß sie Armierungen, Bauwerksfugen u.ä.m. dafür geeignet anordnen würden. Das Bauwerk wird geplant wie es endgültig beschaffen sein soll. Zwischenzustände gibt es für die Planer nicht. Soll doch die Baustelle damit fertig werden!
- 3) Die "Herrschaftsverhältnisse" im Baubetrieb sind kontraproduktiv: Weil die Leistungen gewerkeweise "versubt" sind, manchmal noch mehrfach, kommt es zu einer Menge Unstimmigkeiten zwischen nachgeordneten Zuständigkeiten und Verantwortlichkeiten. Beispielsweise arbeiten am selben Einbauort Schalungsbauer, Gerüstbauer, Eisenverleger. Und manches technische Gewerk muß parallel dazu Vorinstallationen im Beton verlegen. Überall lauern Behinderungen. Allein der Streit um die zeitgerechte Verfügbarkeit von Kranspielen ist sprichwörtlich.

Man stelle sich vor, die Herstellung eines Industrieproduktes (z. B. eines Autos) erfolgte unter solchen Bedingungen. Die Erwartungen hinsichtlich der erzielbaren Quantitäten und erst recht der noch zumutbaren Qualitäten müßten drastisch gesenkt werden. Wir schließen umgekehrt daraus, daß die Bauproduktion noch sehr viele Defizite gegenüber einer modernen Industrieproduktion aufweist.

Trotz mannigfaltiger Fortschritte bei der Mechanisierung einzelner verfahrenstechnischer Arbeitsschritte in der Massivbauproduktion kann man den Eindruck nicht ganz abweisen, daß sich seit dem Turmbau zu Babel ganz grundsätzlich wenig verändert hat.

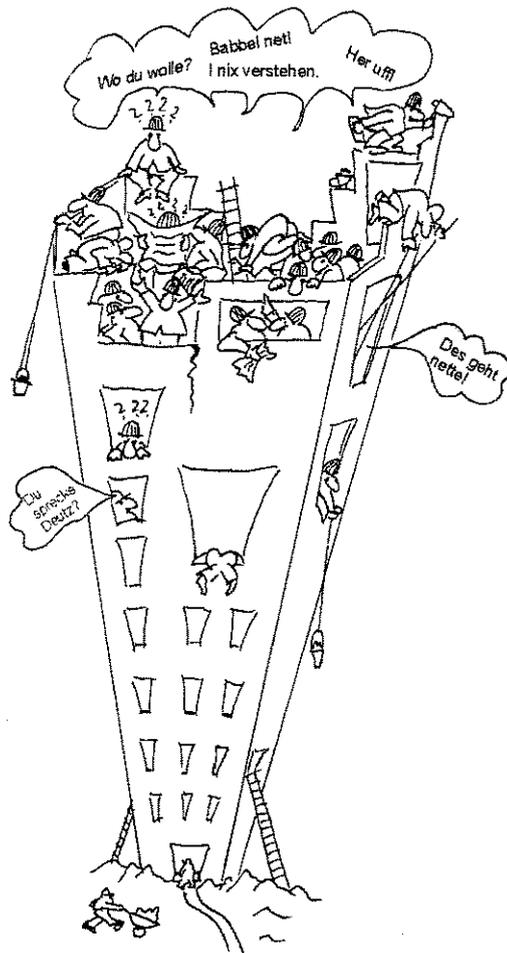


Bild 6: Turmbau zu "Babbel"

### Die Produktion bestimmende Faktoren und ihre Kostenwirksamkeit

Nach unserer Beschreibung der Art, wie wir bauen, können wir es uns kaum noch vorstellen, daß wir in den dabei herrschenden Verhältnissen zu einer wirklich effizienten Massivbauproduktion gelangen können. Sind wir also an den Grenzen der Wirtschaftlichkeit unserer liebsten Bauweise angelangt? Um das herauszufinden, entrücken wir unseren Betrachterstandpunkt etwas aus der allgegenwärtigen Ist-Befangenheit.

Mit Kriterien, die übergeordnet gelten, wollen wir das Kostengefüge der Massivbauproduktion, daraufhin abklopfen, wo noch Rationalisierungspotentiale brach liegen und warum. Wir beginnen mit einer übergeordneten Betrachtung des Produzierens an sich. Daß wir dabei mit eingeführten betriebswirtschaftlichem Begriffen etwas unbefangen umgehen, soll die Betrachtungen für unseren Berufsstand besser rezipierbar machen. Wir nehmen Kritik daran an.

Die Bauproduktion erfolgt immer noch durch Menschenarbeit jetzt allerdings mit Maschinenunterstützung. Weil die Kosten für die Menschenarbeit preisbestimmend sind, adressiert die Bauindustrie ihre Rationalisierungsbemühungen übergewichtig an den Zukauf billiger Arbeitskräfte. Das schafft die sprichwörtliche babylonische Sprachverwirrung auf unseren Baustellen, die der Effizienz des Baubetriebs bestimmt nicht förderlich ist. Denn: Die Steuerung des Produktionsprozesses erfolgt ausschließlich über Anleitung und Kontrolle der arbeitenden Menschen. Wer soll einen solchen Haufen von Arbeit hin zur Ergebnisfähigkeit dirigieren?

Was dabei rauskommt, hängt oft davon ab, welcher Trupp da gerade zu Werke war.

Nachdem wir den Rohbau als das Produkt der Massivbauproduktion definiert haben, gilt auch für ihn: Ein Produkt verkörpert Eigenschaften, die einer bestimmten Konfiguration von Materialien abgewonnen werden. Seine Eigenschaften dienen einem Zweck. Der Zweckerfüllung untersteht eine bestimmte Funktionalität. Der Grad der Zweckerfüllung und der daraus zu ziehende Nutzen machen den Wert des Produktes aus und damit den erzielbaren Preis. Die Produktionskosten müssen mindestens um so viel unter diesem Preis liegen, daß sich die Produktion lohnt. Die Produktwerdung des Materials ist der Produktionsprozeß, der geeignet eingerichtet und eingestellt werden muß, damit er wirtschaftlich genug abläuft. Beeinflußbar ist seine Wirtschaftlichkeit über ein Bündel von Einflußfaktoren, die jeder für sich zu den wichtigsten Kostenverursachern der Produktion gehören:

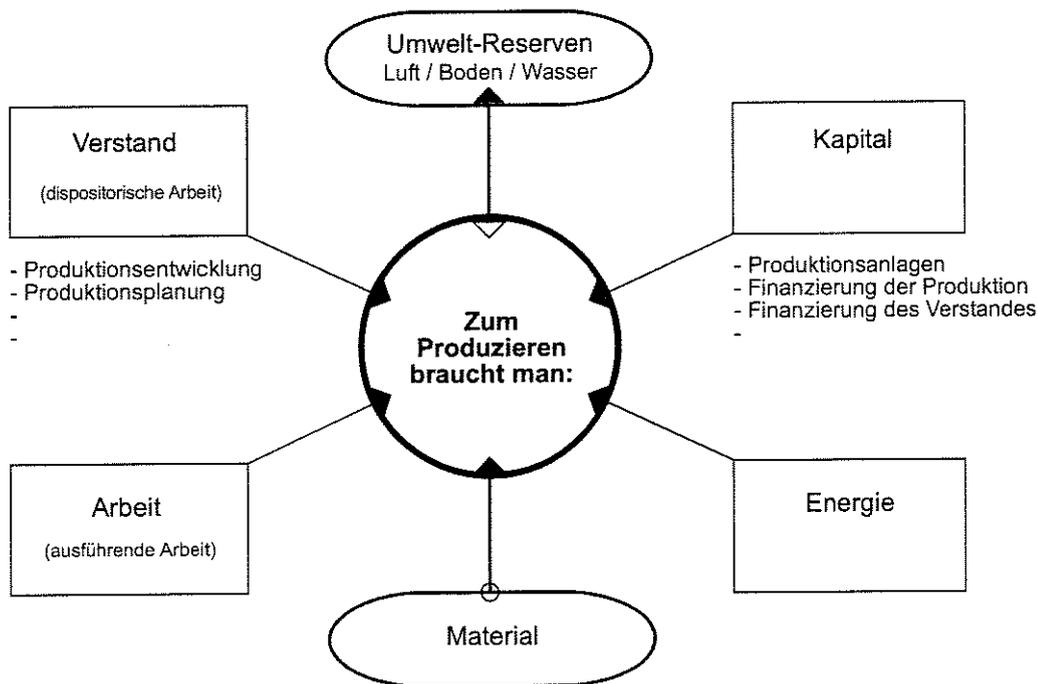


Bild 7: Übersicht der Produktionsfaktoren

Das Ziel der Produktion ist ein preiswürdiges Produkt. Dafür muß die Summe aller Kosten für den Einsatz der Produktionsfaktoren möglichst gering werden. Unter diesem Gebot stehen alle Kostenverursacher miteinander im Wettbewerb um Wertschöpfungsanteile aus der Produktion. Wir gruppieren sie in die laufenden Kosten und die Einstandskosten. Denn: Arbeits-, Material- und Energieeinsatz kosten (theoretisch) nur Geld, wenn die Produktion läuft. Hingegen: Alles, was man dafür aufwenden muß, daß die Produktion überhaupt stattfinden kann - wir subsumieren das unter Verstand- und Kapitaleinsatz - kostet Geld,

sogar wenn die Produktion erst gar nicht ins Laufen kommt. In diesem Einstand steckt das Risiko des Kapitalverlusts, das angemessen mitkalkuliert werden muß. Perspektivisch gesehen werden wir damit rechnen müssen, daß immer höhere Kosten für den Verbrauch und die Nutzung von Umweltreserven anfallen. Zunächst einmal für die produktionsbegleitenden Emissionen und für Verbrauch an Boden, Wasser, Luft. Später noch mehr für die Resorption des Produkts in der Umwelt aus der es in Form des Materials auf irgendeinem Wege kommt.

Alle Rationalisierungsbemühungen setzen zunächst bei den laufenden Kosten an. Begleitend zur laufenden Produktion kann man daran sparen, indem man günstig einkauft. Einen größeren Effekt erzielt man allerdings durch die Erhöhung des Organisationsgrades der Produktion, womit man zunächst einmal Verlustleistungen vor allem bei der menschlichen Arbeit einsparen kann. Der Organisationsgrad ist aber auch die Grundlage jedweder Modernisierung der Produktion, die gekennzeichnet wird durch:

- Entmaterialisierung der Produkte = Einsparung von Material, Energie und physischer Arbeit
- Mechanisierung und Automatisierung = Steigerung des Kapital- und Energieeinsatzes
- Entproletarisierung der Wertschöpfung = Steigerung der Anforderungen an die Qualifizierung der Arbeitskraft bei gleichzeitiger Reduzierung des Arbeitseinsatzes

Die direkten laufenden Kosten werden damit gesenkt. Dafür wachsen aber die Einstandskosten, die einschließlich der Verzinsung und den Risikozuschlägen anteilig auf die laufenden Kosten pro Produktionseinheit umgelegt werden müssen. Die Stückkosten werden dadurch belastet. Die kalkulatorische Stückzahl richtig zu wählen, ist bei hohem Einstand entscheidend für die Preiswürdigkeit des Produkts, dessen Absatz und das Einstandsrisiko. Den Kapitaleinstand in Relation zu der damit angestrebten Preiswürdigkeit des Produkts auszubalancieren, ist die hohe Schule der Produktionsplanung. Denn das Kapital bringt sich nur dort ein, wo schon im Vorfeld verlässliche Rentierlichkeitsvorhersagen möglich sind. Kapital und Verstand bilden deshalb, zwecks Okkupation von Wertschöpfungsanteilen mit kontrolliertem Risiko, eine natürliche Allianz gegen die laufenden Kostenverursacher.

Unsere gesellschaftlicher Konsens ist derzeit stark dadurch gebeutelt, daß das Kapital die Arbeit galoppierend aus der Wertschöpfungskette verdrängt. Einmal so richtig in Gang gebracht, kommt das Momentum dieserart Modernisierung immer mehr in Schwung. Man versucht es derzeit zu bremsen, indem man auf verschiedenen Wegen von Staats wegen die Arbeit wieder billiger machen will. Dafür ist es aber zu spät. Das "Artensterben" von Produkten, Lieferungen und Leistungen, die aus arbeitsintensiven Prozessen stammen, schreitet unaufhaltsam voran. Das ist der eigentliche Grund für den zu beobachtenden Niedergang der Bauwirtschaft. Die Modernisierung der Bauproduktion - durch eine Erhöhung des Organisationsgrades für mehr Kapitaleinsatz und zu Lasten des Arbeitseinsatzes – ist eine unausweichliche Notwendigkeit, der sich die Bauindustrie stellen muß. Gewiß: Mit einer erweiterten Industrialisierung der Bauproduktion werden viele unqualifizierte Arbeitsplätze einer geringeren Anzahl hochqualifizierter Arbeitsplätze weichen müssen. Unterbliebe sie aber, dann würde dem derzeit praktizierten Einkauf von billiger menschlicher Arbeit bald der Import der ganzen Bauleistung folgen.

Das will sicher niemand. Aber mit welcher Strategie kann man dem entgegenwirken? Die Bauindustrie hat sich auf die rein defensive Strategie der Kostenabwehr eingeschworen. Aber reicht das? Wäre es nicht besser, offensiv zu reagieren. Das hieße vor allem, die Balance im Kostengefüge der Produktionsfaktoren so zu verändern, daß die großen Kostenverursacher und Kostenrisiken von der Wertschöpfung zurückgedrängt werden. Denn: Erst wenn die Bauproduktion wieder preiswürdige Produkte auswirft, kann man im Markt wieder agieren und muß nicht länger nur reagieren. Das geht aber, wie wir sehen werden, nicht innerhalb der selbst gesetzten Grenzen in der Art, wie wir bauen.

### **Akut wirksame Grenzen für die Kostenabwehr in der Bauproduktion**

Wir kehren nun vom eher Abstrakten wieder zum eigentlichen Betrachtungsgegenstand zurück, um zu prüfen, ob Einsparungspotentiale bei den laufenden Kosten der Rohbauproduktion von Hochbauten in der Art, wie wir bauen, noch brach liegen:

#### **1. Materialeinsatz**

Die Entscheidung zur Stahlbetonbauweise steht im Rahmen dieses Vortrags vorerst nicht mehr zu Disposition. Die gebräuchlichen Baustoffe sind erprobt. Ihre Brauchbarkeit ist erwiesen, ihre Eigenschaften sind verlässlich. Die angewandten Bauweisen sind dazu passend. Unsere Methoden und Instrumente, die Standsicherheit von Bauten zu planen und

nachzuweisen sind hoch entwickelt. Wir sind in der Lage, ohne übermäßige Sicherheitszuschläge zu planen und zu bauen. Trotzdem soll gefragt werden, ob es noch Möglichkeiten zu Einsparungen bei den Materialkosten gibt.

- 1) Baustoffmenge: Betontechnologische Fortschritte mit großen Materialeinsparungspotentialen sind in naher Zukunft nicht zu erwarten. Die Eigenschaften der Betonbaustähle sind darauf abgestimmt. Die Kunst der Bauingenieure hat bei der Materialausnutzung bereits ihr möglichstes getan. Sie wird uns auf diesem Wege keine großen Fortschritte mehr bescheren. Im Gegenteil: Alle weiteren Bemühungen in diese Richtung sind wegen der damit verbundenen Verkomplizierung eher kontraproduktiv und verhelfen allenfalls zu wissenschaftlichen Karrieren. Denn Beton ist nun einmal der Werkstoff für eine robuste Bauweise. Aus jeder Stütze einen Knickstab zu machen, der nur hochbewehrt zum stehen gebracht werden kann, ist wirtschaftlich kontraproduktiv. Allerdings: Bei den die Baumassen majorisierenden aufliegenden Bauteilen: Balken, Decken und Unterzügen wird es in der Planungspraxis oft versäumt das Optimum zwischen Armierung und Beton zu suchen. Die dort noch brachliegenden Reserven sind aber in den hier betrachteten Größenordnungen von Einsparungspotentialen gering.
- 2) Baustoffpreise: Dadurch, daß die Betonproduktion weitestgehend an die Transportbetonunternehmen ausgelagert wurde, sind die Preise in den Wettbewerb gelangt. Mehr kann man nicht machen. Gleiches gilt für die Eiseneinlagen.
- 3) Verarbeitungstechnik: Erst durch die Fortschritte im Formenbau, konnte der Stahlbeton seinen Siegeszug antreten. In der Ist-Situation des Baugeschehens sind u.E. die diesbezüglichen Rationalisierungspotentiale weitgehend ausgeschöpft.

## **2. Energieeinsatz**

Wir haben bereits gesagt, daß Bauen vor allem Transportieren heißt und im vorgehenden Versuch haben wir erkannt, daß die Bodenschwere von Massivbauten kaum reduziert werden kann. Nehmen wir das Beispiel eines 10-stöckigen Gebäudes, mit dem wir eine

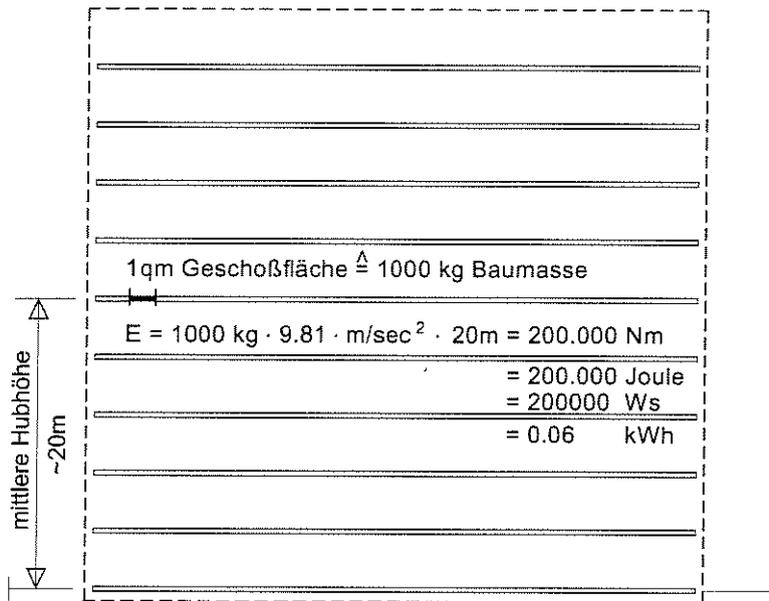


Bild 8: Energieeinsatz für den Auftransport von Baustoffen

Gesamthöhe von 40 m erreichen, das bedeutet das die Baumasse für jeden  $\text{m}^2$  Geschoßfläche im Mittel 20 m angehoben werden muß. Nach landläufiger Erfahrung beträgt die Gesamtbaumasse bezogen auf  $1 \text{ m}^2$  Geschoßfläche ca. 1000 kg. Bei einem Wirkungsgrad von nur 10 % betragen die Energiekosten eines elektrisch betriebenen Hubgerätes pro  $\text{m}^2$  Deckenfläche weniger als 1 kWh. Das kostet ca. 0,1 Euro. Die gleiche Transportleistung entspricht in etwa der Tagesarbeitsleistung eines Arbeiters mit 50 Transportwegen a´ 20 kg. Die Arbeitskosten hierfür betragen allerdings ca. 100 Euro – also etwa das 1000-fache. Diese hohe Spanne läßt so viel Raum für die Refinanzierung von Investitionen, daß über den Einsatz von Hubeinrichtungen nicht lange nachgedacht werden muß. Das drückt sich auch am "Wald der Kräne" auf den Baumessen aus.

Trotz aller Schiefe des Vergleichs: Es steht außer Frage, daß die Bauwirtschaft durch die Mechanisierung des physisch arbeitsintensivsten Parts der Massivbauproduktion ein sehr großes Rationalisierungspotential bereits erschlossen hat. Es bleibt aber auch festzustellen, dass der Maschineneinsatz wegen des vorher beschriebenen geringen Organisationsgrades der Baustelle noch nicht optimal ist. Der "return on investment" aus der Mechanisierung des Bautransportes kann noch gesteigert werden. Ganz deutlich wird aber auch, daß die Energie gegenüber der menschlichen Arbeit einen immensen Vorteil im Wettbewerb um Wertschöpfungsanteile an der Produktion hat, wenn sie geeignet eingesetzt wird.

### **3. Arbeitseinsatz**

Auch wenn der physisch schwere Teil der Arbeit auf dem Bau durch die Mechanisierung des Transportes stark reduziert werden konnte, ist die Bauproduktion noch sehr arbeitsintensiv. Arbeit von Menschenhand wird hauptsächlich bei der Positionierung der Baustoffe nach Plan verbraucht. Gemauert wird sprichwörtlich noch mit Richtscheit, Hammer und Kelle. Beim Betonieren konnten durch den Einsatz technischer Arbeitsmittel größere Fortschritte erreicht werden. Hauptsächlich aber dadurch, daß die sehr arbeitsintensiven Teilprozesse Armieren und Formgeben (Einschalen und Einrüsten) durch Vorfertigung bei Zulieferern erfolgt und die Arbeit vor Ort "versubt" wird.

#### **Wir fassen zusammen:**

In ihrer Art zu Bauen hat die Bauindustrie bei den direkten laufenden Kosten für Arbeit, Material und Energie die Grenzen zu mehr Wirtschaftlichkeit erreicht. Baustofftechnologischer Fortschritte, die zu großen Materialeinsparungen führen könnten, sind so schnell nicht zu erwarten. Die Energiekosten zu senken wäre umweltpolitisch zwar erstrebenswert, bringt aber für die Preiswürdigkeit des Produkts Rohbau wenig. Die Reduzierung des Arbeitsaufwandes stagniert ebenfalls, obwohl darin das eigentliche Rationalisierungspotential schlummert.

Das Kostengefüge der Massivbauproduktion ist nach dieser Zusammenfassung nicht so ausbalanciert, das man von einer wirtschaftlichen Produktion sprechen könnte. Die Materialkosten sind auf Sicht außerordentlich hoch. Die Möglichkeiten, mit Energieeinsatz arbeitsintensive Prozesse zu rationalisieren, bleiben weithin ungenutzt. Die Arbeitskosten für menschliche Arbeit halten sich deshalb in der Massivbauproduktion auf einem unverhältnismäßig hohen Niveau, ohne Aussicht auf eine Besserung. Nur die vordergründig erkennbaren Rationalisierungspotentiale im Bereich schwerer physischer Arbeit wurden genutzt.

#### **Akut wirksame Grenzen für die Effizienzverbesserung der Bauproduktion**

Einem klugen Unternehmer der Schalungs- und Gerüstbaubranche haben wir den Satz abgelauscht: "Am Ende ist aber alles so teuer, wie es schwer ist!" Hinter dieser stark vereinfachenden Formel verbirgt sich ein Gesetz der Serienproduktion. Indem man einen sehr hohen Einstand wagt, um die Produktion effizient zu machen, zählt bei den laufenden Kosten kaum viel mehr als der Materialeinsatz. Wenn die kalkulatorische Stückzahl verkauft ist und die Einstandskosten nebst Gewinn eingefahren sind, könnten die Preise beliebig je nach Marktlage gesenkt und trotzdem noch Gewinne erzielt werden. Beispielsweise sagt

man, daß jeder Computerchip schlußendlich USD 3,50 kostet, obwohl es Milliarden kosten kann, ihn zu entwickeln und seine Produktion vorzubereiten. Doch das Kapital geht das Risiko des Einstands ein, weil mit ihm ein hoher Einsatz von Verstand innovativ einhergeht, der die Produktion so effizient macht, daß der zu erwartende "return on investment" vielversprechend ist.

Natürlich ist diese Formel nur sehr bedingt auf die Bauproduktion übertragbar, einige Erkenntnisse daraus aber schon. Wir sehen zumindest, wo die absolute Grenze aller Rationalisierungsbemühungen in der Massivbauproduktion läge, verursacht durch die unvermeidbare Bodenschwere des Produkts. Wir können aber auch abschätzen, wie weit wir davon noch entfernt sind und wieviel Rationalisierungspotential noch vor uns liegt. Welchem Wegweiser zur Effizienzverbesserung der Massivbauproduktion sollten wir aber folgen? Welche akut noch wirksamen Grenzen müssen wir vorher noch überwinden?

Sparen und billig einkaufen reichte ja schon lange nicht mehr aus. Die daraufhin entwickelte Zauberformel, Lieferungen und Leistungen auszulagern, um sie von außen zu einem Preis-/Leistungsverhältnis zu beziehen, das man selbst nicht mehr darstellen konnte, hat sicher einen großen Rationalisierungsschub erzeugt.

Mit "Druck machen" auf Zulieferer und Subunternehmer hat man bei allen nachgeordneten Branchen einen großen Innovationsruck ausgelöst. Alle haben für ihre Teilbereiche ihre Hausaufgaben gemacht. Allerdings nur soweit, wie die aktuellen Rahmenbedingungen der Art, wie wir bauen, es erfordern und zulassen. Um die Verhältnisse in der Bauwelt richtig bewerten zu können, stelle man sich vor, die Automobilkonzerne würde nur noch einsammeln und anwenden, was ihre Zulieferer an Wissen und Können darbieten, ohne daß sie selbst übergeordnete Fortschrittskonzepte entwickelte, aus denen sich neuartige Anforderungsprofile für die Innovation ihrer Zulieferergemeinde ableiten lassen.

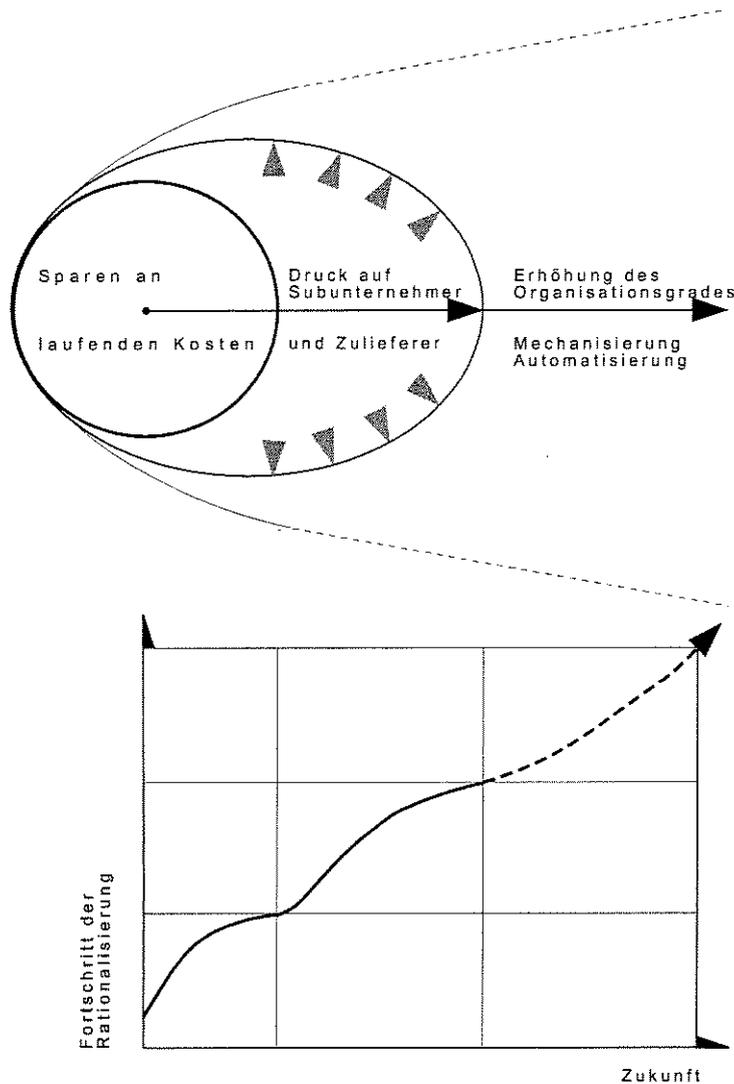


Bild 9: Optionen für die Effizienzverbesserung der Massivbauproduktion

Jedwede Entwicklung einer Branche hat dort ihre Grenze, wo die Führindustrie aufhört zu denken. Hat die Bauindustrie bereits angefangen aufzuhören, mit dem Denken über eine zukunftsfähige Art zu bauen? An den Aktivitäten der ansonsten sehr innovativen Hersteller der Schalungs- und Gerüstsysteme, also dem direkten drum herum um den Rohbaukörper, erkennen wir, daß im tatsächlichen Baugeschehen kaum noch Raum für mehr Innovation ist. Wenn das so bliebe, dann hätten wir allerdings schon weit vor dem Ende aller denkbaren Bemühungen, wo uns die unüberwindbare Bodenschwere der Bauten erwartet, ein schon vor allem Anfang stehendes, vorerst unüberwindbares Hindernis ausgemacht: Wir müssen darauf warten, daß die Bauindustrie wieder die Führhand bei der Fortentwicklung der Art, wie wir Bauen, und den zugehörigen Bauweisen übernimmt. Mit einer tätigen Willenserklärung

zu einer Erhöhung des Organisationsgrades der Bauproduktion, der eigentlichen Grundlage jedweder Rationalisierung, könnte sie die Tür für die Modernisierung der Bauindustrie öffnen. Das führte dann zu einer tatsächlichen Industrialisierung der Bauproduktion, durch welche die Prosperität in der Bauwirtschaft wieder gewonnen werden könnte.

Doch die Tore zu Wegen dorthin scheinen zur Zeit fest verschlossen zu sein. Als Ingenieure können wir an dieser Grenze noch viel weniger ausrichten, als beim ewig währenden Kostenkrieg gegen die Bodenschwere unserer Bauten.

### **Öffnung für eine andere Art zu bauen: Innovativ und effizient**

Wir sehen derzeit nirgendwo eine übergeordnete Initiative zu mehr Innovation für mehr Effizienz in der Bauproduktion. Im Gegenteil: Die Bauindustrie ist eher noch dabei, das Bauen zu verlernen. Unterstellen wir trotzdem einmal, jemand entschlösse sich dazu, einen Aufbruch in Richtung Industrialisierung zu wagen. An welchen Merkmalen, anhand derer sich die Massivbauproduktion von einer modernen Industrieproduktion klar unterscheiden läßt, müßte man mit Veränderungen ansetzen?

### **Relevante Merkmale der Industrieproduktion**

- 1) Das Industrieprodukt durchläuft einen Produktionsprozeß, der stationär eingerichtet ist.
- 2) Produkt und Produktion sind optimal aufeinander abgestimmt.
- 3) Der Organisationsgrad der Produktionsstätte ist extrem hoch.
- 4) Die Produktion erfolgt durch Maschinen mit Menschenunterstützung.

### **Vergleichbare Merkmale der Massivbauproduktion**

- 1) Der Produktionsprozess läuft am Rohbau entlang. Die Produktionseinrichtungen müssen instationär eingerichtet werden.
- 2) Produkt und Produktion sind nur behelfsmäßig aufeinander abgestimmt.
- 3) Der Organisationsgrad der Baustelle ist vergleichsweise gering.
- 4) Die Produktion erfolgt durch Menschenhand mit Maschinenunterstützung.

Diese Unterschiede sind ursächlich für das Effizienzdefizit der Bauproduktion gegenüber der Industrieproduktion. Entscheidend ist aber, daß die Bauproduktion immer noch als Werk von Menschenhand abläuft. Und das, obwohl noch nicht einmal genügend qualifizierte Fachmannschaft zur Verfügung steht, die sich durch Anleitung und Kontrolle ergebnisorientiert führen ließe.

Vorschlägen, die Bauproduktion erheblich mehr zu mechanisieren und zu automatisieren, mag man entgegenhalten, daß die Industrieproduktion Stückzahlen auswirft, während die Bauproduktion 1-Stück-Serien - quasi Prototypen - herstellt. Das zählt aber nicht: Rohbauten von Hochbauten sind Variantenkonstruktionen ein und desselben Produkts. Gebaut wird immer dieselbe Konfiguration von Materialien, jeweils nur in anderer aber ähnlicher Dimensionierung, dazu noch ziemlich roh und grob. Hinzu kommen bei jedem Bau noch bauabschnittsweise Serieneffekte, im Hochbau z.B. durch stockwerksweises Bauen. Varianten und Kleinserien innerhalb einer Bauweise böten u. E. darauf spezialisierten Produktionsstätten, ob stationär oder instationär, genügend Volumen für eine industrialisierte Fertigung, d.h. eine Maschinenproduktion mit Menschenunterstützung.

Es gibt jetzt schon in der Automobilproduktion Beispiele dafür, daß abwechselnd unterschiedliche Kleinserien auf dem selben Band gefertigt werden. Dieser Trend wird sich fortsetzen. Dabei ist das Produkt im Vergleich zu einem Rohbau in Massivbauweise außerordentlich komplex und kompliziert. Es wäre einen Versuch wert, auch in der Bauproduktion in diese Richtung zu denken

### **Gedankenspiele mit Zukunft: Technische Lösungen im Wartestand**

Bei der Ursachenforschung dafür, daß in der Massivbauweise die Hindernisse auf dem Wege zu einer industrialisierten Fertigung als unüberwindbar gelten, zählt wohl am meisten, daß das Produkt Rohbau im Vergleich zu seinen Fertigungseinrichtungen sehr groß ist.

Die Proportionen in der Industrieproduktion sind umgekehrt. Wir wollen es uns einfach nicht vorstellen können, daß man einen Rohbau großtechnisch produzieren kann, anstatt ihn herkömmlich zu errichten. Aber stellen wir uns doch einmal vor, wir könnten dieses Teil so verkleinern, daß es in eine Produktionsanlage paßt. Dort könnten wir es nach allen Regeln der automatisierten Produktionstechnik herstellen und von dort am Stück an den Ort seiner Zweckbestimmung schaffen, um es dort auf die für seine Zwecke benötigte Größe hoch zu skalieren. Die Sache würde sehr viel überschaubarer für uns, wenn wir uns die Probleme so klein denken könnten.

Nun drehen wir die Betrachtungsrichtung um und stellen uns Produktionseinrichtungen vor, die groß genug sind, darin ganze Baueinheiten durch Maschinen produzieren zu lassen. Dann bliebe nur noch die Frage, ob vor Ort oder in der Fabrik. Für beides gäbe es gute Gründe und Ansätze.

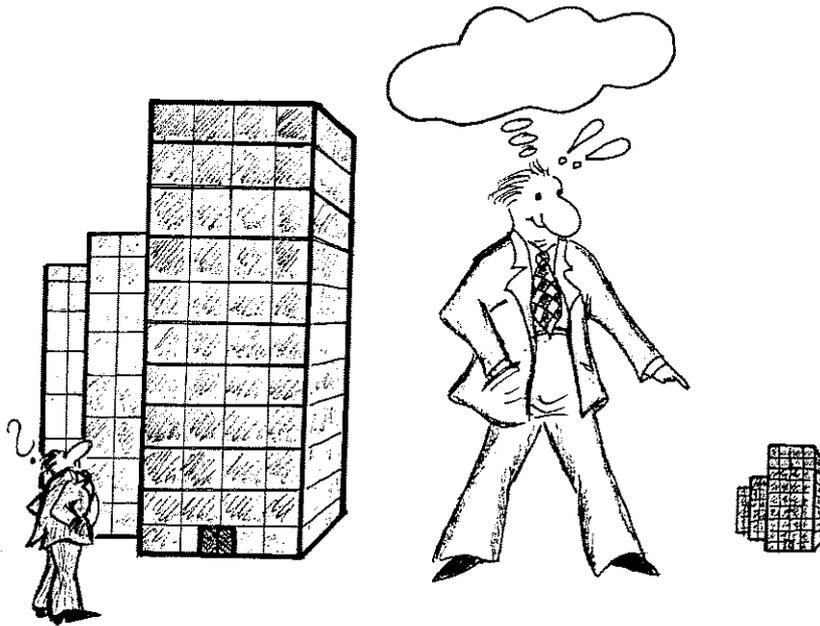


Bild 10: Groß denken macht die Probleme kleiner

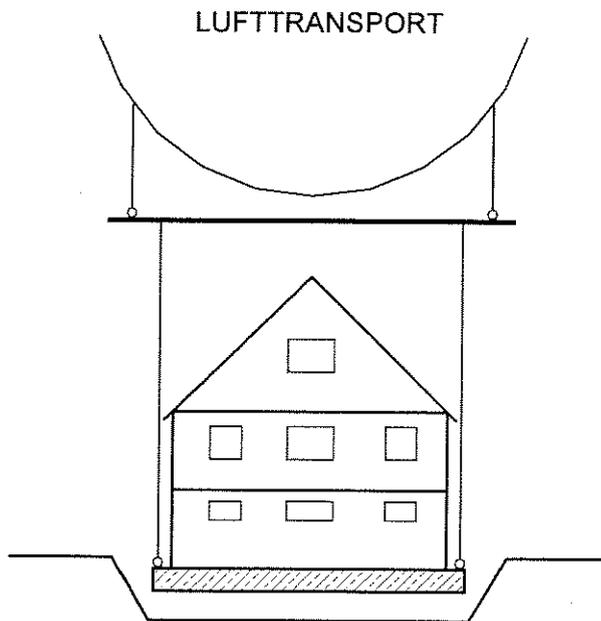


Bild 11: Lufttransport wohnfertiger Häuser

Der Cargolifter ist vorerst zwar tot. Es lebe der Cargolifter.

Er wird gebraucht und deshalb wird er auch irgendwann verfügbar sein. Ein wohnfertiges Einfamilienhaus in Massivbauweise wiegt etwa 200 to. Keine Frage: Das wäre der klassische Fall für eine Variantenkonstruktion auf dem Fließband einer "Hausfabrik."

Dort könnte man dessen Produktion immens rationalisieren, was sowohl der Lieferzeit, den Kosten als auch der Qualität enorm zugute käme. Nur die Erschließung des Grundstücks und der Hausanschluß blieben noch eine Sache für die Baufirma vor Ort. Das macht wahrscheinlich noch genug Ärger! Der Statiker müßte allerdings auch den Lastfall Lufttransport untersuchen. Mal sehen, wie sich das in der HOAI unterbringen läßt.

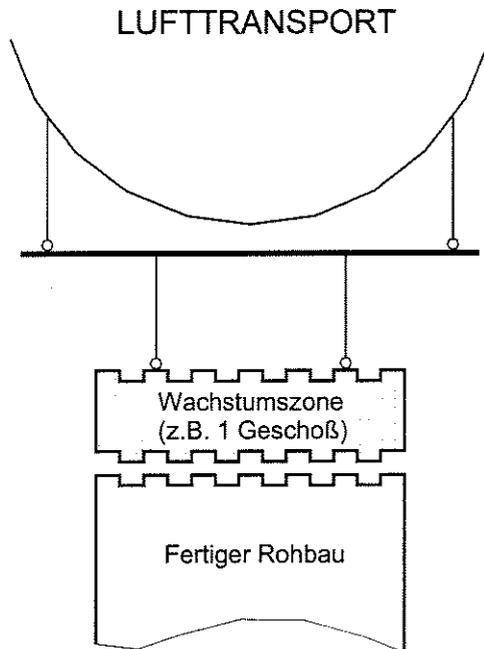


Bild 12: Lufttransport ganzer Baueinheiten (Groß-LEGO)

Ein anderes Beispiel: Eine Büroetage von ca. 500 qm wiegt etwa 500 to. Für den Lufttransport ist das keine übergroße Herausforderung. Die Produktion - zumindest des Rohbaus - könnte als Variantenkonstruktion in die Fabrik verlagert werden. Dort computergesteuert den Plan maschinell in die Realität zu transformieren, wäre eine Tat, die, einmal bestanden, riesige Effizienzgewinne nach sich zöge.

Ist man schon einmal in der Fabrik, dann kann man neu über die Baustofftechnologie und die zugehörigen Verarbeitungstechniken nachdenken. Es ist doch vorstellbar, daß man Baustoffe entwickelt, die sich auf andere Weise bearbeiten und verarbeiten lassen und trotzdem den Anforderungen für den Rohbau genügen.

Die Zielrichtung: nur noch einen Grobguß mit sehr simpler Formgebung herzustellen, aus dem hernach im Feintrieb die 3D-Struktur herausgearbeitet wird. Im Extremfall müßte man nur noch das Gesamtvolumen formen und gießen. Die Innenstruktur könnte dann während der Erhärtungsphase ausgearbeitet werden.

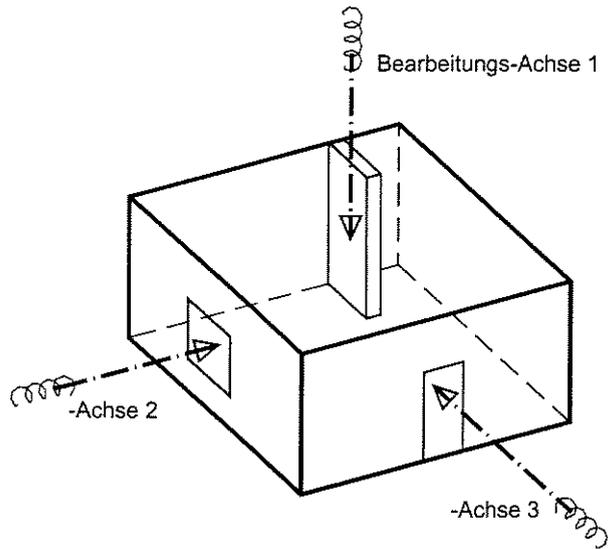


Bild 13a: Ganzkörpergießen mit nachträglicher Ausarbeitung einer 3D-Struktur

Das gleiche Verfahren, aber mit einer anderen Baustofftechnologie: Ganzkörpergießen mit nachträglicher Aushärtung durch Bestrahlung. Nur dort, wo sich 3 Strahlen treffen, findet die Aushärtung statt. Nachdem die gewünschte 3D-Struktur so verfestigt ist, daß sie von selbst steht, kann man den Rest des Baustoffes abfließen lassen und für eine erneute Anwendung einsammeln.

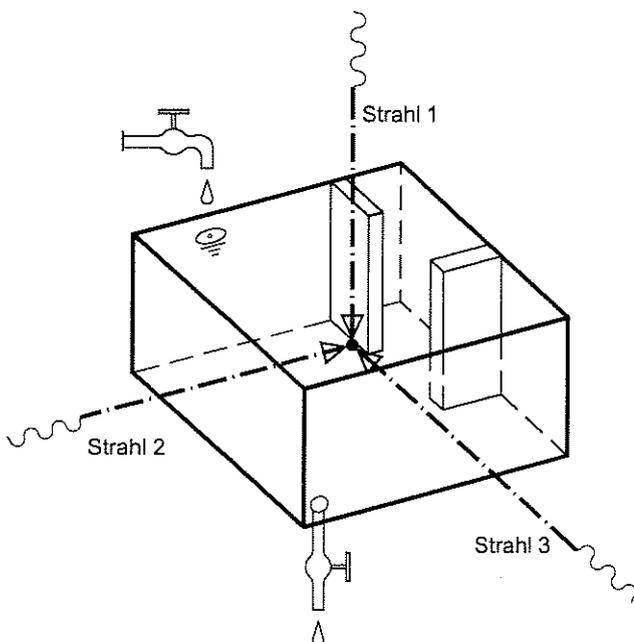


Bild 13b: Ganzkörpergießen mit nachträglicher Aushärtung einer 3D Struktur

Beide Verfahren wären durchaus für die Baustelle geeignet, stünde die dafür notwendige Technologie und Großtechnik erst einmal zur Verfügung. Auch der freien Formgebung wären fast alle Grenzen genommen.

Geht alles nicht? Geht doch! Denn was man sich vorstellen kann, das gibt es irgendwie und irgendwo schon. Alles, was uns hier so phantastisch und versponnen vorkommt, wird in anderem Zusammenhang schon praktiziert. Man muß sich nur umschauen und das Gesehene geeignet transformieren.

Zum Schluß wollen wir aber auch etwas bringen, was wirklich schon ginge:

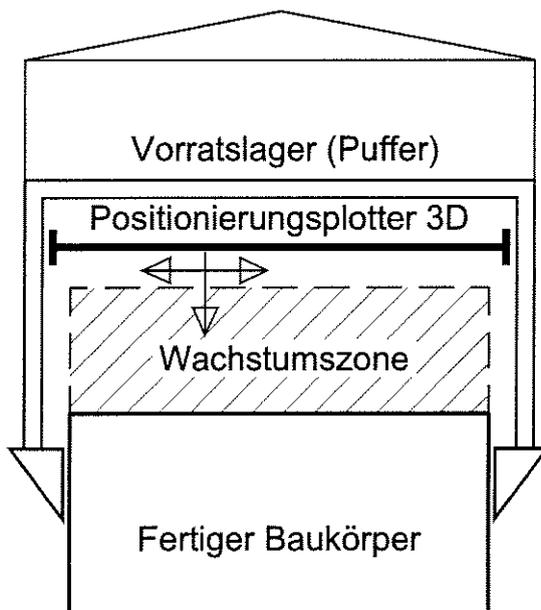


Bild 14: Die rechnergesteuerte Positionierung von Baumassen on top.

Seit PERI mit der KGF die Klettertechnik wirtschaftlich anwendbar gemacht hat, sind mit dieser Verfahrenstechnik im Formenbau enorme Fortschritte erzielt worden. Inzwischen sind selbstkletternde Schalungen der Renner für das Errichten hoher Baukörper in monolithischer Betonbauweise. Gingen wir damit einen Schritt weiter, dann gelangten wir zur selbstkletternden Positionierfabrik von Baustoffen in der Wachstumszone des Rohbaus.

Die Positionierung der Baustoffe kann dort vor Ort rechnergesteuert und vollmechanisiert organisiert werden. Auch die Logik der Positionierlogistik gibt es schon. In den 80-iger Jahren haben wir für und mit PERI das Programmsystem RUMBA ( Rechnerunterstütztes Modulares Bauen ) entwickelt. Seinerzeit schien es die Anwendungsmöglichkeit für die

virtuell automatisierte Positionierung von Schalungen zu geben. Doch der Markt wollte damals bloß Einschalpläne mit Stücklisten-Auswertungen.

Die hinter Rumba stehende Logik hat aber immer noch Gültigkeit. Mit der Simulation des Positionierprozesses wird ein Plan virtuell in die Realität transformiert. Die dabei gewonnenen Daten steuern den Positionierprozeß. Entweder Menschen mit Verlegeanleitungen oder Maschinen mit CNC.

Auf dieser Grundlage wollen wir an dieser Stelle, wie versprochen auch noch eine Lanze für den Mauerwerksbau auflegen. Der Backstein ist ja ein kleinteiliges finites Element eines beliebigen Baukörpers. Es eignet sich hervorragend für digitalisiert gesteuerte Verfahrenstechniken und könnte nach der o.a. Positionierlogik mit geeigneten Maschinen verlegt werden.

Die Entwicklung solcher Maschinen wäre eine geringe Herausforderung im Vergleich zu den damit zu erzielenden Fortschritten, weg von Richtscheit, Hammer und Kelle.

Das soll für einen ersten Blick hinter "die Grenzen der Wirtschaftlichkeit der Massivbautechnik" genügen! Einfallen könnte uns noch einiges. Aber was wir vorgetragen haben reicht für unser Anliegen schon aus, nämlich dazu anzuregen, nicht weiter auf der selben Stelle zu treten, nur immer trittstärker.