Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 82 (1964)
Heft: 45

Artikel: Die Modul-Ordnung im Hochbau
Autor: Joss, H.
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-67609

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: 07.01.2026

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

ORGAN DES SCHWEIZERISCHEN INGENIEUR- UND ARCHITEKTEN-VEREINS S.I.A. UND DER GESELLSCHAFT EHEMALIGER STUDIERENDER DER EIDGENÖSSISCHEN TECHNISCHEN HOCHSCHULE G.E.P.

Die Modul-Ordnung im Hochbau

Von **Heinz Joss**, dipl. Arch. ETH/S. I. A.

DK 721.013

Massordnungen

Durch die Herausgabe eines Berichtes von Pierre Bussat über die Modul-Ordnung im Hochbau [1][1]) hat die *Zentralstelle für Baurationalisierung* erstmals versucht, die schweizerische Fachwelt des Bauwesens mit dem System der modularen Massordnung vertraut zu machen. Unter *Massordnung* versteht man eine Methode, die Dimensionen in der Planung, in der Produktion von Bauteilen und beim Errichten von Bauwerken systematisch aufeinander abzustimmen und sie untereinander zu koordinieren. Massordnungen gibt es, seit überhaupt ein organisiertes Bauen besteht, jedoch haben ihnen zu verschiedenen Zeiten unterschiedliche Motive zu Grunde gelegen. Drei Hauptmotive lassen sich unterscheiden: Die vorherrschende Verwendung eines bestimmten Bauteils mit gegebenen Abmessungen, der architektonische Gestaltungswille und die koordinierende Massgebung als Rationalisierungsmassnahme.

Der Backstein, ein schon in frühen Zeiten industriell gefertigter Bauteil, hat seine Masse oft anderen, mit ihm zusammen verwendeten Bauteilen aufgedrängt, und er hat dadurch auch seinen Einfluss auf die Abmessungen von Gebäuden und Gebäudeteilen geltend gemacht. Auf ähnliche Weise hat die japanische Matte ihre Masse wegen ihrer vielseitigen Verwendbarkeit den übrigen Bauteilen und dem ganzen Gebäude mitzuteilen vermocht; dies geschah derart konsequent, dass beispielsweise die Raumgrössen durch die Mattenzahl charakterisiert wurden, nämlich die Zahl, die nötig war, um den Boden des Raumes zu belegen. Ähnlich drückt man bei uns Mauerstärken in ganzen und halben Steinen aus (Bild 1).

Das Verwenden solcher Einheitsmasse beim Dimensionieren von Bauwerken und deren Teilen führt häufig zu Wiederholungen, Rythmen und Proportionen, die das Auge als angenehm empfindet. Es erstaunt deshalb kaum, dass schon zu frühen Zeiten die Baumeister auch da einheitliche Masse in ihre Entwürfe einbezogen, wo dies keineswegs konstruktiv erforderlich war. Die Verwendung eines Rasters als Planungsgrundlage ist somit keine Erfindung unserer modernen Zeit; man kennt Zeichnungen alter Meister, die auf einem Entwurfsraster aufgebaut sind. Dieser Gestaltungswille führte zu Massordnungen, deren letzte uns wohl am besten bekannt ist, die Theorie des Modulors von Le Corbusier [2 u. 3]. Auf Grund der Masse des menschlichen Körpers und der Proportionen des goldenen Schnittes hat Le Corbusier zwei parallele Massreihen entwickelt, die er zum Dimensionieren seiner Bauten verwendet, im Sinne einer Erfüllung funktioneller und ästhetischer Erfordernisse (Bild 2).

[1]) Zahlen in eckigen Klammern verweisen auf das Literaturverzeichnis am Schluss des Aufsatzes (Seite 786).

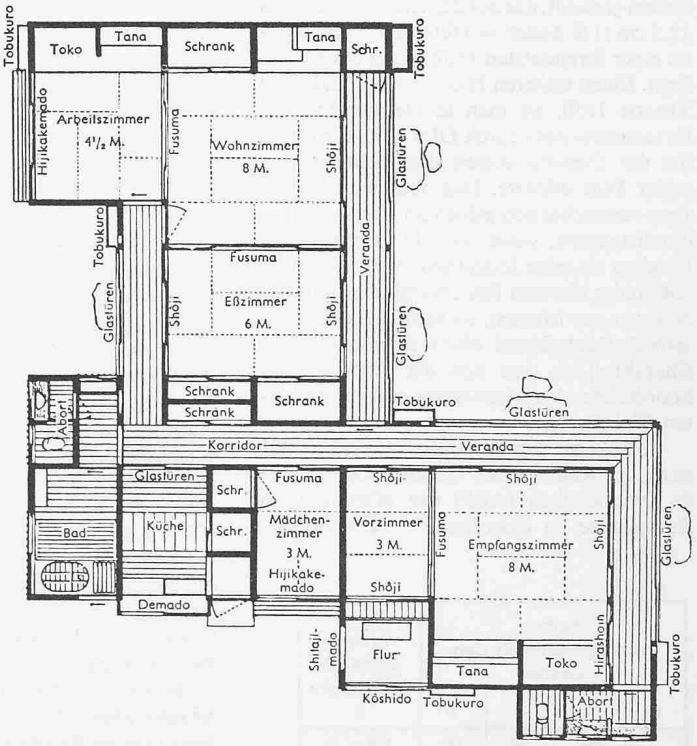


Bild 1. Grundriss eines japanischen Wohnhauses; Dimensionierungseinheit ist die Matte (hier mit M. bezeichnet), die als Bodenbelag dient, und deren Anzahl die Grösse der Räume charakterisiert. Nach Neufert: BOL [4].

Mit einsetzender Industrialisierung in der Herstellung von Bauteilen drängte sich schliesslich der Gedanke einer koordinierten Massgebung für Produkte verschiedener Provenienz auf. Sie konnte jedoch meistens in bloss verhältnismässig geringem Umfang durchgeführt werden, sei es im Rahmen einer sog. Industrienorm (beschränkt auf eine einzelne Firma) oder einer Branchennorm (beschränkt auf wesentliche Teile einer Branche). Eine grössere Breite konnte erst eine übergeordnete Normung gewährleisten, wie sie heute in den meisten industrialisierten Ländern in unterschiedlichem Mass — meist auf nationaler, staatlicher oder halbstaatlicher Basis — durchgeführt wird. Aber auch hier vermochte sich der Gedanke einer Koordinierung der Masse nur zögernd durchzusetzen. Vielerorts beschränkte man sich in der Normung auf das Sanktionieren des Branchenüblichen, ohne dadurch die gebotenen Möglichkeiten einer Normung auf höherer Ebene auszunützen.

So ist denn bis heute das Dimensionieren industriell gefertigter Bauteile fast ausschliesslich eine Frage von produktionstechnischen, funktionellen oder marktbedingten Erwägungen geblieben. Es stimmen auch die heute industriell gefertigten Bauteile mit ihren Abmessungen kaum je mit denen einer anderen Gattung überein; immer noch bleibt es der Geschicklichkeit des Architekten überlassen, durch geeignete Auswahl und durch geschicktes Kombinieren diesen Mangel wettzumachen. Dass dabei nicht ohne Spezialanfertigungen oder Anpassungsarbeiten auszukommen ist, ist uns bekannt. Bei dem früher noch verhältnismässig geringen Grad, in dem industriell gefertigte Produkte im Bauwesen Verwendung fanden, ging dies noch an; die hohen Baukosten und der Mangel an Arbeitskräften rufen jedoch nach vermehrter Industrialisierung und Rationalisierung. Hier bietet sich nun die Normung auf Grund eines koordinierenden Massystems als eine sehr zweckmässige Massnahme an; sie ermöglicht einerseits eine vermehrte Anwendung von serienmässigen Bauteilen, anderseits aber

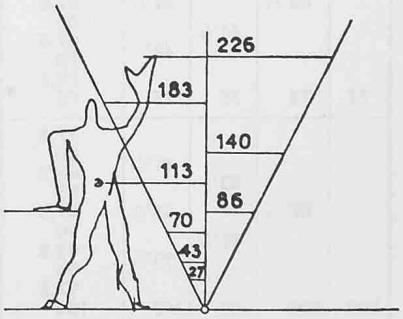


Bild 2. Le Corbusiers Modulor: links einige Masse aus der roten, rechts aus der blauen Reihe. Aus Le Corbusier: Le Modulor [2].

auch eine bedeutende Verbreiterung der industriellen Anfertigung von Bauteilen, indem sie die Dimensionen in Angebot und Nachfrage zur Übereinstimmung bringt.

Als erster dürfte sich Prof. E. Neufert mit den Fragen einer Massordnung in diesem modernen Sinn der Rationalisierung und Industrialisierung befasst haben. Seine Gedanken legte er in der «Bauordnungslehre» (BOL) nieder, die erstmals 1943 erschien [4]. Er entwickelte darin ein Massystem, Oktametersystem genannt, das auf der Grundeinheit von 12,5 cm (1/8 Meter = Oktameter) als Resultat einer fortgesetzten Halbierung des Meters fusst. Einen weiteren Niederschlag fand diese Theorie 1950, als man in Deutschland das Oktametersystem durch DIN 4172 zur Norm für das Dimensionieren des Rohbaus und seiner Teile erklärte. Das oktametrische System vermochte sich jedoch im Ausland kaum durchzusetzen; wenn auch in verschiedenen Ländern einzelne Industrien mangels eigener nationaler Normen ihre Produkte nach DIN-Normen ausrichteten, so hatte dies doch ausserhalb Deutschland einen zu sporadischen Charakter, als dass sich die Vorteile eines koordinierenden Massystems ausgewirkt hätten (Tabelle 1).

Ähnliche Überlegungen führten 1951 dazu, im Rahmen der «Agence Européenne de Productivité» (AEP) der «Organisation Européenne de Coordination Economique» (OECE, Vorgängerin der heutigen OECD) eine Kommission mit dem Ausarbeiten eines Massystems zu beauftragen, das die gemeinsame Dimensionierungsgrundlage der Baunormung in den einzelnen angeschlossenen Ländern werden sollte. An diesem Programm haben sich elf europäische Staaten beteiligt, nämlich Belgien, Dänemark, Deutschland, England, Frankreich, Griechenland, Holland, Italien, Norwegen, Österreich und Schweden. Die USA und Kanada ordneten Beobachter ab, um den Gang der Entwicklungsarbeiten zu verfolgen. Die ersten Ergebnisse dieser Arbeiten wurden 1956 in einem Rapport veröffentlicht [5]. Es wurde darin ein *Modul-Ordnung* genanntes System auf der Basis der Masseinheit von 10 cm theoretisch entwickelt. 1961 erschien der zweite Rapport der AEP/OECE, der bereits über eine Reihe von praktischen Versuchen in verschiedenen Ländern berichten konnte [6].

Reihen vorzugsweise für den Rohbau				Reihe vorzugsweise für Einzelmaße
a	b	c	d	e
25	$\frac{25}{2}$	$\frac{25}{3}$	$\frac{25}{4}$	$\frac{25}{10} = \frac{5}{2}$
				2,5
			6 1/4	5
		8 1/3		7,5
	12 1/2			10
			12 1/2	12,5
		16 2/3		15
			18 3/4	17,5
				20
				22,5
25	25	25	25	25
				27,5
			31 1/4	30
		33 1/3		32,5
	37 1/2			35
			37 1/2	37,5
		41 2/3		40
			43 3/4	42,5
				45
				47,5
50	50	50	50	50
				52,5
			56 1/4	55
		58 1/3		57,5
	62 1/2			60
			62 1/2	62,5
		66 2/3		65
			68 3/4	67,5
				70
				72,5
75	75	75	75	75
				77,5
			81 1/4	80
		83 1/3		82,5
	87 1/2			85
			87 1/2	87,5
		91 2/3		90
			93 3/4	92,5
				95
				97,5
100	100	100	100	100

Tabelle 1. Die oktametrischen Baunormzahlen nach DIN 4172, «Massordnung im Hochbau»

Damit wurden aber auch die Arbeiten innerhalb dieser AEP-Kommission abgeschlossen; ihre Mitglieder jedoch bildeten später die private *International Modular Group* (IMG), um gemeinsam die Probleme dieser Massordnung weiterverfolgen zu können. Gleichzeitig wurde auch der bisher westeuropäische Rahmen der Studien gesprengt; in der IMG sind heute die meisten ost- und westeuropäischen Staaten vertreten, aber auch die USA, Kanada und Japan. Vor einiger Zeit hat sich die IMG dem Conseil International du Bâtiment (CIB) angeschlossen, als dessen Arbeitsgruppe sie nun eine wesentliche Unterstützung durch diese Dachorganisation der Bauforschung und -dokumentation geniesst. — Bereits 1955 hat die *Internationale Architekten-Union* (UIA) an ihrem Lissaboner Kongress in einer Resolution die Verwendung des Moduls von 10 cm empfohlen. — Die *Internationale Standardisierungsorganisation* (ISO), Dachverband der nationalen Normungsorgane, hat diesen Modul 1957 ebenfalls anerkannt und damit den Anschluss an die offiziellen nationalen Normungsstellen hergestellt. Im Laufe der Zeit wurde denn auch die Modulordnung mit ihrer Masseinheit M = 10 cm (in angelsächsischen Ländern M = 4") von Frankreich, den USA, Finnland, Belgien, Italien, Deutschland (neben dem oktametrischen System), Polen, Schweden, Norwegen, der UdSSR, Rumänien, Portugal, Österreich, Dänemark, Kanada, Tschechoslowakei und Holland als Grundlage ihrer Massnormung im Bauwesen adoptiert (Reihenfolge chronologisch). Weitere Staaten bereiten eine entsprechende Erklärung vor. Somit führt sich die Modul-Ordnung logischerweise über das Instrument der Normung ein.

In der *Schweiz* hat die Zentralstelle für Baurationalisierung die Baunormung zu ihrer Hauptaufgabe gemacht. Sie hat denn auch als vorbereitende Massnahme Studien über die Fragen der Masskoordination betrieben und kam zum Schluss, dass für die Schweiz ein Anschluss an das Modulsystem die zweckmässigste und aussichtsreichste Lösung darstellt. Da die Schweiz an den Entwicklungsarbeiten im Rahmen der AEP/OECE und bis vor kurzem auch an denen der IMG nicht beteiligt war, wurden auch die Resultate dieser Arbeiten in der Schweiz kaum bekannt. Deshalb beauftragte die Zentralstelle für Baurationalisierung den Architekten Pierre Bussat, den Stand der Arbeiten auf diesem Gebiet zu untersuchen und darüber einen Bericht zu verfassen. Dieser Bericht ist inzwischen von der Zentralstelle in Buchform publiziert worden, da entsprechend umfassende Werke über die Theorie der Modul-Ordnung kaum und in deutscher Sprache überhaupt nicht verfügbar waren [1]. Durch dieses Werk sollen der Gedanke und die Grundsätze der modularen Masskoordination den Fachkreisen bekannt und vertraut gemacht werden. Daneben — und dies ist eine viel umfassendere und schwierigere Aufgabe — will die Zentralstelle für Baurationalisierung durch ihre Normungsarbeit dafür sorgen, dass die auf dem Markt befindlichen Bauteile in zunehmendem Masse modulare Dimensionen aufweisen werden. Diese Arbeit führt sie in engem Kontakt mit den berührten Kreisen durch, um für alle Interessenten ein möglichst optimales Resultat gewährleisten zu können. Es liegt auf der Hand, dass die durchzuführenden Studien, die Publikation und Verteilung der Normen, wie auch die Umstellung der Produktion in den Fabriken viel Zeit beanspruchen werden. Praktische Auswirkungen dürfen deshalb erst im Laufe der nächsten Jahre erwartet werden.

Die Theorie der Modulordnung

Durch eine Massordnung, betrachtet man sie im modernen Sinn einer Rationalisierungsmassnahme, lassen sich verschiedene Vorteile erzielen. Die konsequente Verwendung eines Moduls beim Dimensionieren ermöglicht eine *Beschränkung in der Mannigfaltigkeit der Produkte* auf eine sinnvoll zu treffende Auswahl. Gleichzeitig erhält man auch die *freie Wahl* der Bauteile, ihre *Kombinierbarkeit*, ihre *Addierbarkeit* und *Auswechselbarkeit*, sowie schliesslich ihre *direkte Montage* auf dem Bauplatz.

Eine *Beschränkung der Mannigfaltigkeit* in der Produktion von Bauteilen ergibt sich dadurch, dass nicht mehr alle beliebigen Masse, die im Rahmen der Funktion denkbar sind, für die Herstellung in Frage zu kommen brauchen, sondern nur noch die modularen Masse, d. h. die Vielfachen des Moduls M von 10 cm (n × M). In vielen Fällen kann sogar eine Auswahl aus diesen modularen Massen getroffen werden. Die *freie Wahl* ist dadurch gewährleistet, dass gleichartige Produkte aus verschiedenen Produktionsstätten die selben Anschlussmasse aufweisen, also auch nach bereits durchgeführtem Entwurf noch frei gewählt werden können. Die *Kombinierbarkeit* gestattet dank koordinierter Dimensionen, Bauteile unterschiedlicher Herkunft und mit gleichen oder verschiedenen Funktionen miteinander zu kombinieren. Unter *Addierbarkeit* versteht man die Möglichkeit, durch Zusammenfügen von Teilen mit gleichen oder möglichst wenig verschiedenen Massen beliebige gewünschte Endmasse zu erreichen (beispielsweise lässt sich aus Elementen von 3 M und 5 M jedes modulare Gesamtmass (n × M) grösser als 7 M kombinieren). Der Grad der *Auswechselbarkeit* ist durch die Anzahl verschiedener Kombinationsarten definiert, die mit einer gegebenen Zahl von Elementen innerhalb eines bestimmten Raumes erzielt werden können. Addierbarkeit und Auswechselbarkeit gestatten es einerseits, mit einer beschränkten Auswahl von Typen eine möglichst grosse Vielfalt an Resultaten zu erreichen, anderseits aber auch, dasselbe Resul-

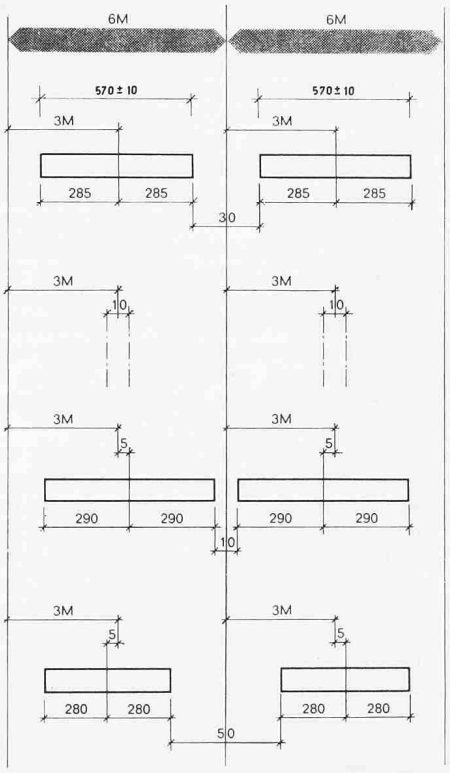
tat durch möglichst viele verschiedene Kombinationsarten erhalten zu können. Der Grad von Addierbarkeit und Auswechselbarkeit wird durch eine geschickte Wahl der für die Produktion gewählten modularen Masse erhöht, ist also ein wichtiges Anliegen des Normers. Die *direkte Montage* letzten Endes wird durch die Verwendung eines gemeinsamen Moduls bei der Planung, bei der Produktion der Einzelteile und bei der Ausführung des Bauwerkes sowie durch die Berücksichtigung des Toleranzproblems sichergestellt; jeder Bauteil kann in dem Zustand montiert werden, in dem er von der Fabrik geliefert wird, und zwar ohne das übliche vorherige Massnehmen und ohne die ebenso üblichen nachträglichen Anpassungsarbeiten.

Das angewendete Verfahren ist im Prinzip sehr einfach: Man stelle sich Planungs- und Bauarbeiten auf einem gedachten, rechtwinkligen Raster von 10 cm Maschenweite vor[2]). Jeder Bauteil erhält in diesem Raster seinen Platz zugewiesen. Er nimmt darin ein bestimmtes Feld oder — falls er grössere Abmessungen hat — mehrere bestimmte Felder ein. Bedingung dabei ist, dass kein Bauteil über die Rasterlinien hinausragen darf, die den ihm zugewiesenen Platz umgrenzen. Auf diese Weise wird vermieden, dass durch fehlerhafte Anfertigung oder ungenaue Montage ein Bauteil den Platz eines anderen einschränkt und dadurch dessen Montage erschwert oder verunmöglicht. Gleichzeitig wird damit aber auch ein Kumulieren von Fehlern verhindert, da der Modulraster nicht bloss das Mass für die Bauteile bestimmt, sondern ihnen auch den genauen Platz für ihre Montage zuweist und sichert.

Wenn auch der Grundgedanke des modularen Rasters äusserst einfach ist, so stellt doch seine Verwirklichung einige nicht unwesentliche Anforderungen. Zum ersten müssen, was bisher im Baugewerbe kaum je gemacht wurde, die *Herstellungstoleranzen* berücksichtigt und begrenzt werden; im weiteren muss aber die *Montagetoleranz* auch mit in die Rechnung einbezogen werden. Diese beiden Grössen ergeben die Abweichungen, die im *Montagespiel*, also dem vorgesehenen, zur Montage notwendigen Spielraum, auftreten können, und die sich in tragbaren Grenzen halten müssen. In Anbetracht der auch bei modernen Bauverfahren oft nicht unbedeutenden Abweichungen müssen entweder neue Verfahren entwickelt werden, die diese Abweichungen auf ein vertretbares Mass begrenzen, oder es muss, wo dies nicht erreicht werden kann, mit Hilfe von Passstücken für eine Überbrückung allzu grosser Differenzen gesorgt werden.

Aus dem hier Gesagten geht hervor, dass die Masse von Bauteilen Vielfache von 10 cm, also dem Modul, sein sollen. Diese Forderung erstreckt sich jedoch bloss auf die sog. *allgemeinen Anschlussmasse* eines Bauteils. Als allgemeine Anschlussmasse werden jene Abmessungen bezeichnet, die für den Zusammenbau eines Bauteils mit verschiedenen andern, nicht näher bestimmten Teilen aus-

[2]) Der Einfachheit halber wird hier von einem Flächenraster gesprochen, der bei zeichnerischen Darstellungen leicht der Zeichnung überlagert werden kann. In Wirklichkeit handelt es sich jedoch um einen räumlichen Raster, da der Modul in allen drei Dimensionen zur Anwendung gelangt.



modulares Mass

Herstellungsmass

montierte Bauteile in normaler Grösse und normaler Lage
normales Spiel = 30 mm

Montagetoleranz = 10 mm

montierte Bauteile in maximaler Grösse und maximal gegeneinander verschoben
Kleinstspiel = 10 mm

montierte Bauteile in minimaler Grösse und maximal voneinander verschoben
Grösstspiel = 50 mm

Bild 3. Herstellungs- und Montagetoleranzen und ihr Einfluss auf das Montagespiel (Fuge). Deutlichkeitshalber wurden die Zahlen hier frei gewählt und die zeichnerischen Proportionen übertrieben. Nach Bussat, Modul-Ordnung [1].

schlaggebend sind; jene Anschlussmasse dagegen, die ausschliesslich für den Zusammenbau mit einem einzigen, bestimmten Bauteil von Bedeutung sind, die *speziellen Anschlussmasse*, lassen sich wie auch die sog. *unabhängigen Masse*, weiterhin frei nach konstruktiven, materialtechnischen, produktionstechnischen oder ästhetischen Gesichtspunkten festlegen. Die allgemeinen Anschlussmasse werden, wie gesagt, aus der Reihe der modularen Masse n × M ausgewählt und zwar nach Kriterien der Funktion, der Produktion, Lagerhaltung, des Transports und der Kombinatorik. Von dem auf diese Weise ermittelten modularen Mass muss nun das eigentliche Herstellungsmass abgeleitet werden, ausgedrückt durch Nennmass und Herstellungstoleranz (z. B. 570 ± 10). Das Herstellungsmass weicht um so viel vom modularen Mass ab, als dies für eine zweckmässige Montage und zur Gewährung praktikabler Toleranzen notwendig ist.

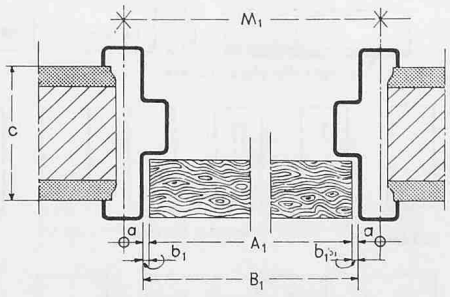


Bild 4. Anschlussmasse, erläutert am Beispiel der modular gestalteten Stahlzargentüren aus dem zweiten Versuchsbauprogramm der Europäischen Gemeinschaft für Kohle und Stahl. M_1 ist ein allgemeines Anschlussmass, da es für den Anschluss der Türzarge an beliebige, nicht bestimmte andere Bauteile verantwortlich ist. A_1/B_1 sind dagegen spezielle Anschlussmasse, da sie nur für den Zusammenbau zweier bestimmter und bekannter Teile verantwortlich sind, nämlich den Zusammenbau von Zarge und Türblatt. Somit ist das Mass M_1 modular zu wählen (hier 7 M, 8 M und 9 M), während A_1 und B_1 nicht modular sein müssen.

Bedenkt man die vielen verschiedenen Materialien, die im Bauwesen Verwendung finden, wie auch die unterschiedlichen Herstellungs- und Montageverfahren, so wird es klar, dass für das Dimensionieren keine allgemeingültige Faustregel gegeben werden kann; die Masse sind für jeden einzelnen Bauteil unter Berücksichtigung aller mitspielenden Faktoren gesondert zu bestimmen.

Eine vollkommene Masskoordination würde bedingen, dass sowohl alle verwendeten Bauteile als auch das gesamte Bauwerk im Rohbau und Ausbau, mit sämtlichen Installationen und Einrichtungen modular wären. Doch auch hier keine Regel ohne Ausnahme. Es gibt Bauteile, für die der Mass-sprung von 10 cm zu gross ist (Bauteile mit kleinen Abmessungen); hier kommen die sog. *submodularen Masse* zur Anwendung. Sie sind die Vielfachen von einfachen Bruchteilen des Moduls, vorzugsweise ¼, ½ und ¾ M. Die Beschränkung auf diese Bruchteile verbessert die Möglichkeiten, durch Addition wieder auf den Grundmodul zurückzukommen. Die Verwendung submodularer Masse bedeutet jedoch nicht das Einführen eines kleineren Grundmoduls von ½ M oder ¼ M, bleibt doch der Modul von 10 cm der kleinste in der Planung zulässige Modul, was streng beachtet werden muss, um nicht die Vorteile der Modul-Ordnung zu gefährden.

Bei vielen Bauteilen dürfte es nicht ökonomisch sein, sämtliche modularen Grössen, die im Rahmen der Funktion denkbar sind, in die Produktion aufzunehmen. Für sie muss eine strengere *Auswahl* getroffen werden. Handelt es sich um sog. additive Bauteile, die erst in Kombination mit ihresgleichen ein

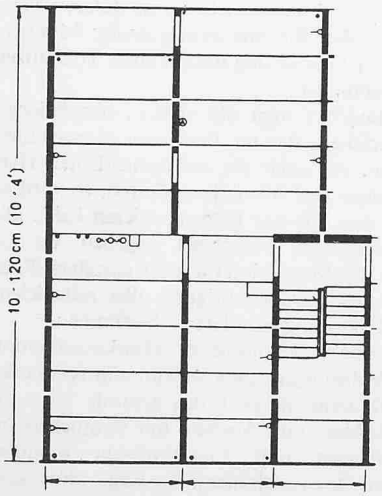
funktionelles Element bilden, wie z. B. Mauersteine oder -blöcke, können zwei Verfahren zur Beschränkung der Typenzahl verwendet werden: Bei der Methode der Zahlenpaare oder -tripel werden zwei oder drei Masse mit kleiner Differenz gewählt, durch deren Kombination sämtliche modularen Masse über einem bestimmten Minimum erreicht werden können (durch Kombination von beispielsweise 3 M und 4 M alle modularen Masse von 6 M an aufwärts). Die zweite Methode erreicht das selbe Ziel, indem sie neben einem Hauptmass oder mehreren Hauptmassen ein Ergänzungsstück mit Abmessungen von einem oder wenigen Moduln vorsieht, das die Ergänzung auf sämtliche modularen Masse ermöglicht.

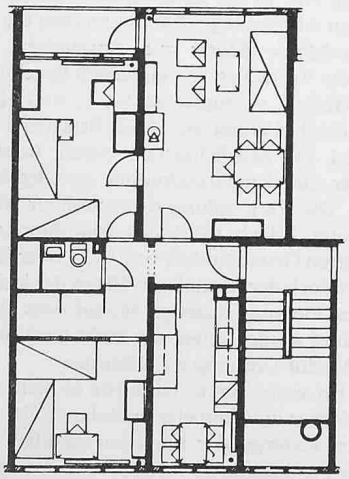
Handelt es sich dagegen um sogenannte Einzelbauteile, die für sich allein schon ein funktionelles Element bilden, oder die wenigstens in einer Richtung die gleiche Dimension aufweisen wie das funktionelle Element, das sie bilden sollen (z. B. raumhohe Wandelemente oder Deckenelemente), können diese Verfahren nicht angewendet werden. Einzelbauteile müssen in allen modularen Dimensionen produziert werden, die man schliesslich erreichen will. Um aber auch hier in gewissen Fällen unter den modularen Massen eine Auswahl treffen zu können, hat man auf Grund von Studien und praktischen Erfahrungen einen sog. *Grossmodul* von 3 M, in Fällen, wo die Auswahl noch weiter getrieben werden muss, einen solchen von 6 M eingeführt. Für gewisse Belange, wie beispielsweise im Industriehallenbau, wird es sich als notwendig erweisen, noch grössere Moduln einzuführen. Man ist sich jedoch in den massgebenden Kreisen über deren Wahl noch nicht einig; eindeutig steht jedoch bereits fest, dass sie ihrerseits wieder Vielfache der bereits festgelegten Grossmoduln 3 M und 6 M sein müssen. Alle diese Grossmoduln werden nur in horizontaler Richtung verwendet. Grossmoduln für vertikale Dimensionen stehen seit einiger Zeit zur Diskussion, jedoch konnte auch über dieses Problem noch keine Einigung erzielt werden. Einzig in Dänemark wird ein vertikaler Grossmodul von 2 M verwendet.

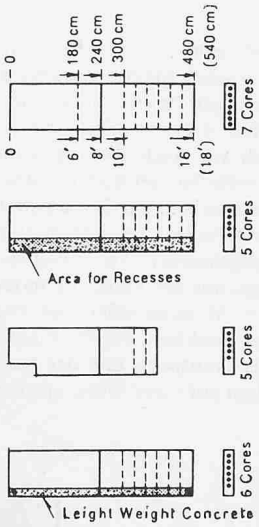
Als Beispiel für die Anwendung von Grossmoduln möge das dänische Vorfabrikationssystem Jespersen dienen, das die tragenden Elemente mit Masssprüngen von 3 M in der einen Richtung und 6 oder 12 M in der anderen Richtung dimensioniert. Der Entwurf wickelt sich somit auf einem Raster von 30 × 120 cm ab, soweit er das Tragsystem betrifft. Für nichttragende Teile und Ausbau wird diesem Raster dann ein solcher von 10 × 10 cm überlagert; man kommt also wieder auf den Grundmodul zurück, sobald die strengere Auswahl nicht mehr erforderlich ist. Durch dieses Verfahren erzielt die Firma Jespersen einerseits eine wesentliche Beschränkung in der Zahl der Typen von vorfabrizierten Wand- und Deckenelementen, während anderseits für die Ausbau- und Detailplanung die hohe Beweglichkeit des Grundmoduls gewährleistet bleibt. Die Firma Jespersen ist daher in der Lage, mit ihrem Elementekatalog die verschiedensten Bedürfnisse zu befriedigen, ohne zu Spezialanfertigungen oder Standardgrundrissen greifen zu müssen (Bild 5).

Auch wenn einmal die industriell gefertigten Bauteile vorwiegend modulare Dimensionen aufweisen werden, dürften vollständig modulare Bauten eher die Ausnahme bilden. Die meisten Bauwerke werden — und dies gilt in noch stärkerem Masse für die Zeitspanne der Einführung der Masskoordination — in unterschiedlichem Grad aus einer *Kombination von modularen und nicht modularen Teilen* bestehen. In diesen Fällen muss in der Planung eine Anpassung zwischen den modularen Teilen und den nichtmodularen erfolgen. Diese Anpassung kann auf verschiedene Arten geschehen; von Fall zu Fall ist die Methode zu wählen, die die beste Ausnützung der Vorteile einer masskoordinierten Bauweise verspricht.

Dies möge am Beispiel der Wandstärken erläutert werden. Wandstärken lassen sich kaum modular gestalten, da der Masssprung von 10 cm zu gross ist, um statische und ökonomische Erfordernisse zu verbinden. Somit muss damit gerechnet werden, dass immer wieder nichtmodulare Wände zur Verwendung







Type of Deck	Reinforcement	Number of Types
Normal	Normal	9
Recess	Heavy	Various
Kitchen	Heavy	4 + 4 Mirror Image
Facade	Heavy	9

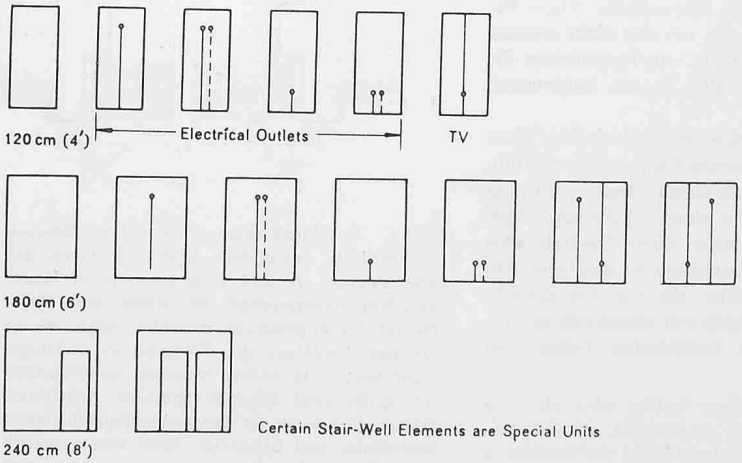


Bild 5. Vorfabrikation modularer Elemente, System Jespersen. Links Beispiel eines Grundrisses auf dem Entwurfsraster 30×120 cm für den Rohbau und 10×10 cm für den Ausbau. Rechts der Elementekatalog der Firma Jespersen: Eine beschränkte Zahl von typisierten modularen Elementen (oben Decken-, unten Wandelemente) gestatten weitgehend freie Grundrissdisposition.

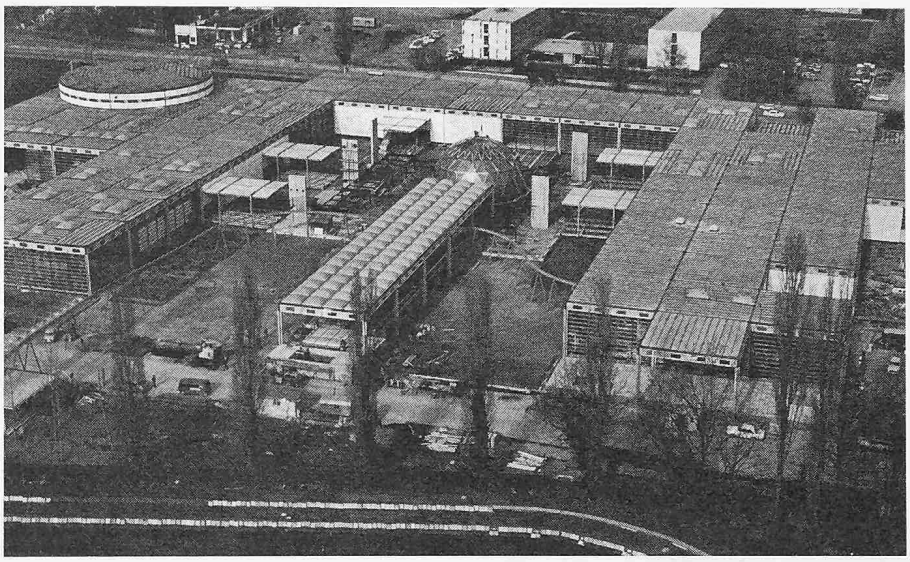
gelangen. Je nach der gewünschten Konstruktionsart und den angewendeten Teilen kann die Wand in der Planung mitten auf eine Rasterlinie gestellt werden, wodurch nichtmodulare Raummasse entstehen. Es kann aber auch die Wand mit einer ihrer Oberflächen auf die Rasterlinie gestellt werden, wodurch auf der einen Seite der Wand eine modulare, auf der andern Seite eine nicht modulare Situation entsteht. Als dritte Lösung kann auch in Frage kommen, bei der Wand den Planungsraster einfach zu unterbrechen und eine neutrale Zone einzuführen, die den Unterschied zwischen der Wandstärke und dem modularen Mass aufnimmt; auf diese Weise werden auf beiden Seiten der Wand modulare Situationen geschaffen. Welche der drei Lösungen die günstigste ist, muss für den konkreten Fall durchdacht und entschieden werden.

Die Förderung der Idee

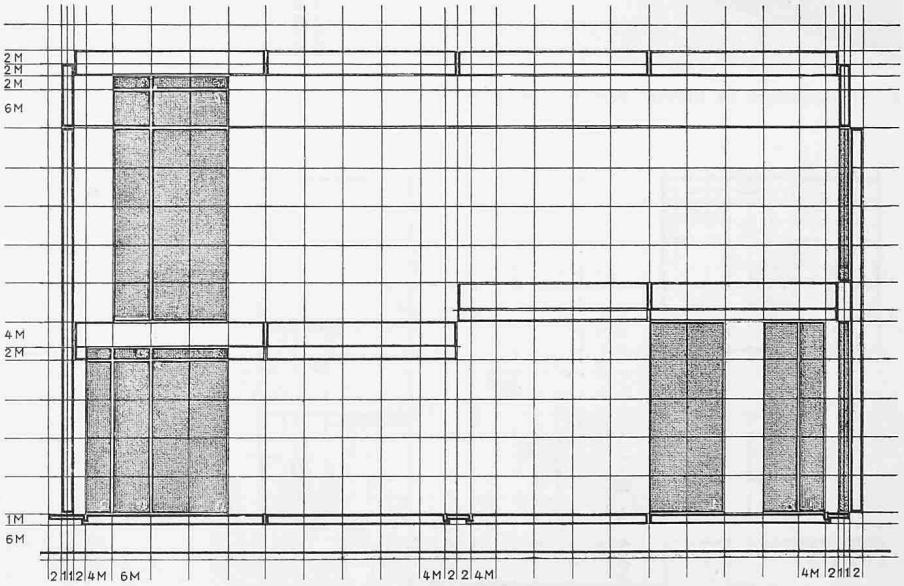
Das obige Beispiel zeigt, dass sich die Vorteile der Masskoordination erst voll geltend machen können, wenn ein genügendes Angebot an modularen Bauteilen besteht. Gleichzeitig muss aber auch auf der Planungsseite eine Leistung erbracht werden, um alle gebotenen Möglichkeiten auszunützen. So beschränkt man sich in mehreren Ländern nicht darauf, die Normung auf modularer Basis voranzutreiben. Beispielsweise werden in Grossbritannien die modularen Bauteile mit einem besonderen Kennzeichen versehen und in einen Katalog des modularen Bauens aufgenommen, um dem Planenden das nötige Rüstzeug zu geben. Mancherorts werden aber auch Anstrengungen unternommen, um Architekten und Techniker mit den Methoden des modularen Planens und Bauens vertraut zu machen. Während in den USA die technischen Hoch- und Mittelschulen modulares Bauen in den Lehrplan aufgenommen haben, werden in Kanada durch die Bauforschungsorgane Richtlinien in der Art von Handbüchern publiziert; in England wiederum führt eine bekannte Architekturzeitschrift eine Beilage über modulares Bauen, während eine andere sich ausschliesslich diesen Problemen widmet. Dank solcher Anstrengungen beginnen sich bereits gewisse Erfolge abzuzeichnen, wenn auch das gesamte Programm erst im Laufe von Jahren verwirklicht werden kann.

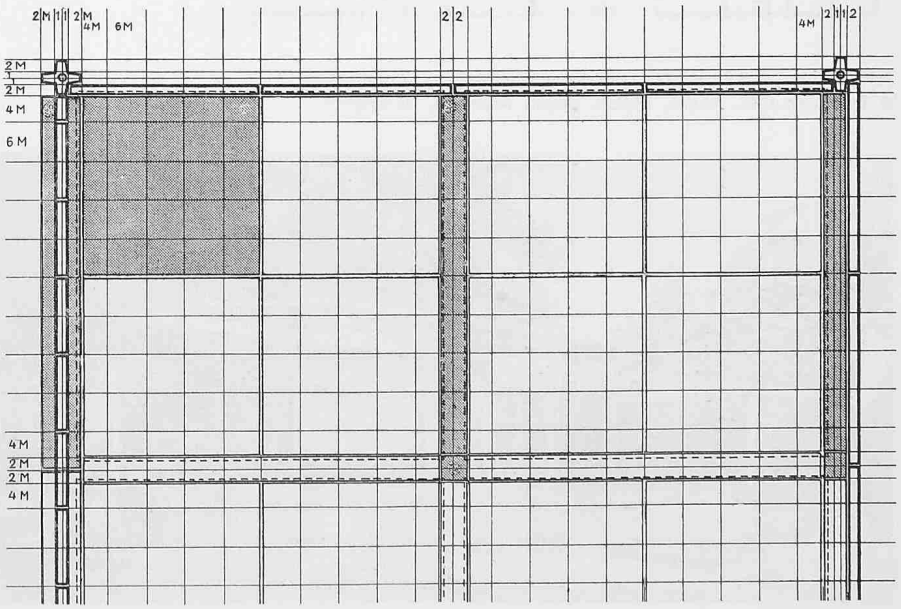
Welch wesentliche Vorteile sich die Fachleute von einer Masskoordination versprechen, lässt sich daran ermessen, dass der dänische Staat seit dem Frühjahr 1964 die Erteilung von Subventionen im Wohnungsbau davon abhängig macht, dass der betreffende Wohnbau modular errichtet wird. Man ist sich dessen bewusst, dass bei der heute noch ungenügenden Versorgung des Marktes mit modularen Bauteilen vorerst kaum eine Verbilligung des Wohnungsbaues erzielt werden kann; man verspricht sich aber durch diese Massnahme eine derartige Beschleunigung in der Entwicklung des modularen Bauens und in der Umstellung der Produktion auf modulare Masse, dass man anfängliche Nachteile in Kauf zu nehmen gewillt ist.

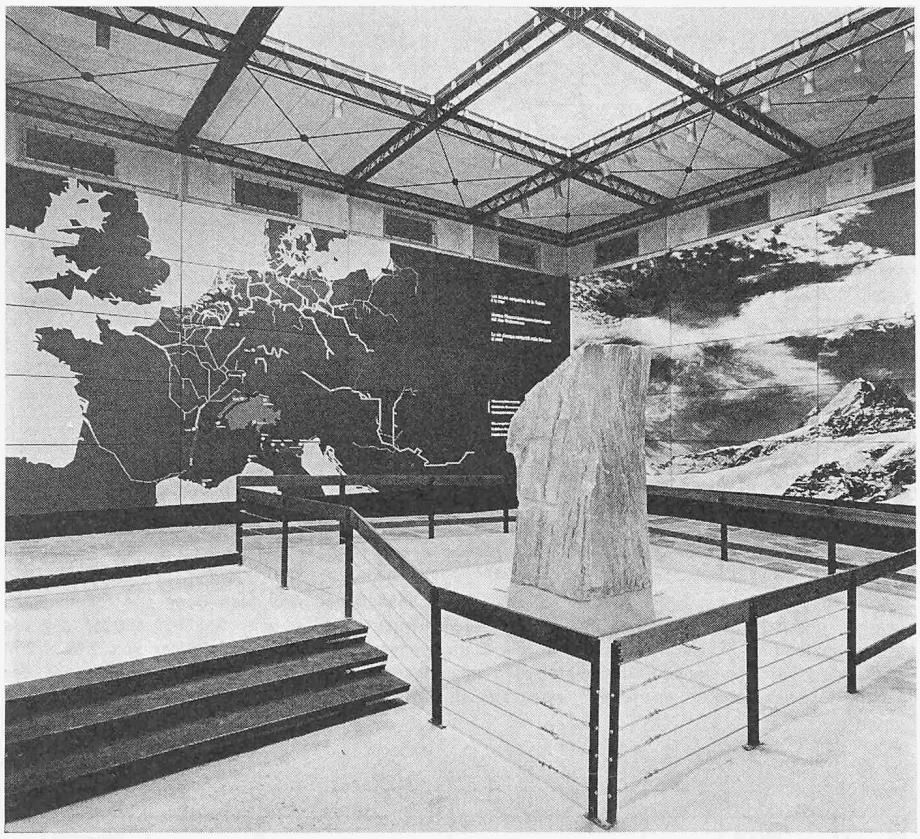
In den Oststaaten ist die Situation insofern günstiger für die Einführung des modularen Bauens, als es den verantwortlichen Behörden dort leichter fällt, einen Beschluss mit allgemeiner Verbindlichkeit zu fassen; so ist denn auch heute in diesen Ländern modu-



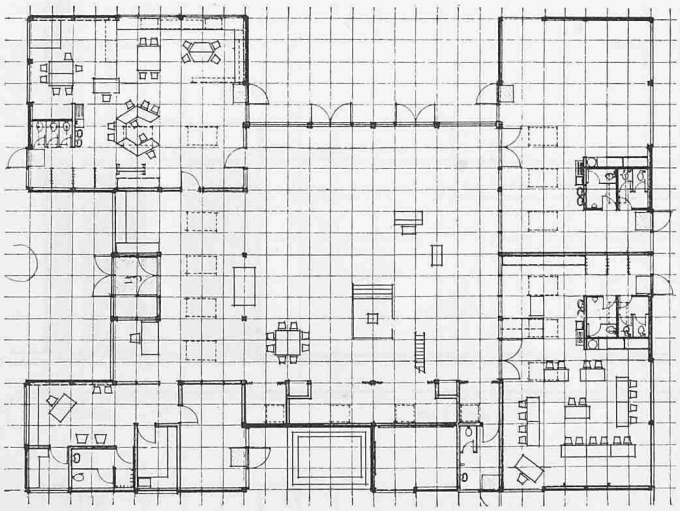
Sektor 3 «Verkehr» der EXPO, Lausanne 1964. Team Jean Duret, Architekt, Genf. Die Planung des Sektors geschah auf modularer Basis mit einem Grundrissraster von 120 M × 120 M, der als Stützenabstand in Erscheinung tritt. Für die Detailplanung wurde ihm ein Raster von 2 M × 2 M überlagert. Die konsequente Dimensionierung nach modularen Massen hat sich nach Angabe der Architekten sehr positiv ausgewirkt, nachdem einmal gewisse Anlaufschwierigkeiten überwunden waren



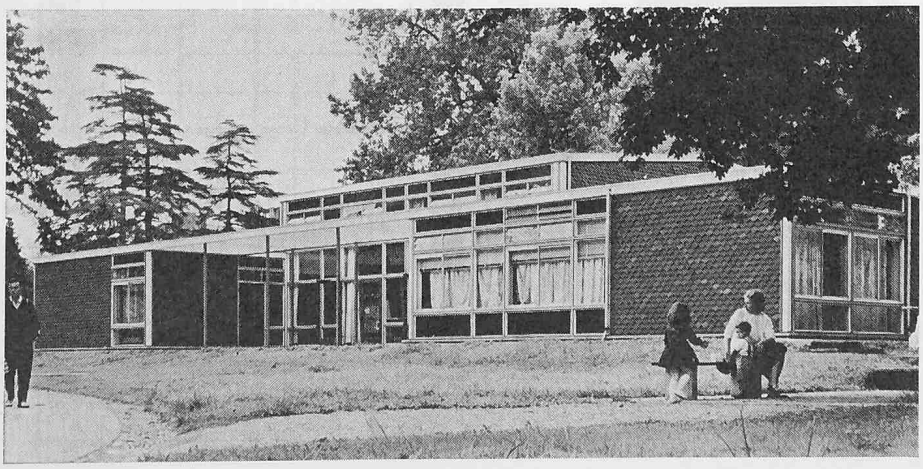




Ausstellungsraum im Sektor «Verkehr» der EXPO 1964



Schulpavillon CLASP an der 12. Triennale in Mailand, Architekt: W. D. Lacey, CBE, ARIBA, AMTPI, County Architect, Nottingham



lares Bauen sehr stark eingeführt und zu einer Selbstverständlichkeit geworden.

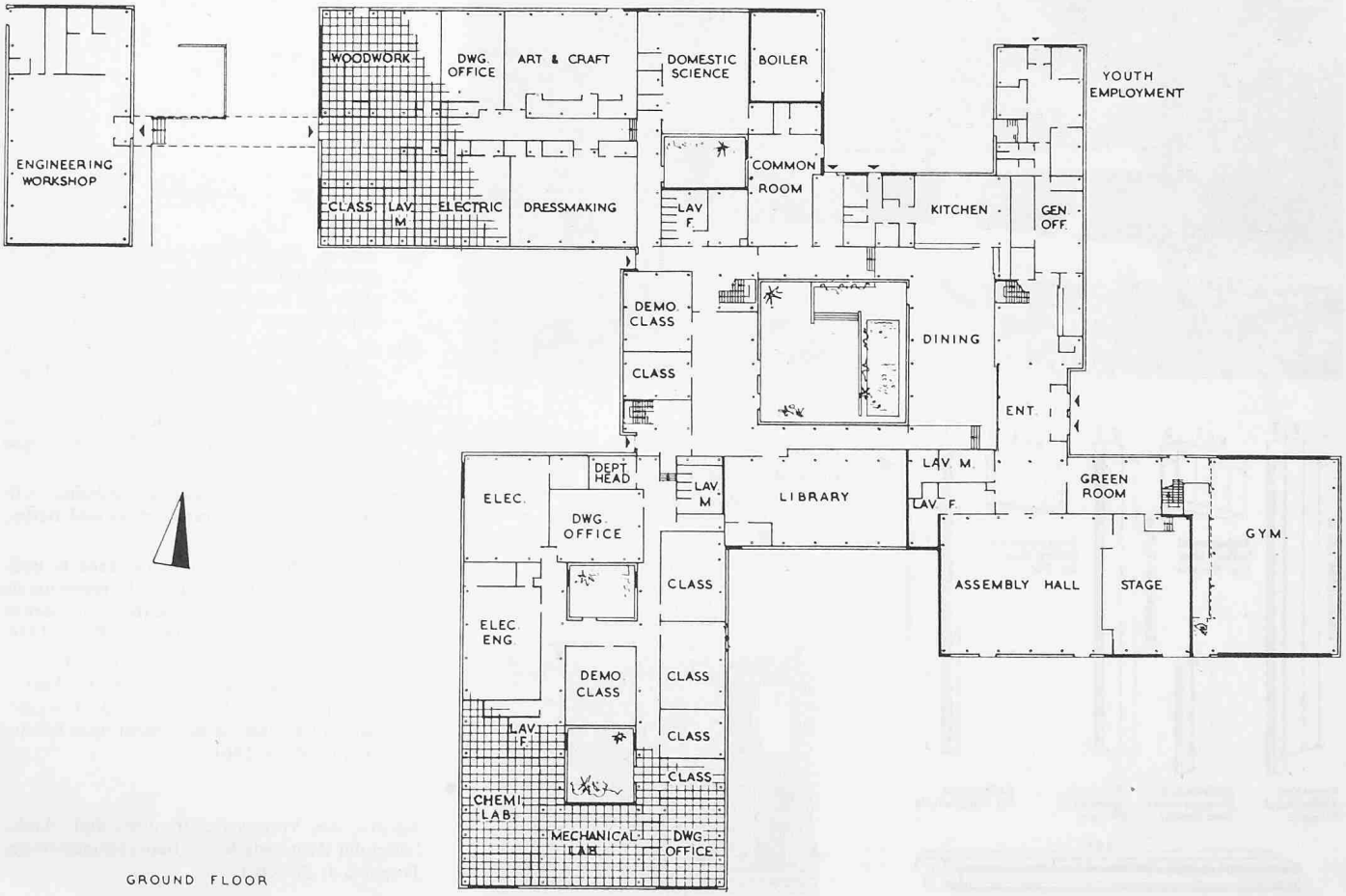
Die meisten westlichen Staaten jedoch müssen einen mühsameren Weg beschreiten, den Weg der Überzeugung des Einzelnen, den Weg der Diskussion, des zu überwindenden Widerstandes, um das Ziel der praktischen Bewährung einer Methode zu erreichen, einer Methode, die heute zum Teil erst Theorie, zum Teil aber auch schon Praxis und Erfahrung darstellt. Modulares Bauen bringt nicht nur wesentliche Erleichterungen im traditionellen Bauen; auch in der Vorfabrikation erschliesst die Masskoordination neue Möglichkeiten. Die Vorfabrikation in sog. geschlossenen Systemen benötigt allerdings, wenigstens für den Rohbau, keine Koordination auf höherer Ebene; hier wird eine Abstimmung ohnehin erreicht, da ja sämtliche Teile aus der selben Produktion stammen. Stellt man sich aber eine offene Vorfabrikation vor, in der verschiedene Firmen die einzelnen Elemente liefern, zeichnen sich neue Möglichkeiten ab; einerseits kann sich ein solcher Vorfertigungsbetrieb auf wenige Elemente spezialisieren und diese wesentlich rationeller herstellen, anderseits aber können die Elemente verschiedenster Provenienz in immer wieder neuen Kombinationen verwendet werden, was die Variationsmöglichkeiten bedeutend steigert.

Zwei grundsätzliche Probleme sind da zu lösen: die Typisierung der Fugen und die Masskoordination. Bei der Masskoordination drängt sich die Modul-Ordnung von selber auf, da sie doch den Anschluss an die Grössen der vielen Ausbauteile herstellt. Es zeigt sich aber auch, dass gerade die Masskoordination es gestattet, eine Kombination von traditionellem Bauen mit Vorfertigung zu erzielen, die sich überall nutzbringend einsetzen lässt, wo die Grundlagen für eine reine Vorfertigung fehlen (beispielsweise mangelnde Serie). Solche Kombinationen sind heute bereits üblich; vorgefertigte Treppenläufe sind nichts Aussergewöhnliches mehr. Dank koordinierten Dimensionen lässt sich aber eine viel weitergehende Verwendung solcher industriell gefertigter Teile erreichen.

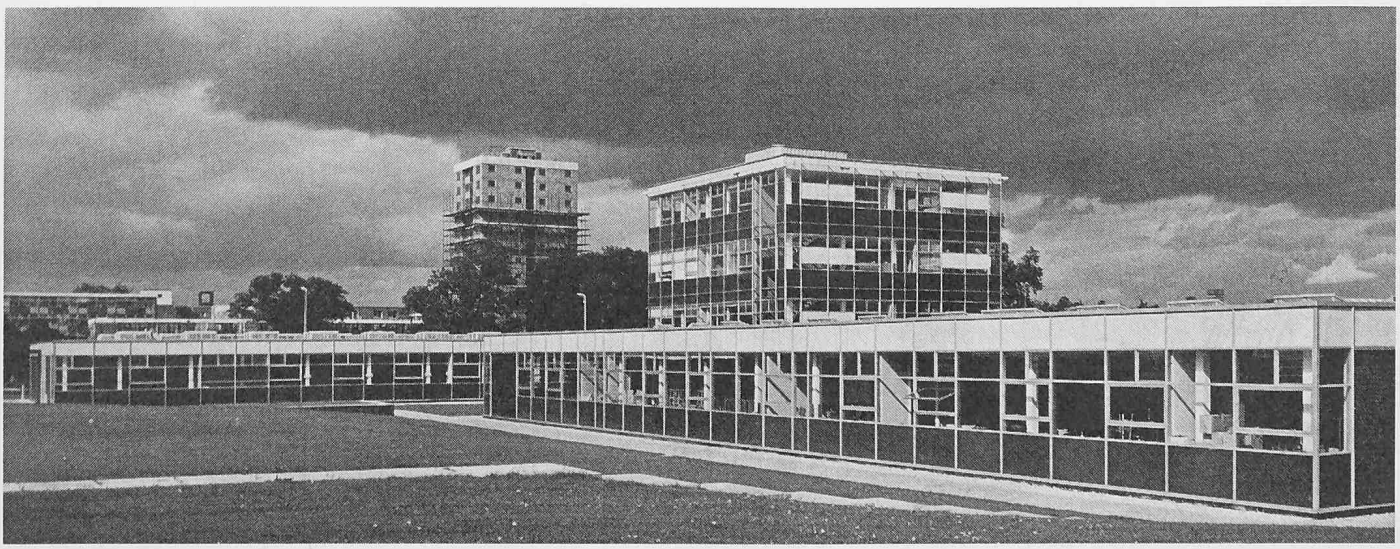
Die Masskoordination bringt uns somit vermehrte Verwendung industriell gefertigter Bauteile, Beschränkung auf eine sinnvolle Zahl von Dimensionen, verbesserte Möglich-

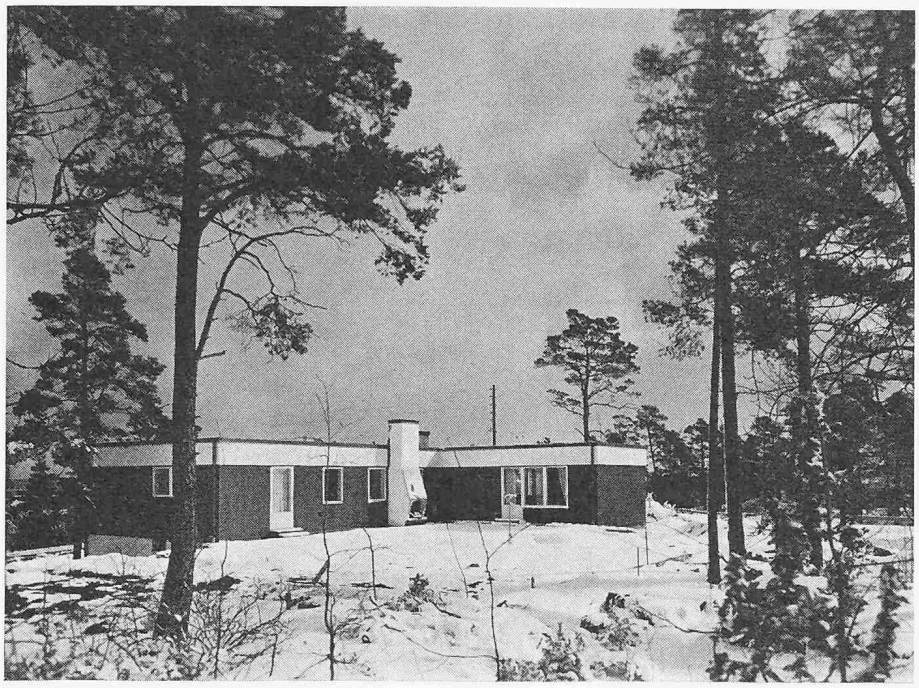
CLASP — "Consortium of Local Authorities' Programm", England, ist der Zusammenschluss von neun lokalen und einer staatlichen Behörde, mit dem Zweck, gemeinsam die Planung und den Bau der Schulen zu betreiben. Das Resultat dieser Arbeit ist ein Schulbausystem auf modularer Basis (Planungsraster 10 M × 10 M), mit dessen Hilfe in drei Jahren 100 Schulen und andere Gebäude erstellt wurden. Eine dieser Schulen wurde 1960 an der Triennale, die dem Wohn- und Schulbau gewidmet war, errichtet, wo sie heute zu Schulzwecken verwendet wird. Mit dem CLASP-System werden heute jährlich Bauten für 4,5 Millionen Pfund erstellt. Diese Gemeinschaftsarbeit gestattet die Verteilung der Entwicklungskosten auf eine grössere Produktion und gleichzeitig bessere Möglichkeiten für eine Serienherstellung mit der daraus resultierenden Verbilligung

keiten für die Produktion von Lagerware, dadurch Vergrösserung der Serien und folglich billigere Preise. Gleichzeitig wird aber auch die Montage vereinfacht, und die heute üblichen Anpassungsarbeiten werden vermieden; dies bedeutet Einsparung an Arbeitskraft und Material. Dem Planenden gewährleistet sie die freie Wahl aus dem Angebot der Branche, auch nach bereits durchgeführtem Entwurf. Sie vereinfacht aber auch die eigentliche Entwurfsarbeit durch die konsequente Anwendung von Einheitsmassen. Durchgeführt mit dem Mittel der Normung, leistet die Massordnung einen wesentlichen Beitrag zu rationellerem Bauen.

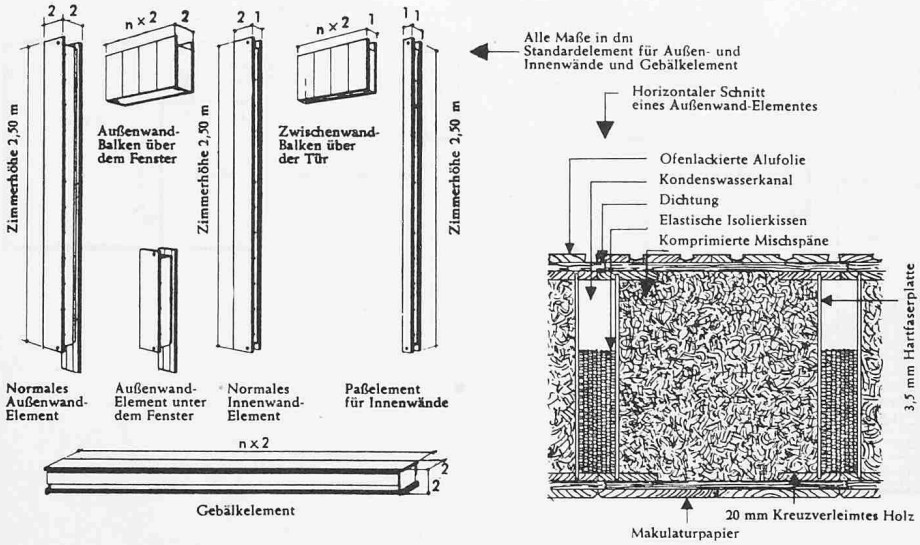


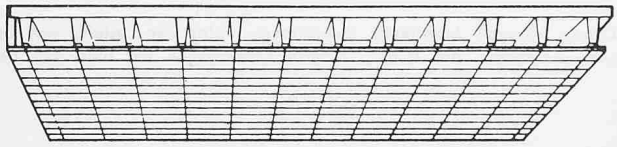
Stevenage College of Further Education. Architekt: Hertfordshire County Council Architect's Department, unter der Leitung von County Architect G. C. Fardell, MBE, ARIBA. Dieser Schulbau wurde ebenfalls modular entwickelt. Auf Grund früherer Erfahrungen hat man den Raster von 10 M fallen gelassen und ist zu 8 M übergegangen

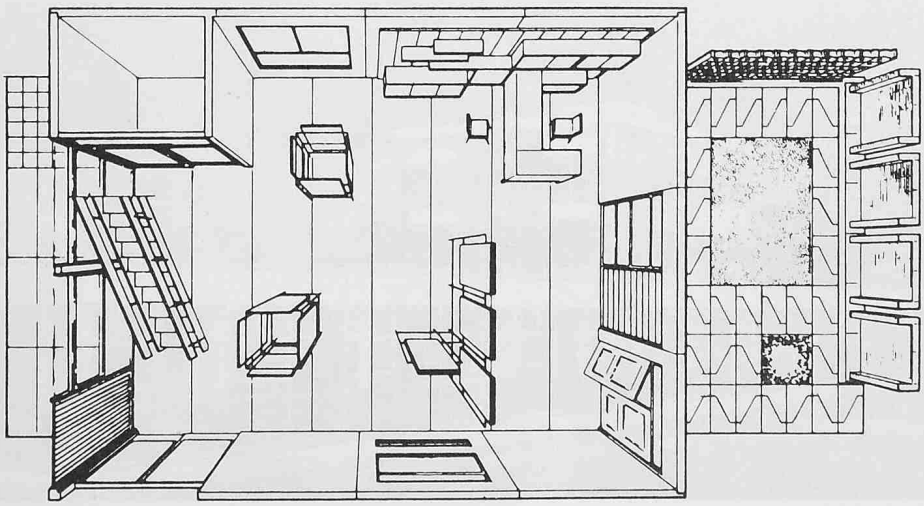




Vorfabriziertes Einfamilienhaus der Firma AB Elementhus, Schweden. Die Holzhäuser des Systems Elementhus sind auf einem Planungsraster von 2 M × 2 M aufgebaut. Die Wandelemente sind raumhoch, die Deckenelemente in Längen von n × 2 M. Diese Elemente werden als Pakete geliefert; ein Haus mit 75 m² Bodenfläche ist in vier Paketen enthalten. Dank der kleinen Rastermasse kann mit einer beschränkten Zahl von Elementen eine beliebig grosse Zahl von Grundrissen erstellt werden; der Katalog umfasst allein 134 Einfamilienhaustypen







Industrialised Building Systems and Components Exhibition, London 1964. Der Stand der «Modular Society», London, ist aus modularen Bauteilen von 43 verschiedenen Produzenten zusammengesetzt, um die Möglichkeiten der Masskoordination zu veranschaulichen

Literatur

[1] *Bussat, Pierre:* Die Modul-Ordnung im Hochbau. Herausgegeben von der Zentralstelle für Baurationalisierung, Zürich, im Karl Krämer Verlag, Stuttgart 1963.

[2] *Le Corbusier:* Le Modulor. Editions de «l'Architecture d'Aujour-d'hui», Boulogne (Seine).

[3] *Le Corbusier:* Le Modulor 2. Editions de «l'Architecture d'Aujour-d'hui», Boulogne (Seine).

[4] *Neufert, Ernst:* Bauordnungslehre. Ullstein Fachverlag, Frankfurt/M und Berlin, 1961.

[5] La coordination modulaire dans le bâtiment. Publié par l'Agence Européenne de Productivité de l'Organisation Européenne de Coopération Economique, Paris, 1956.

[6] La coordination modulaire dans le bâtiment, deuxième rapport. Publié par l'Agence Européenne de Productivité de l'Organisation Européenne de Coopération Economique, Paris, 1961.

Adresse des Verfassers: *H. Joss*, dipl. Arch., Leiter der Zentralstelle für Baurationalisierung, Torgasse 4, Zürich 1.