

FERTIGUNGSSYSTEME DER LEICHTBAUWEISE UND DEREN WIRKUNG AUF DEN BAUABLAUF

von

Gy. SEBESTYÉN

Lehrstuhl für Bauausführung, TU Budapest

(Eingegangen am 9. November 1975)

1. Einleitung

Die Leichtbauweise fußt auf der industriellen Fertigung leichter Bauteile. Für die Herstellung von Bauelementen aus Stahl, Aluminium, Kunststoffen, Holz, Gips usw. wurden neue Fertigungsverfahren und -systeme entwickelt. Durch diese wurden der Bauprojektierung neue Möglichkeiten eröffnet, jedoch auch neue Schranken gesetzt; gerade deshalb ist es begründet, sie kennenzulernen.

2. Fertigungstechnologien

Daher möchten wir hier (ohne den Anspruch auf Vollständigkeit) die wichtigsten Technologien anführen:

Guß

- Fassadenplatten aus Aluminium,
- Bauteile aus Gips, Gips-Perlit (Hochblocksteine), Gips-Papierfaser (Fermazell),
- Schaumstoffe.

Spritzverfahren

- Herstellung von glasfaserverstärkten Polyesterharzelementen.

Walzen, Strangpressen, Blockpressen

- Walzen von Stahlprofilen und -blechen,
- Blockpressen von Aluminiumprofilen,
- Strangpressen von Rundloch-Holzfasерplatten (Okal),
- Spritzgießen von PVC-Profilen,
- Spritzgießen von PS-Schaum.

Prägen, Pressen, Ziehen

- gewölbte Formung von Metall- oder Kunststoffplatten (Tiefziehung, Streckziehverfahren),

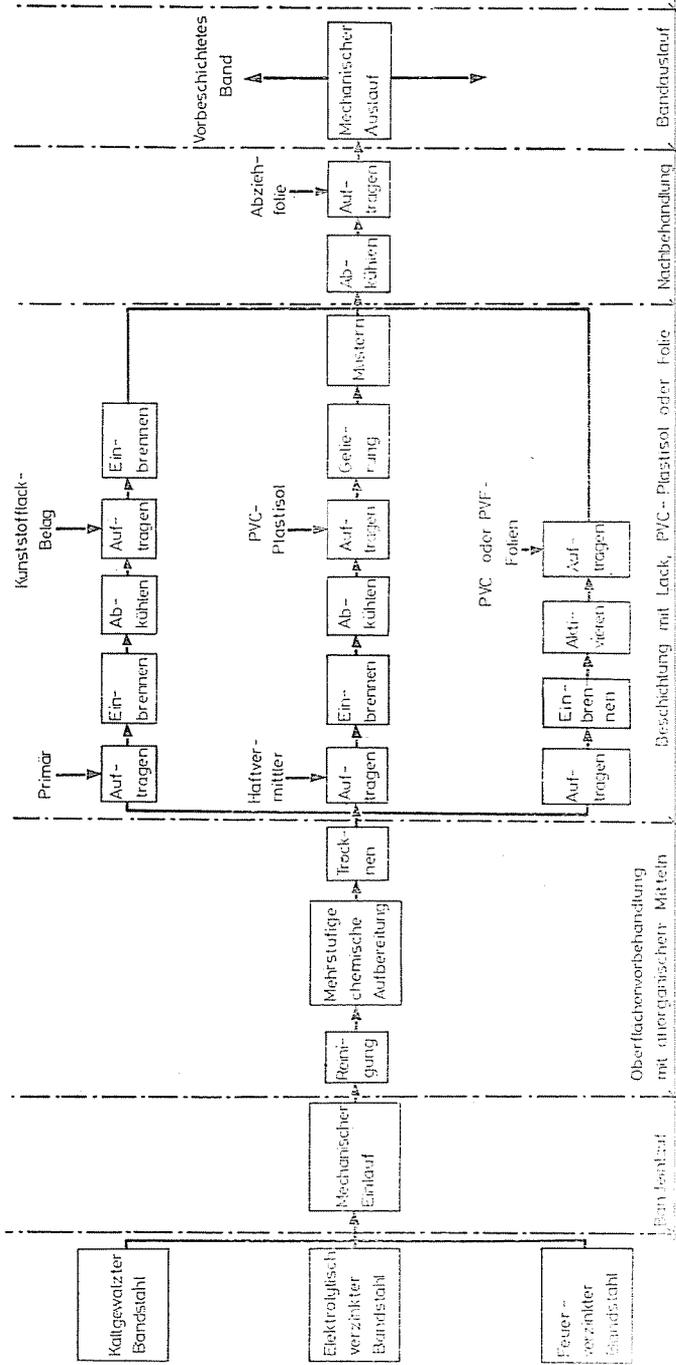


Abb. 1. Arten und Arbeitsgänge der Bandbeschichtung des Stahlbandes

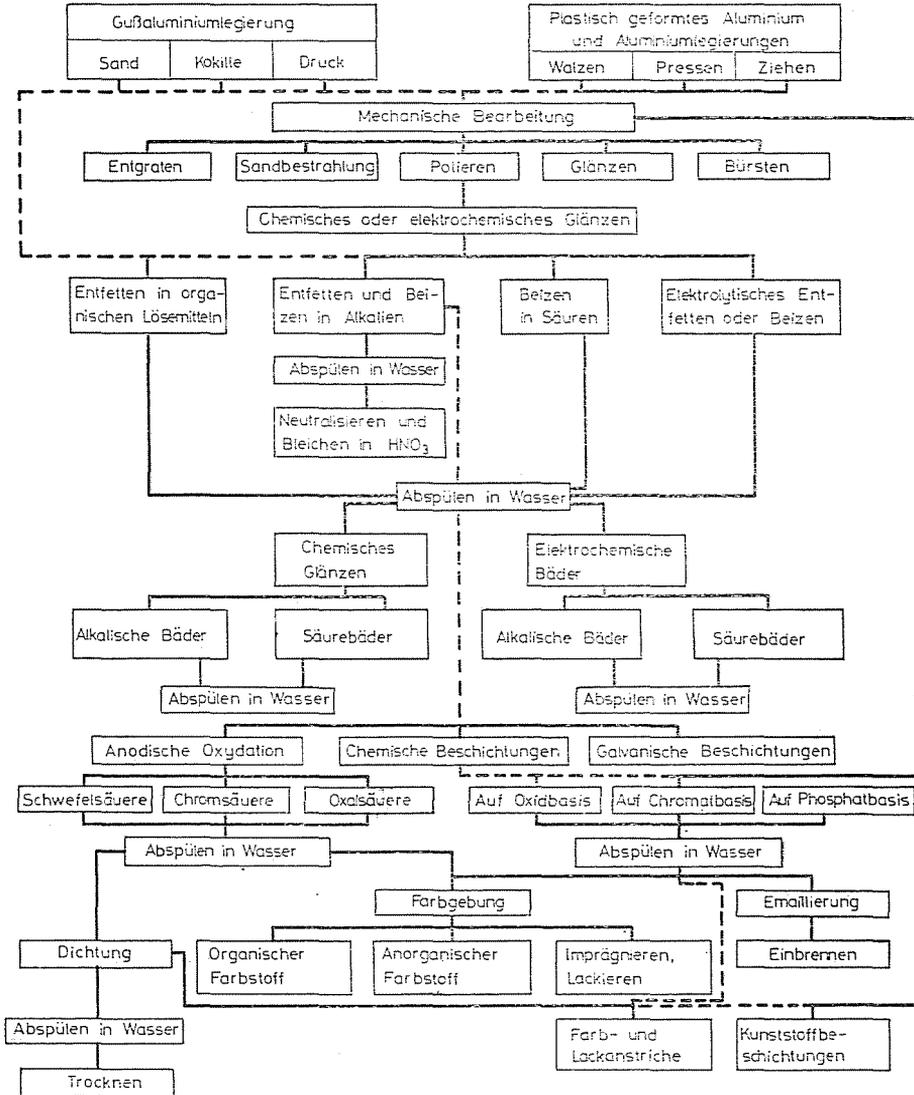


Abb. 2. Übersicht der Verfahren zur Erhöhung der Schutzwirkung der natürlichen Oxidschicht des Aluminiums. In der »coil-coating«-Technologie werden die Verfahren die gestrichelte Linie entlang angewandt (nach I. Komjáti, Kohászat H. 10, 1971)

- Herstellung von Holzfaser-, Span- und Sperrholzplatten,
- Vakuumziehen von PVC-Platten.

Mechanische Bearbeitung

- Stanzen (statt Bohren),
- Biegeverfahren für Bleche und Platten (»preforming« bei Holzfaserplatten, Kantenbiegung, Rollenbiegung bei Blechen), Verfalzung,

- Schneiden, Spalten,
- Schleifen, Polieren.

Herstellung von Oberflächenbelägen

- Anstriche, Lacke,
- Bekleben mit Folien,
- anodische Oxydation,
- Emaillieren.

Neue Verbindungsarten

- Schweißen (Punktschweißen, Dübelschweißverfahren usw.),
- Kleben,
- Verbindung der Bauteile mit Hilfe von neuen Verbindungselementen (Zugniete, Einschlußnägel, Dübel, Hülsenschrauben, Hochspannungsschrauben, Blechschrauben usw.),
- besondere mechanische Verbindungen (Einrasten, Reißverschluß, Inlock usw.).

3. Herstellung besonderer Querschnittsformen

Bleche werden durch Pressen und Ziehen geformt. Es wurden vor allem in den USA auf Pressen hoher Druckkraft für die Fassaden von Hochhäusern in Diamantschliffform und in anderer Weise geprägte Metallblech- (Nirostahl-, Aluminium-, Bronze-) Platten hergestellt.

Metallbleche werden auf Kantenbiegemaschinen, Rollblechbahnen auf Rollenbiegemaschinenstraßen geformt.

Für solche Biegemaschinenstraßen sind für die Herstellung jeder einzelnen Profilform kostenaufwendige Rollensätze erforderlich. Daher werden von dem Herstellerbetrieb nur Rollensätze in beschränkter Zahl angeschafft und mit diesen nur bestimmte Formen erzeugt.

Durch Biegen von Holzfaserplatten lassen sich L- oder U-Profilplatten für Rolladenkästen zum Abdecken von Pfeilern, Rohren herstellen.

Mit Hilfe von verhältnismäßig billigen Vorrichtungen können Thermo-
plastplatten (z. B. PVC) u. a. durch Vakuumstrecken geformt werden.

4. Herstellung langer oder großflächiger Bauteile

Eine Vergrößerung der Längsabmessung oder des Flächenmaßes hat verschiedene Vorteile.

Moderne Dichtungsbahnen haben den Vorteil, daß das ganze Dach oder ein beträchtlicher Teil der Dachfläche durch eine einzige großflächige Dichtungsbahn ohne Ausführung von Verbindungen auf der Baustelle abgedeckt werden kann.

Auf Rollenbiegestraßen können Metall-Rippenplatten beträchtlicher Länge (über 12 m) gefertigt werden. Infolgedessen erübrigt sich die Ausführung von Blechstößen auf dem Dach parallel zu der Traufkante. Je eine Dachblechplatte reicht vom First bis zum Dachsaum. Dies gestattet, den Neigungswinkel des Daches zu verkleinern.

Großflächige Bauteile von verwickelter Form können aus glasfaserverstärktem Polyester hergestellt werden.

5. Herstellung besonderer Querschnittsstrukturen

Manche neue Technologie ermöglicht im Inneren (in der Mitte) des Plattenquerschnitts eine porigere, an den Außenschichten eine dichtere Materialstruktur herauszubilden.

Das wird z. B. mit der schweizerischen *Duripanel*-Technologie erzielt. Bei dieser werden mit Wasser und Zement vermischte Holzspäne verschiedener Größe schleierartig über den horizontalen Form abfallen lassen, bevor jedoch das Gemisch die Form erreichte, wird es in zwei Richtungen auseinander geblasen. Die kleineren, leichteren Körner fliegen in beiden Richtungen in größere Entfernung, die größeren Späne bleiben in der Mitte. Die Form wird von einer Seite fortbewegt und zuerst mit dichtem, dann mit lockererem und schließlich wieder mit dichtem Materialgemisch gefüllt. Auch nach dem Pressen behält der Plattenquerschnitt die absichtlich heterogene Struktur.

Schaumstoffe (PS-, PU-Schaum) können zum Teil mit härterer, dichter Außenschale gefertigt werden. Ist der Übergang der Strukturbeschaffenheit fast kontinuierlich, wird von *Integralschaum* gesprochen; das ist eine häufig angewandte Struktur für PU-Schaumstoffe. Aus PU-Integralschaum werden in der BRD die *Aldra*-Fenster hergestellt; in der DDR arbeitet das Forschungsentwicklungsinstitut *BAUFA* an der Entwicklung einer Fertigungsstraße für Fenster auf PU-Schaum-Basis.

6. Verfertigung von Beschichtungen

Die neuen Leichtbau-Werkstoffe sind weder an sich korrosionsbeständig (im Gegensatz zu Werkstein oder Ziegeln), noch können sie in traditioneller Weise einfach beschichtet werden (wie Holz oder Stahl mit Anstrich auf der Baustelle). Diese neuen Bauteile sind häufig sehr dünn (die Dicke von Blechplatten für Fassadenbekleidung kann 1 mm unterschreiten), daher gegen Korrosion und Beschädigungen besonders empfindlich. Deshalb mußten für den Oberflächenschutz der Bauelemente neue Fertigungstechnologien entwickelt werden.

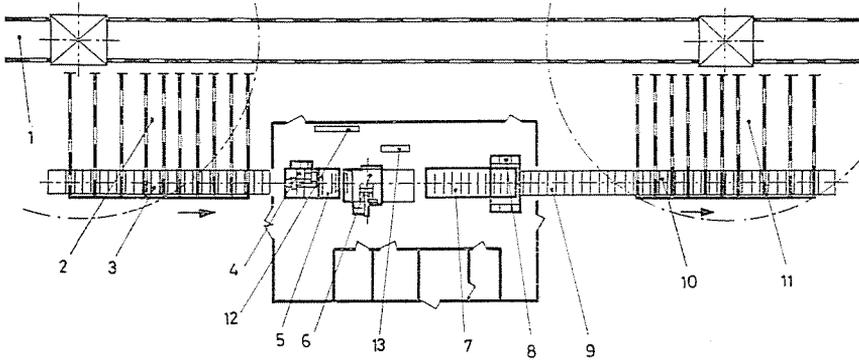


Abb. 3. Entzunderanlage mit Sandstrahlgebläse: 1 Kranbahn, Kran; 2 Aufgabetisch; 3 Zufuhrrollgang; 4 Vortrockenanlage; 5 Rollgang; 6 Entzundermaschine; 7 Rollgang; 8 Farbenspritzkabine; 9 Wanderrost; 10 Ausführrollgang; 11 Abnahmetisch; 12 Schaltkasten; 13 Schalterpult

Mit diesen Anstrichen können zugleich Oberflächen von haltbarer und lebhafter Farbe ausgestaltet werden, was die zunehmende Verwendung der Farbe ermöglicht. Die Beschichtungen auf Kunststoffbasis sind dauerhafter als die früheren Anstriche auf Leinölfirnis- und ähnlicher Basis, die einer periodischen Erneuerung bedurften: die Dauerhaftigkeit der neuen Beschichtungen muß gleich der vollen Lebensdauer des Bauteils sein. Solche Beschichtungen werden auf modernen Fertigungsstraßen hergestellt. Die volle technologische Maschinenstraße wird durch Kombinieren einiger der weiter unten angeführten Einrichtungen herausgebildet:

- Einrichtung zum elektrostatischen Auftragen von Anstrichen (Glasuren),
- durch Elektrophorese arbeitende Anstreichmaschinen,
- Hängebahnförderer,
- Fließstraßen zum Lackieren von Rollblechbahnen und Folien-Laminiermaschinen,
- Anlagen für Wärmebehandlung (Wärmebehandlung bei etwa 180°C von Lacken, Verklebungen; Aufschmelzen von Emaillen bei Temperaturen von mehreren hundert °C),
- Flüssigkeits- und Gasbäder für chemische und elektrochemische Vorbehandlung und Oberflächenbehandlung (Wannen für anodische Oxydation, chemische Vorbehandlung von Stahlblechen),
- feuerheiße Bäder (Feuerverzinken).

Die Oberflächenschicht bzw. der Belag des Bauteils kann (in seiner Masse oder durch einen besonderen Belag) gegen verschiedene Wirkungen beständig gemacht werden. Wirkungen, gegen die die Oberflächenschicht Schutz gewähren kann, sind:

- Korrosion, auch die Biokorrosion inbegriffen,
- UV-Strahlung,

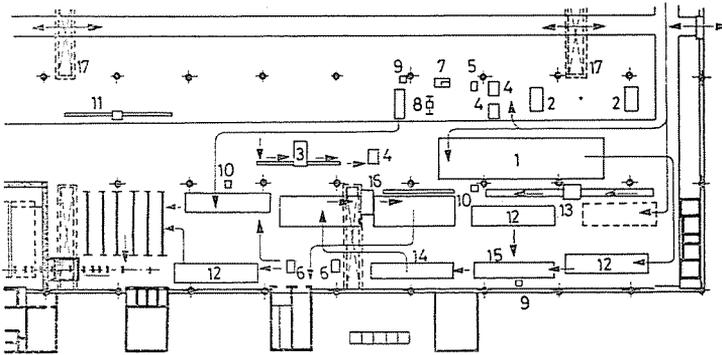


Abb. 4. Fertigungstechnische Bearbeitungsreihe für Skelettsystem FEM-TIP: 1 Trennkreissäge; 2 Blechscherer; 3 Trennsäge mit Kunststoffscheibe; 4 Exzenterpresse; 5 Säulenbohrmaschine; 6 Radialbohrmaschine; 7 Tischbohrmaschine; 8 Gestell; 9 Schweißdynamo; 10 CO₂-Schutzgasschweißung; 11 Schneidbrenner; 12 Schlosser, Montageschlosser; 13 Biegerollgang; 14 Unter-Pulver-Schweißautomat; 15 Balkenzusammenbau; 16 Kreissäge mit senkrechtem Vorschub; 19 Elektrolaufkran

- Brand,
- elektrostatische Aufladung,
- Kaltbrüchigkeit,
- Geräusentwicklung durch Schwingungen (Entdröhnung).

Um Oberflächenbeläge herzustellen, sind umfangreiche, technisch verwickelte, kostenaufwendige Einrichtungen erforderlich.

Durch vorhandene Oberflächenbeläge und Randausbildungen wird oft das Zuschneiden, Zerteilen, Bohren der Elemente auf der Baustelle erschwert. Es gibt jedoch auch zahlreiche Beläge, die oder die damit versehenen Bauteile durch Zuschneiden, Zerteilen, Bohren nicht beschädigt werden. Allenfalls läßt die Projektierung aus Leichtbauteilen viel weniger eine gelegentliche Wahl der Abmessungen zu; diese Bauweise ist vor allem dann wirtschaftlich, wenn sie gestattet, eine Bearbeitung auf der Baustelle womöglich zu vermeiden und die Bauelemente ohne Baustellenbearbeitung zu montieren.

7. Verbindungen der Bauelemente

Die Verbindung von Leichtbauteilen stellt zwar meistens keine fabrikmäßige, sondern eine Baustellenarbeit dar, es scheint aber dennoch gerechtfertigt, sie bei der Fertigung zu behandeln, zum Teil auch deshalb, weil die neuen Verbindungsmittel und -arten nicht vom Bauwesen, sondern von der Industrie entwickelt wurden. In der Industrie wurden früher als im Bauwesen Dünobleche und Sandwichplatten, z. B. im Kraftwagen-, Flugzeug-, Raketenbau, benutzt, daher mußten schon zu dieser Zeit neue Bauteilverbindungen entwickelt werden.

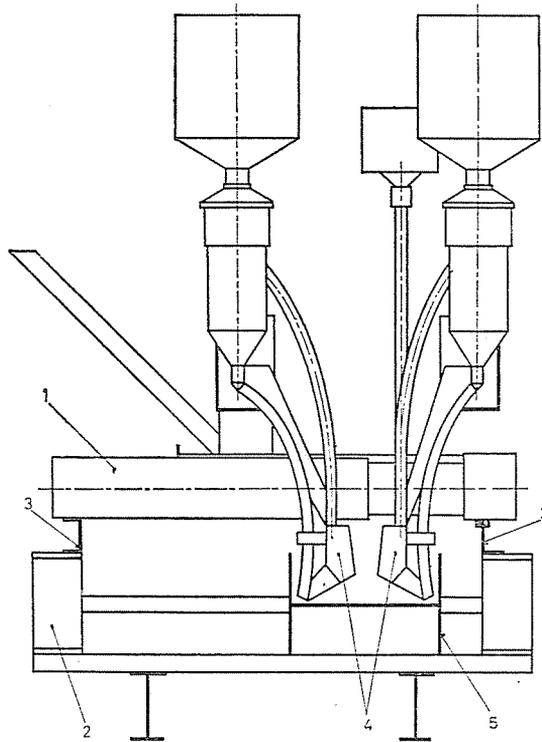


Abb. 5. Schweißautomat ESAB A6: 1 Laufwerk; 2 Schweißgestell; 3 Führungsbahnen; 4 Schweißköpfe; 5 I-Träger

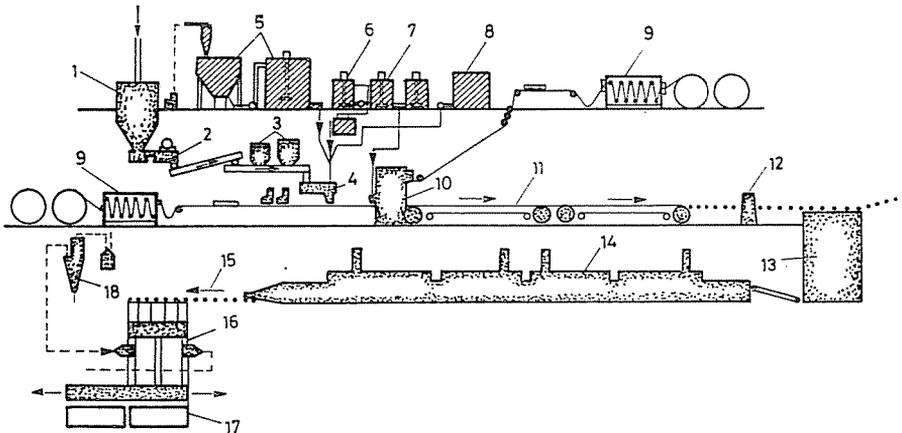


Abb. 6. Pappenfertigerstraße (BRD, Knauf Schilde AG): 1 Silo; 2 Gewichtsdosieranlage; 3 Zusätze; 4 Mischer; 5 Pulp; 6 Härter; 7 Leim; 8 Wasser; 9 Pappengerät; 10 Formerei; 11 Gummiband; 12 Schere; 13 Quertransport; 14 Trockner; 15 Trocknerauslauf; 16 Zusammenbau; 17 Vorbereiten zum Abtransport; 18 Entstauber

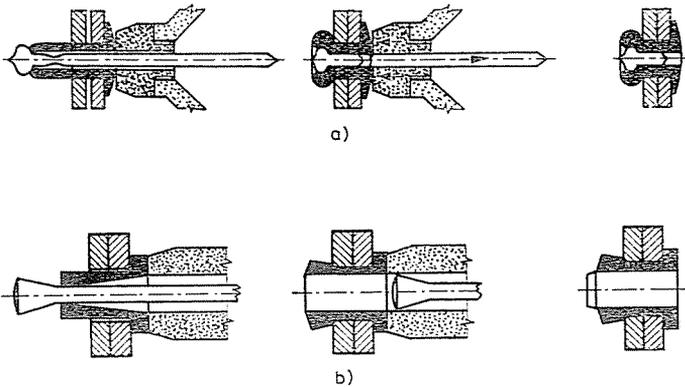


Abb. 7 a. Verbinden durch Blindnietung mit Abreißschaft; b. Verbinden durch Blindnietung mit Ausziehschaft

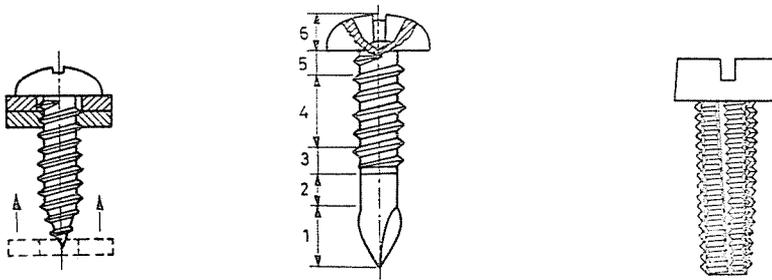


Abb. 8. Blechschraube Abb. 9. Selbstschneideschraube Abb. 10. Gewindefschneideschraube

Dünnscheiben können nicht heiß vernietet werden, deshalb wurden die verschiedenen Kaltnietverfahren (Zugniet, Rohrniet usw.) entwickelt. Für diese Nietverfahren ist auch kennzeichnend, daß ein einziger Arbeiter von einer Seite die Verbindung herstellen kann (Blindnietung). Das war aus Produktivitätsgründen, oft aber auch wegen der nur einseitigen Zugänglichkeit notwendig. Aus ähnlichen Gründen wurden die von der einen Seite her ausgeführten Schraubenverbindungen entwickelt, die ohne Schraubenmutter feste Verbindungen ermöglichen. Durch sich zurückdrückende Schultern, sich in das Gewinde einhakende Unterlagsscheiben oder durch besondere Herausbildung des Schraubenschaftes wird verhindert, daß sich die Schrauben ausschrauben.

Oft werden im voraus keine Schraubenlöcher gebohrt, sondern die Schraube schneidet sich selbst den Weg im Werkstoff und ist so ausgestaltet, daß sie die zu verbindenden Bleche zusammenzieht.

Um dünne Bleche an der Tragkonstruktion zu befestigen, wurden mittels Schußapparat eingebrachte Nägel (Hilti) und Spreizdübel entwickelt.

Für die Ausführung der in sehr hoher Zahl erforderlichen Nagel-, Schrauben- und Nietverbindungen wurden Handmaschinen entwickelt, deren Magazine einen großen Vorrat an Verbindungselementen enthalten, die bei der Ausführung der Verbindung automatisch zugeführt werden.

Für das Schweißen und Löten dünner Elemente wurden ebenfalls besondere Verfahren, programmgesteuerte Geräte (Punkt- und Dübelschweißmaschinen usw.) entwickelt.

Neuartige Verfahren sind die ausgedehnte Anwendung des Verklebens sowie die Anwendung von meistens lösbaren Verbindungen durch Einrasten und Verkeilen.

8. Komplexe Fertigungsabläufe

Die verschiedenen technologischen Verfahren sind zu einem komplexen Fertigungsablauf zusammenzuordnen. Ob es sich um die Herstellung von Stahlgerippeteilen, von Sandwichplatten oder von anderen Elementen handelt, eine vollwertige Lösung läßt sich lediglich unter Anwendung einer komplexen Technologie erzielen. Damit ergeben sich ziemlich aufwendige Betriebe mit zahlreichen Maschineneinrichtungen, Qualitätserzeugnisse können jedoch nur mit dem Einsatz einer hochentwickelten Technologie zeitgemäß hergestellt werden. In der letzten Periode wurden in Ungarn mehrere derartige Betriebe gegründet oder sollen in der nächsten Periode angelegt werden.

9. Beziehungen zwischen Fertigung und Bauplanung

Aus der Einführung der Leichtbauweise ergaben sich für die Projektierung von Baukonstruktionen neue Möglichkeiten, jedoch auch neue Bindungen.

Es wurde bereits die Fließfertigung von Längsrippenblechen genannt, die eine Verminderung der Dachneigungswinkel ermöglichte.

Fenster aus PU-Integralschaum werden in Schablonen gegossen; wegen des hohen Kostenaufwands für die Schablonen können diese Fenster nur in beschränktem Größensortiment gefertigt werden.

Dank der hochentwickelten Fertigungstechnik und der daraus entstehenden wirtschaftlichen Vorteile erweist sich oft eine Konstruktion als die günstigste, die nach klassischer Auffassung nicht optimal ist. Die Abstimmung aufeinander von Fertigung und Bauprojektierung darf keineswegs bedeuten, daß um der fertigungstechnischen Vorteile willen die an die Konstruktion gestellten Forderungen aufgegeben oder auch nur vermindert werden; jedoch werden diese Forderungen auf eine neuartige Weise erfüllt.

Der auf einer Rollenbiegemaschinenstraße hergestellte Typ der großen Fassadenbelagplatten aus Stahl oder Aluminium ist aus der Sicht einer rein

konstruktiven Projektierung *nicht* optimal, da diese Platten nur in einer Richtung räumlich gebogen sind; in auf diese senkrechter (Längs-) Richtung haben sie zueinander parallele gerade Erzeugungslinien, in dieser Richtung sind solche Platten nicht steif genug. Es wären in beiden Richtungen gebogene Platten (von Diamantschliff- oder Quaderform) günstiger. Solche Platten werden auf hochleistungsfähigen, kostenaufwendigen Pressen (Preßplatten für die Fassadenverkleidung amerikanischer Wolkenkratzer) oder auf für diesen Zweck konstruierten Biegemaschinen hergestellt. Die Bearbeitung auf einer Rollenbiegemaschinenstraße ist jedoch viel wirtschaftlicher, daher wurde die dem Anschein nach theoretisch günstigste Konstruktion wenigstens einstweilen aus der Praxis verdrängt.

Ähnlich steht es mit den Asbestzementplatten. Mit geraden Erzeugungslinien in Längsrichtung und in der anderen Richtung gebogen oder profiliert lassen sie sich gut herstellen, in beiden Richtungen gebogene Platten müssen jedoch von Hand geformt werden.

Eine moderne Fertigung erfordert aber nicht unbedingt Zugeständnisse von konstruktiver Seite. Oft sind es gerade die neuen Maschinen, die die Herstellung zweckmäßigerer Konstruktionen als die früheren gestatten. Ein gutes Beispiel hierfür sind die neuen (Europa-) Walzprofile. Auf den modernen Hochleistungswalzstraßen können I- und U-Stahlprofile beim Zusammentreffen von Steg und Gurt von innen fast auf Gehrung gewalzt werden. Dadurch und infolge des dünneren Steges und der durch parallele Ebenen begrenzten Gurte lassen sich stahlsparende und hinsichtlich der Verbindung günstigere, letzten Endes also wirtschaftlichere Profile herstellen.

Trotz dieser Entwicklung machen den Stahlwalzprofilen die geschweißten Profile Konkurrenz. Das wurde vor allem durch die Hochleistungsschweißautomaten ermöglicht, auf denen gleichzeitig zwei oder gar vier Längsnähte geschweißt werden. Geschweißte Blechprofile können mit dünnerem Steg als Walzprofile gefertigt werden (von der schwedischen Firma Gränges-Hedlung, der französischen Firma CFEM); damit stellen sich neue Fragen (Beanspruchung im plastischen Bereich, Rolle der Versteifungsrippen).

10. Abstimmung aufeinander der Fertigungskapazitäten und des einheimischen Bedarfs

Manche moderne Produktionseinrichtung hat eine sehr hohe Kapazität und kann für ein beschränkteres Produktionsprogramm gar nicht eingesetzt werden. Das Material bewegt sich auf den Fließstraßen mit hoher Geschwindigkeit, die nicht beliebig herabgesetzt werden kann. Auf diese Weise läßt sich je Fertigungstechnologie die kleinste (z. B. Jahres-) Produktivität bestimmen, bei der die Anlage noch mit hinreichender Wirtschaftlichkeit eingesetzt

werden kann. Es kommt oft vor, daß der einheimische Bedarf diesen Schwellenwert dauernd nicht oder nur allmählich erreicht; die Bauindustrie fordert von den Herstellerwerken den Einsatz neuer Anlagen, die Fertigungsindustrie schließt sich jedoch diesen Forderungen gegenüber andauernd oder vorübergehend ab. So bestand seitens der Bauindustrie jahrelang der Anspruch auf zeitgemäße Feuerverzinkleinrichtungen, weil die vorhandenen Verzinkungseinrichtungen die Anwendung der Verzinkung sowohl quantitativ als auch qualitativ einschränkten. Nach Jahren wurde im Donau-Eisenwerk eine solche Anlage in Betrieb gesetzt. Es wurde aber bis zum heutigen Tag keine Sendzimir-Anlage für Feuerverzinkung im Fließverfahren von Rollstahlblechbahnen in Ungarn eingesetzt, da der Bedarf an verzinktem Stahlblech die Kapazität einer solchen Anlage unterschreitet. Ebenso steht es mit den Maschinenstraßen für Kunststoffbeschichtung im Fließverfahren von verzinkten Rollstahlblechbahnen (coil-coating) und für die Herstellung von Europa-Walzprofilen: Die Produktionskapazität und die Kosten dieser Anlagen sind zu hoch, stehen in keinem Verhältnis mit dem einheimischen Bedarf, daher werden solche in Ungarn nicht angeordnet.

Ausnahmsweise kann es vorkommen, daß für einen gegebenen Zweck neben der hochleistungsfähigen Technologie auch eine Technologie mit mäßigerer Kapazität vorhanden ist. Eine Anlage für die Erzeugung von Gipskartonplatten wird in Ungarn vor allem wegen des Rohstoffmangels (Gips und Karton) nicht eingerichtet. Bestände dieses Hindernis nicht, würde vielleicht der einheimische Markt die Gründung eines solchen Betriebs auch zulassen, wegen der hohen Investitionskosten müßten jedoch gegen diesen Bedenken geäußert werden. Es gibt aber andere Technologien (z. B. die mit einem Gemisch aus Papierfasern, Gips und Wasser arbeitende Fermazell-Technologie), die eine geringere Geschwindigkeit zulassen: statt 70 bis 120 m/min etwa 9 bis 10 m/min. Damit sind sowohl die Anlagekosten als auch die Produktionskapazität kleiner, daher ist die Gründung eines solchen Betriebs erwägenswert. Bei der Entscheidung müssen selbstverständlich auch andere Faktoren berücksichtigt werden: So ist es z. B. günstig, daß die Papierfasermenge (zum Teil oder im ganzen) zur Verfügung steht, es ist jedoch ungünstig, daß die größte Länge des Erzeugnisses (etwa 1,50 m) die der Gipskartonplatten nicht erreicht, dabei können auch kommerzielle Rücksichten (Lizenzgebühr usw.) entscheidend sein.

Während in Ungarn (einstweilen) keine Walzstraße für die Erzeugung von modernen Walzprofilen angelegt werden kann, lassen sich Schweißprofile mit Hilfe von weniger kostenaufwendigen Anlagen kleinerer Kapazität herstellen. Durch diesen Umstand wurde es ermöglicht, daß der Metallurgische Baubetrieb in Tápiószéle einen solchen Betrieb gründete.

Da die für den einheimischen Bedarf allzu hohe Produktionskapazität gewisser modernen Fertigungsanlagen auf deren Einführung in Ungarn beschränkend wirkt, erhalten die internationale Zusammenarbeit und vor allem die

sozialistische Integration hohe Bedeutung, mit deren Hilfe die Schwierigkeiten beseitigt werden können. Eine derartige Zusammenarbeit beginnt sich auszugestalten und wird oder kann die Versorgung von Ungarn z. B. mit Europa-Profilen, kunststoffbeschichteten Stahlblechen usw. gewährleisten.

Da die Beschränktheit des ungarischen Marktes eine Gegebenheit ist, kann durch fortschrittliche Fertigungsverfahren auf immer mehreren Gebieten die Lage eintreten, daß die Produktionskapazität der modernen Fertigungsanlagen den einheimischen Bedarf beträchtlich übersteigt. Wahrscheinlich wird man sich nicht auf allen solchen Gebieten auf Import einrichten können und es wird zweckmäßig, eventuell unerlässlich sein, auf gewissen Gebieten Fertigungsanlagen aufzustellen, die zum Teil auf Export arbeiten.

Zusammenfassung

Architekt oder Bauingenieur besaßen auch bisher keine erschöpfenden Kenntnisse in der Fertigungstechnik der Leichtbauteile und können über solche auch in der Zukunft nicht verfügen. In Anbetracht der vielseitigen Wirkung der Fertigungstechnik auf die Bautätigkeit (Projektierung, Ausführung), müssen sich auch die Baufachleute über diese Zusammenhänge der Fertigungstechnologien informieren. Das ist auch für die Wechselwirkung notwendig, da ja der Technologe des Fertigerbetriebs in den baulichen Forderungen nicht genügend bewandert ist und daher nur das Zusammenwirken der Fachleute beider Fachgebiete zu einem befriedigenden Ergebnis führen kann.

Prof. Dr.-Ing. Gyula SEBESTYÉN, H-1521 Budapest