

Alternativwerkstoffe

Autor(en): **Batzer, H.**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizerische Bauzeitung**

Band (Jahr): **92 (1974)**

Heft 47

PDF erstellt am: **08.08.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-72518>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Alternativwerkstoffe

Von Prof. Dr. H. Batzer, Basel¹⁾

DK 678:691

Thematische und wirtschaftliche Ausgangslage

Das Generalthema der Tagung lautet «Technik für den Menschen», wobei wir stillschweigend davon ausgehen, dass die Qualifizierung, das Werturteil gemäss der geschichtlichen Entwicklung das zum heutigen Zeitpunkt mehrheitlich angenommene ist: Was dem materiellen Fortkommen des Menschen, seinem Komfort im weitesten Sinne des Wortes nützt, ist für sich gut und erstrebenswert. Alle Möglichkeiten, die diesem Ziel förderlich sind, sollten genutzt werden, seien sie materieller oder intellektueller Art, wobei die soziologischen und hygienischen Momente angemessen berücksichtigt werden. Diese Vorbemerkung ist notwendig, da sie unsere Überlegung über die Technik und ihren Nutzen in ihrer ganzen Relativität qualifiziert. Wir wollen ja heute Fakten und Daten sowie die sich ergebenden Perspektiven diskutieren und nicht die Lebensauffassung mit ihren positiven und auch negativen Aspekten.

Bild 1 soll zeigen, vor welchem Hintergrund das Thema über Alternativwerkstoffe hier behandelt wird. Die Weltproduktionszahlen in ihrer Entwicklung der letzten Jahre, wiedergegeben nach Angaben des Statistischen Jahrbuches der UNO, zeigen das Verhältnis zwischen Energieträgern Erdöl und Kohle und Werkstoffen wie etwa Stahl, Zement, Nichteisenmetallen und auch Kunststoffen. Wenn man statt den Gewichtangaben die sinnvollereren Volumendaten wählen würde, so wäre das Verhältnis noch eindrücklicher: Die industriellen Werkstoffe zusammen (Steine, Keramik usw. ausgenommen) betragen rund 5% der Energieträger. Fortschritte in der

¹⁾ Vortrag, gehalten in Zürich anlässlich der Tagung «Technik für den Menschen» der SIA-Fachgruppen der Ingenieure der Industrie (FI) und für Verfahrenstechnik (FGV) am 22. und 23. Februar 1974.

Tabelle 1. Weltproduktionszahlen wichtiger Energieträger und Werkstoffe

| | Millionen metrische Tonnen | | | |
|-----------------------------------|----------------------------|--------|--------|--------|
| | 1962 | 1966 | 1968 | 1971 |
| Kohle | 1857,0 | 2044,0 | 2009,0 | 2124,0 |
| Rohpetrol | 1217,0 | 1641,0 | 1923,0 | 2399,0 |
| Leicht- und Schweröl | 559,6 | 772,6 | 901,9 | 1148,2 |
| Benzin | 265,4 | 355,2 | 393,3 | 461,2 |
| Kerosin und Jet Fuel | 77,3 | 102,0 | 131,3 | 149,7 |
| Asphalt, Paraffinwachs, Teer usw. | 51,5 | 65,3 | 72,9 | 88,1 |
| Naphtha | | 30,3 | 46,6 | 64,7 |
| Zement | 358,0 | 457,0 | 506,0 | 595,0 |
| Rohstahl | 360,0 | 476,0 | 529,0 | 575,0 |
| Cu, Pb, Mg, Sn, Zn | 15,2 | 22,8 | 20,2 | 21,96 |
| Aluminium | 5,06 | 6,8 | 8,0 | 10,2 |
| Kunststoffe | 8,97 | 16,6 | 23,48 | 30,46 |
| Synthetischer Kautschuk | 2,4 | 3,6 | 4,2 | 5,1 |
| Naturgummi | 2,15 | 2,44 | 2,6 | 3,0 |

Technik bzw. Technologie dieser Sparte beeinflussen das Bild der Weltökonomie, wie es sich von der Verbraucherseite aus bietet, in einer verschiedenen Grössenordnung. Das zeigte sich drastisch in einem Detail: Als man letztes Jahr Bleitetraäthyl als Zusatz zu Benzin ersetzen wollte und dafür Aromaten wie Benzol, Toluol usw. vorschlug. Diese Substanzen sind jedoch wichtige Rohstoffe für Kunststoffzwischenprodukte (auch für Farbstoffe und Pharmazeutika). Neben einer unrealistischen Preisentwicklung zeigte sich eine akute Verknappung; beide Fakten beeinflussen die Zukunftschancen der genannten Endprodukte massgeblich. Tabelle 1 zeigt die Zahlen, die dem Bild 1 zugrunde liegen.

Einteilung der Werkstoffe

Nach der mengenmässigen und volkswirtschaftlichen Zuordnung der verschiedenen Stoffe bzw. Stoffklassen wollen wir uns den Werkstoffen im besonderen zuwenden und hier zunächst eine Definition geben: Unter Werkstoff versteht man Materialien mit mechanischer Festigkeit, die zur Konstruktion von Einrichtungen und Geräten Verwendung finden, aus denen man also Werkstücke herstellen kann; sie sind eine notwendige Voraussetzung der Technik, die sie in jeder Beziehung sinnvoll einzusetzen hat. Das Postulat sinnvoller Verwendung schliesst ökologische und toxikologische Forderungen ein.

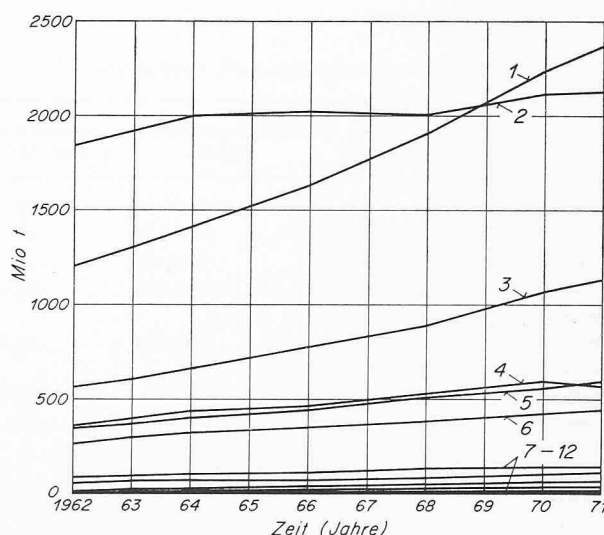


Bild 1. Entwicklung der Weltproduktion wichtiger Energieträger und Werkstoffe zwischen 1962 und 1971

- | | |
|---|-------------------------------------|
| 1 Rohpetrol | 8 Asphalt, Teer, Paraffinwachs usw. |
| 2 Kohle | 9 Naphtha |
| 3 Leicht- und Schweröl | 10 Kunststoffe und Harze |
| 4 Rohstahl | 11 Cu, Mg, Pb, Sn, Zn |
| 5 Zement | 12 Aluminium |
| 6 Benzin | |
| 7 Kerosin und Flugtreibstoff (jet fuel) | |

Eine Einteilung der gemäss obiger Definition als Werkstoffe zu betrachtenden Substanzen zeigt Tabelle 2. Diese Einteilung spiegelt in gewisser Beziehung auch die historische Entwicklung wider. Es gibt natürliche Werkstoffe, d. h. solche, die von der Natur direkt geliefert werden, wie etwa Holz, Natursteine, Baumwolle, oder auch solche, die nach Modifikationen wie Konservierung oder mechanischer Formveränderung verwendbar sind, wie etwa Leder, Textilien, Papier. Auch die im Abschnitt II der Tabelle 2 zusammengefassten Stoffe, die verschiedenen Epochen den Namen gaben (Bronzezeit, Eisenzeit), sollen hier nicht behandelt werden, wenn sie auch ihre spezifischen Eigenschaften erst nach mehr oder weniger komplizierten industriellen Prozessen der Gewinnung aus

Mineralien und besonders der Verarbeitung bzw. Formgebung erhalten.

Dieses Referat soll auf die synthetisch hergestellten Stoffe hinweisen, und hier besonders auf die Technik in ihrer Beziehung zum Menschen; es soll also Substanzen besprechen, die aus verschiedenartigen Ausgangsstoffen anorganischer oder organischer Natur zusammengefügt wurden. Dies umfasst die unter Abschnitt III und IV der Tabelle 2 genannten Stoffe, die demnach neben den organischen Kunststoffen auch die anorganischen Werkstoffe wie Beton, Glas, Keramik oder die Verbundstoffe betreffen, die aus Substanzen beider Klassen bestehen können, z. B. eisenarmerter Beton, faserverstärkte Kunststoffe oder Metalle.

Tabelle 2 stellt in gewisser Beziehung eine Liste der verfügbaren Werkstoffe dar, aus denen die Werkstücke, die Formkörper, hergestellt werden. Sie gibt die jeweiligen Alternativen wieder.

Tabelle 2. Einleitung der Werkstoffe

| Art der Werkstoffe | Beispiele |
|--|---|
| I Natürliche Werkstoffe | Holz, Steine, Baumwolle, Wolle, Gummi |
| mit Modifikationen | Leder, Papier |
| nach einfachen chemischen Reaktionen | Zellstoff, Acetatseide, Gips, gebrannter Kalk, vulkanisierter Kautschuk |
| II Durch chemische Reaktionen, meist Reduktion aus Oxiden gewonnene Werkstoffe | Metalle wie Eisen Nichteisenmetalle Aluminium |
| III Synthetische Werkstoffe | |
| anorganische | Glas, Keramik, Beton |
| organische | Kunststoffe aus petrochemischen Grundstoffen |
| IV Verbundstoffe | |
| anorganische | armierter Beton faserverstärkte Metalle |
| organische | mit organischen oder anorganischen Fasern oder verstärkenden Füllstoffen (z. B. Russ) verstärkte makromolekulare Substanzen |

Kriterien der Auswahl der Werkstoffe

Was sind nun die Kriterien, nach denen der Konstrukteur, der Ingenieur oder der Architekt sich für den einen oder anderen Stoff entscheidet, und sind die jetzt gegebenen Kriterien bzw. die bei dem heutigen Stand der Technik anzunehmenden Massstäbe stabil oder in Entwicklung? Folgende drei Faktoren haben den grössten Einfluss:

1. Eigenschaften bezogen auf den Verwendungszweck
2. Verarbeitbarkeit einschliesslich der dafür benötigten Maschinen
3. Preis bezüglich Leistung und bezüglich Verarbeitungskosten.

Während in früheren Zeiten die Eigenschaften, wie sie durch die Naturstoffe gegeben waren, nur in geringem Masse variiert werden konnten und durch Anpassung der Konstruktionsmerkmale der gewünschte Effekt erzielt werden musste, ist – beginnend mit den Metallen, aber besonders mit dem Zement –, die Verarbeitungstechnik in ihrer Variationsmöglichkeit in den Vordergrund getreten. Als Beispiel sei hier die Wärmeisolation beim Hochbau angeführt, wo heute durch die synthetischen Stoffe bei richtiger Auswahl und sachgemäsem Einsatz praktisch jeder Wert erreicht werden kann. Ähnlich liegen die Verhältnisse bei allen anderen physikalischen und mechanischen Eigenschaften. Tabelle 3 zeigt dies an einigen ausgewählten Substanzen und Eigenschaftswerten (die Werte sind Beispiele, welche die für unser Thema interessante Tendenz belegen sollen). Wenn wir berücksichtigen, dass alle Eigenschaftswerte theoretisch zu erreichen sind – das einschränkende Moment ist der Preis, der dem Endprodukt zugemutet werden kann, worauf wir noch zurückkommen –, so kann das Eigenschaftsprofil allein kein Selektionsmoment sein. Von den Eigenschaften sind heute die ökologisch/toxikologischen Fragen und die Stabilität, als die technischen Daten primär nicht beeinflussende Fakten, von besonderer Bedeutung; es soll daher kurz darauf eingegangen werden.

Tabelle 3. Eigenschaften verschiedener Werkstoffe

| | Spez. Gewicht g/cm ³ | Zugfestigkeit kg/cm ² | Elastizitätsmodul kg/cm ² , 10 ⁴ | | |
|--|------------------------------------|-------------------------------------|---|--------------|----------------------|
| Beton | rd. 2,3 | rd. 50–60 | rd. 30 | | |
| Stahl | rd. 7,8 | rd. 27 000 | rd. 300 | | |
| Epoxidharz | 1,2 | 800–900 | 3,5 | | |
| 6,6-Nylon | 1,16 | 5000–9000 | 2,8–4,9 | | |
| Melamin-Pressmasse mit Cellulose | 1,4–1,5 | 490–910 | 11–14 | | |
| schwach vulkanisierter Kautschuk | 0,9–1,1 | rd. 180 | 0,006 | | |
| Stahlfasern | 7,8 | 20 000 | 210 | | |
| Saphir-Whiskers (Aluminiumoxid-Einkristalle) | 3,96 | 430 000 | 2100 | | |
| | | | | Faser allein | komb. mit Epoxidharz |
| S-Glas (Spezialglas) | 2,49 | 2,05 | 34 000 | 18 000 | 87,5 53,3 |
| Borfasern | 2,6 | 2,05 | 35 000 | 25 000 | 420 252 |
| Kohlenstoff-Fasern | 1,7 | 1,6 | 20 000 | 7 000 | 350 245 |
| Graphit-Fasern | 1,4 | 1,87 | 17 500 | 11 000 | 259 140 |

Korrosion der Werkstoffe

Alle Werkstoffe sind, unabhängig von ihrer Natur, mehr oder weniger der Korrosion unterworfen. Dies bedeutet, dass sie im Laufe der Zeit unter Umwelteinflüssen ihre massgebenden Eigenschaften verlieren. Dabei entstehen Korrosionsprodukte, die entweder als regenerierbare, recycelbare oder als mehr oder weniger indifferente, tote Substanzen in steigendem Masse die Oberfläche unserer Erde bedecken. Ökonomische Fragen gaben bisher allen korrosionshemmenden Methoden eine grosse volkswirtschaftliche Bedeutung, besonders beim Eisen, das besonders oxidationsempfindlich ist.

Die Bedeutung der Korrosion bzw. ihrer Verhinderung geht daraus hervor, dass beispielsweise im Jahre 1970 in den USA 60 Mrd. Fr. durch Korrosion und Aufwand zu deren

Verhinderung verlorengingen. Das sind rund 2% des Brutto-sozialproduktes; von diesem Betrag entfallen rund 1/3 auf Korrosionsschäden (z. B. $6 \cdot 10^6$ t/Jahr = 1% der Stahlproduktion) und 2/3 auf den Aufwand zur Korrosionsverhütung. Ökologische Fragen spielen hier praktisch keine Rolle, da die Korrosionsprodukte, von wenigen Stoffen wie Blei usw. abgesehen, physiologisch unbedenkliche Substanzen sind. Alle Metalle und Glas sind zudem im Gegensatz zu den anorganischen Mischstoffen Beton und Keramik nach mechanischer Sortenbereinigung regenerierbar bzw. recycelbar.

Bei allen Kunststoffen ist die Regenerierung und auch die Recyclingung aus ökonomischen und praktischen Gründen zurzeit nicht durchführbar, da eine ökonomische Trennmethode schon der einzelnen Spezies, die chemisch verschiedenen Substanzklassen angehören, ohne Hilfsmethoden, wie etwa genormte Einfärbungen, nur schwer zu verwirklichen erscheint.

Bei den synthetischen makromolekularen Stoffen, den Kunststoffen, bestehen zwei technisch zu verwirklichende Wege:

1. Besonders stabile, ihre Eigenschaften unter den jeweiligen Umweltbedingungen möglichst lange erhaltende Werkstoffe.
2. Werkstoffe, die leicht, unter besonderen Umständen gezielt, abbaubar (korrodierbar) sind.

Die zweite Alternative wurde erst dadurch interessant, dass der Kunststoff aufgrund der billigen Rohstoffe und Verarbeitungstechnik eine Konsumgewohnheit der Wegwerfartikel förderte. Die jetzige Rohstoff- und Energiesituation wird dieser Tendenz entgegenwirken.

Wenn Artikel wie Folien, Säcke, Formteile usw. nach Gebrauch unkontrolliert weggeworfen werden, können sie das physiologische Gleichgewicht massgeblich stören; es entsteht – wie gesagt durch unsachgemäßes Verhalten und Gebrauch – ein ökologisches Problem. Ein gezielter und gewollter, also vorzeitiger Abbau des Makromoleküls beraubt wie jede Korrosion den Kunststoff seiner mechanischen Eigenschaften, die spezifische Form geht in ein unspezifisches Pulver, bestenfalls inerte Natur über, das schwierig zu sammeln und zu vernichten ist. Das definierte, durch die Eigenschaft des Werkstoffes (z. B. Gasdichtigkeit, Hydrophobie) bedingte ökologische Problem ist zu einem unkontrollierten der Bodenverschmutzung bzw. -vergiftung geworden. Die Vernichtung des Kunststoffes, sei es durch Schaffung abbaubarer Substanzen oder durch Verbrennung (neuerdings auch durch den Einsatz besonders gezüchteter Bakterien – das *Blaubeurer Modell*), kommt demnach um das Anlegen von Deponien nicht herum.

Wenn wir uns über diese Tatsachen im klaren sind, dann gewinnt die alte Überlegung des Korrosionsschutzes der Werkstoffe auch für Kunststoffe an Bedeutung und Aktualität, und zwar bedingt durch ökonomische und ökologische Überlegungen. Korrosionsschutz bei Kunststoffen bedeutet aber saubere Synthesen und meist Zusätze von «Korrosionsinhibitoren», die man bei Kunststoffen und synthetischen Faserstoffen Stabilisatoren nennt. Sie verhindern bzw. verzögern den Angriff der Umweltagenzien wie Sauerstoff, Wasser, Licht, Industriegase usw. Der stabile und geschützte Werkstoff wird also sowohl bei Eisen und Stahl wie auch bei organischen Kunststoffen die heute sinnvollste Alternative darstellen.

Tabelle 4. Verarbeitungsmethoden makromolekularer Stoffe, eingeteilt nach dem Aggregatzustand, aus dem die Substanzen verarbeitet werden

| Methode | Beispiele |
|--|--|
| <i>A. Verarbeitung aus flüssiger Form (Lösung, Dispersion, Paste). Die zu verarbeitende Form wird erreicht durch Rührer, Kugelmühle, Walzenmühle, Knetter; dann weiterverarbeitet nach:</i> | |
| 1. Lackieren oder Lackspritzen | Lacke, Firnisse, Überzüge auf anderen Werkstoffen |
| 2. Streichen, Rakeln | lackierte Tuche, Wachstuch, Kunstleder, Bedrucken |
| 3. Kalandrieren | kaschierte Tuche, Überzüge auf Gewebe und wie bei 2 |
| 4. Tauchen | nahtlose Artikel, z. B. Gummihandschuhe |
| 5. Giessen | Folien, Filme, Platten |
| 6. Spritzen | Isolierungen |
| 7. Spinnen | Acetatseide, Viskose, Polyacrylnitril |
| <i>B. Spanlose Verarbeitung (plastisches Verfahren). Der Stoff wird über dem Erweichungspunkt in die gewünschte Form gebracht. Die zur Verarbeitung benötigte Form wird erreicht durch Mischen, Mahlen, Tablettieren; dann weiterverarbeitet nach:</i> | |
| 1. Walzen bzw. Kalandrieren | Folien hart und weich, erste Stufe der Gummiverarbeitung |
| 2. Ziehen | Reckkalender bei Hartfolien |
| 3. Blasen | Polyäthylen-, Polystyrol- und Polyvinylchloridfolien |
| 4. Pressen | Formkörper aus Pressmassen, die meist nachhärten (Bakelite, Harnstoffharze) sowie Nachvergiftungen, Verarbeitung von vorgebildeten Laminaten |
| 5. Strangspritzen | Isolierungen, Schläuche, endlose Bänder und Formteile, neuerdings mit Breitschlitzdüse, Folien usw. |
| 6. Spritzguss | Formteile, Gehäuse, Küchengeräte, Spielzeug usw. |
| 7. Schmelzspinnen | 6-Nylon, 66-Nylon, Polyglykolterephthalat (Terylen) |
| <i>C. Spanabhebende Verarbeitung. Durch Zusammenschmelzen bzw. Sintern erhaltene Rohformlinge werden mechanisch zu den gewünschten Werkstücken verarbeitet. Als Methoden kommen alle in der Metallindustrie bekannten Verfahren in Frage wie:</i> | |
| Sägen | Rohre |
| Fräsen | Dichtungen aus Teflon (Tetrafluorpolyäthylen) |
| Drehen | Zahnräder aus Polyamiden |
| Hobeln | Celluloidfolie |
| Schneiden | |

Tabelle 5. Verfahren zur Verarbeitung vernetzender Kunststoffe

| Verfahrensweise | Verarbeitungsmethode |
|---|---|
| A. Drucklos diskontinuierlich | Giessen Verschäumen Schleudern |
| teilweise diskontinuierlich | Laminieren a) Papierlaminat b) Glasfaserlaminat Prepregs |
| kontinuierlich möglich | Beschichten Oberflächenschutz Elektrophorese Pulverlackierung a) Wirbeln b) Flammgespritz c) elektrostatisch Tauchen Träufeln Filament Winding |
| B. Unter Druck diskontinuierlich | Kleben Pressen |
| semikontinuierlich automatisch einrichtbar | Spritzpressen Spritzguss |

Verarbeitbarkeit und Methoden der Verarbeitung

Wenn wir das zweite Kriterium für die Auswahl von Werkstoffen betrachten, die Verarbeitbarkeit, so sehen wir besonders in diesem Punkt das Ausmass der Entwicklung der letzten hundert Jahre. Die Möglichkeiten der Formgebung von kleinsten Körpern bis zu Formteilen riesiger Ausmasse haben sich gewandelt und sind die Voraussetzung industrieller Produktion. Aus der Kunst des Handwerks entstand die Verarbeitungstechnik, die zwar im Auffinden von Methoden und in der Entwicklung von Maschinen den erfinderischen Geist des Menschen benötigt, der Individualität der Fertigteile bis ins Detail jedoch entgegensteht. Die benötigte Anzahl von Teilen bedingt über deren Verarbeitung die Auswahl der Werkstoffe. Das Gehäuse eines häufig gebrauchten Apparates, etwa eines Rasierapparates oder einer Haushaltmaschine, aus einem Naturstoff wie Holz oder Stein zu fertigen, wäre Unsinn. Dafür ist beispielsweise die Spritzgussmaschine mit ihrer Möglichkeit der typenkonformen Massenfertigung bei Verwendung entsprechender Kunststoffe geeignet. Ein weiteres Beispiel für das System Werkstoff und seine Verarbeitung soll die angeführte Entwicklung zeigen: Das Verbinden von zwei Körpern gleicher oder verschiedener Natur durch Verkleben. Naturleime auf Basis von Haut und Knochen ermöglichten zwar den Aufbau von Möbeln, nie hätten jedoch Sperrholz, Faserplatten, Isolationsverbundteile usw. oder die neuartigen Composites von Faserstoffen und Matrices entwickelt werden können.

Wie die angeführten Beispiele zeigen, gibt die Entwicklung gerade dem Faktor Verarbeitung eine besondere Bedeutung. Ausgehend von den Erfahrungen, insbesondere bei der Stahlverarbeitung, entstand eine Technik, die rationelle und häufig kontinuierliche Prozesse zur Herstellung von Werkstücken ermöglichte. Ohne auf die chemischen und strukturellen Voraussetzungen einzugehen, zeigen die Tabellen 4 für thermoplastische und 5 für duroplastische Werkstoffe die meist gebrauchten Verarbeitungsmethoden. Es zeigt sich, dass, stark vereinfacht, die Verarbeitungsmethoden der Thermoplaste sich dem der Metalle angleichen, die der Duroplaste zum Teil dem Zement. Von dieser Technik ausgehend, kann eine Rückwärtsbefruchtung weitere Fortschritte zeigen, die sich in der Herstellung von vorgefertigten Bauteilen, Raumsegmenten und Funktionsteilen im Hochbau ankündigt.

So kann das zweite Kriterium in den sich ergebenden Anforderungen nicht nur den Anreiz für das Auffinden neuartiger Werkstoffe abgeben, sondern eben für neue Systeme, das Tandem Verarbeitungsmaschine und dafür geeigneter Werkstoff.

Wenn wir einen Kostenvergleich zwischen Verarbeitung und Werkstoff anstellen, so führt uns dies automatisch zu unserem dritten Kriterium für die Werkstoffauswahl. Diese Relation lag im zurückliegenden Jahr bei der Mehrzahl der hochwertigen Systeme bei etwa 1:1, wenn bei der Verarbeitung Lohnkosten und Abschreibungen für die Maschine berücksichtigt wurden. Für Massenprodukte liegt das Verhältnis, den Rationalisierungsbestrebungen folgend, bei überwiegenden Materialkosten. Bevor wir kurz auf die in vollem Fluss befindlichen, zum Teil gegenläufig verlaufenden ökonomischen Faktoren eingehen, möchte ich die reine Materialkosten-Preis-Relation auf dem Hintergrund der technischen Entwicklung beleuchten: Dies soll an einem Beispiel gezeigt werden.

Wenn an einem Flugzeug durch Verwendung eines neuartigen Werkstoffes Gewicht eingespart werden kann, so darf dieser Werkstoff einen dadurch erwirtschafteten Mehrpreis kosten. Dieser Betrag ist abhängig vom Charakter des Geschäftes und kann bedeutende Summen ausmachen. Sie kennen dieses Phänomen etwa bei der Auswahl des Konstruktionsmaterials bei Reaktionsgefässen wie Kessel in den verschiedenen Industrien; das kostenbestimmende Moment der Materialauswahl (z. B. Stahl, Edelmehle, emaillierter Stahl) muss in Relation gesetzt werden zur durchzuführenden Operation und zu den Kosten, die das zu fabrizierende Gut trägt. Auf das kostensenkende Moment im Hochbau, besonders infolge Rationalisierung durch die Verwendung von serienmässig hergestellten Formteilen, sei hier nur hingewiesen. Häufig bestehen diese Elemente aus einer Kombination anorganischer Baustoffe mit Kunststoffen.

Bis vor kurzem konnte man davon ausgehen, dass die sogenannten Alternativwerkstoffe im Preis sinkend oder mindestens stabil waren; der Lohnanteil bei der Verarbeitung bestimmte die Preisveränderungen beim Werkstück bzw. Bauteil und Bauwerk. Neuerdings ist nun auch hier eine Änderung eingetreten, indem, bedingt durch die Energiekrise und Rohstoffverteuerung – dies gilt insbesondere für petrochemische Rohstoffe –, die Kunststoffe massive Preisveränderungen erfahren, wobei auch eine Einpendelung mit grösster Wahrscheinlichkeit auf höherem Niveau erfolgen wird. Dies betrifft die anorganischen Stoffe, besonders aber die Kunst- und Faserstoffe. Zusammen mit den Bewegungen auf dem Lohn- und Gehaltssektor gibt dies eine Situation, die sehr kritisch und mit voller Aufmerksamkeit beobachtet werden muss. Nach meiner Ansicht führt sie zusammen mit den anderen ange deuteten Entwicklungen zu einer Änderung in der Materialbeurteilung, indem kurzlebige Produkte wie Wegwerfartikel zurückgedrängt werden. Damit wird auch ein gewisser Einbruch in die Konsumgüterwirtschaft erfolgen. Diese volkswirtschaftlichen Folgerungen und Überlegungen runden das Bild ab, mit dem ich mein Referat begonnen habe.

Von der Materialkunde aus können wir zusammenfassend feststellen: Die geschichtliche Entwicklung hat unabhängig von der Wertbeurteilung immer neue Werkstoffe geschaffen, die besonders in der Verarbeitbarkeit Fortschritte bringen. Diese bestehen darin, dass sie immer weniger individuelle Fertigkeit und manuelles Geschick voraussetzen, jedoch Verbesserungen in den mechanischen und anderen physikalischen Eigenschaften bieten. In der Relation Preis-Eigenschaften-Verarbeitbarkeit werden weitere Fortschritte benötigt und erfolgen, wobei jedoch dem Faktor Qualität des Endproduktes in allen Alternativen erhöhte Bedeutung zukommt.

Adresse der Verfasser: Prof. Dr. H. Batzer, Direktor Ciba-Geigy AG, Basel.