

Wir beginnen mit diesem Beitrag unter dem Titel „Plaste im Landmaschinen- und Traktorenbau“ eine Aufsatzreihe, die der Qualifizierung unserer landtechnischen Kader dienen soll. Das heute begonnene Thema umfaßt insgesamt 6 Aufsätze, die jeweils monatlich in den folgenden Heften des 2. Halbjahres 1966 erscheinen werden.

Die Redaktion

## 1. Bedeutung der Plastwerkstoffe im Maschinenbau

### 1.1. Allgemeine Situation

Ausgehend von der schnellen Entwicklung der Plaste werden diese Werkstoffe in immer größerem Umfang für technische Bauteile angewendet. Der Grund besteht darin, daß sie oft bessere Eigenschaften aufweisen als die „klassischen“ Werkstoffe. So gibt es Industriezweige, die ohne Verwendung von Plasten nur unter großen Schwierigkeiten existieren könnten. Als Beispiel sei hier die Elektrotechnik genannt. Aber auch im Fahrzeugbau, Maschinenbau, Schiffbau und in anderen wichtigen Industriezweigen finden die Plaste in ihrer Vielzahl als Halbzeuge, Preß- oder Formteile verstärkter Eingang auf Grund ihrer geringen Dichte, der guten Korrosionsbeständigkeit sowie Verarbeitbarkeit und nicht zuletzt ihrer mechanischen und chemischen Eigenschaften wegen, die oft erhebliche ökonomische und technische Vorteile bringen. Allgemein werden von FINKENZELLER [1] für den Einsatz von Plasten im Landmaschinenbau nachfolgende Eigenschaften besonders herausgestellt:

#### Günstige Eigenschaften

geringe Dichte  
korrosionsunempfindlich  
verschleißfest  
feuchtigkeitunempfindlich  
kleiner Elastizitätsmodul  
ansprechendes Äußeres  
teilweise durchsichtig  
kleiner Reibungskoeffizient  
geringe Leitfähigkeit  
gute Bearbeitbarkeit  
Formbarkeit

#### Ungünstige Eigenschaften

empfindlich gegen Licht  
(UV-Strahlen)  
temperaturempfindlich

Diese Eigenschaften sind nicht in jedem Plastwerkstoff gleichzeitig vorhanden. Sie müssen je nach Anwendungsfall berücksichtigt werden. Die dargestellten günstigen Eigenschaften der Plastwerkstoffe gestatten es auch, sie als vollwertige Werkstoffe im Landmaschinen- und Traktorenbau anzuwenden.

### 1.2. Entwicklung und Stand des Plasteinsatzes im Landmaschinen und Traktorenbau

Allgemein ist einzuschätzen, daß sich der Plasteinsatz im Landmaschinen- und Traktorenbau noch am Anfang befindet, obwohl in den letzten Jahren eine ständig steigende Tendenz zu verzeichnen war. So war z. B. festzustellen, daß von 1962 bis 1964 der Polyamidverbrauch um nahezu 50 % gestiegen ist. Mit der Verarbeitung von ungesättigtem Polyesterharz wurde erst in diesem Zeitraum begonnen. Die prozentuale Steigerung des Verbrauches der wichtigsten Plaste im Industriezweig Landmaschinen- und Traktorenbau ist im Bild 1 dargestellt. Der Hauptanteil der zu verarbeitenden Plaste im Industriezweig liegt bei den Erzeugnisgruppen Melkanlagen und Pflanzenschutzmaschinen.

Auch in anderen Maschinengruppen werden Plaste eingesetzt, aber ihr prozentualer Anteil — bezogen auf die Gesamtmasse der jeweiligen Maschinen oder Geräte — ist sehr niedrig. Für diese Maschinen müssen noch mehr Anwendungsmöglichkeiten erschlossen werden, um den Anteil zu erhöhen. Dabei ist auch besonderes Augenmerk auf den Einsatz von Plasttypen zu legen, die gegenwärtig noch nicht in der DDR hergestellt werden bzw. nur im beschränkten Umfang zur Verfügung stehen, wie z. B. Polypropylen, Polycarbonat und Polyformaldehyd. Es ist deshalb erforderlich, daß im Industriezweig Landmaschinen- und Traktorenbau ein entsprechender Vorlauf in bezug auf die Untersuchung und Erpro-

bung von Musterstücken erarbeitet wird, damit bei Vorhandensein des Ausgangsmaterials ein serienmäßiger Einsatz erfolgen kann. Bei diesen Arbeiten darf es aber nicht so sein, daß Plaste der Plaste wegen eingesetzt werden. Bei allen Anwendungsfällen muß auch der entsprechende ökonomische Nutzen bzw. ein technischer Vorteil zu verzeichnen sein, der den Einsatz rechtfertigt.

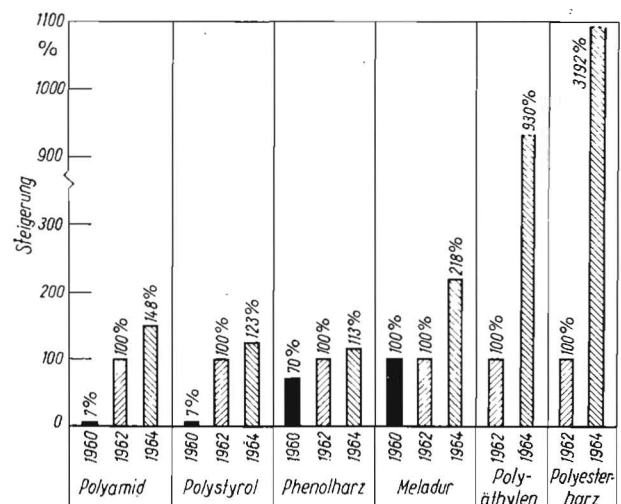
Günstig auf die bisherige Bearbeitung der Anwendungsfragen von Plasten hat sich die Bildung einer sozialistischen Arbeitsgemeinschaft „Plasteinsatz im Landmaschinen- und Traktorenbau“ ausgewirkt. In diesem Kollektiv arbeiten als ständige Mitglieder Vertreter der plastverarbeitenden Industrie (VEB Kunststoffserzeugnisse Witten), der VVB Landmaschinen- und Traktorenbau und des Instituts für Landmaschinen- und Traktorenbau. Die Arbeitsgemeinschaft hat sich die Aufgabe gestellt, den Plasteinsatz im Industriezweig zu lenken und zu erhöhen, bei voller Wirksamkeit der technischen und ökonomischen Vorteile der Plaste. So wurden 1964 durch eine Umstellung von 8 Bauteilen auf Thermoplaste Einsparungen von rund 145 TMDX und  $\approx 30$  t Leichtmetall erzielt.

Für eine verstärkte Anwendung von Plasten in der Perspektive ist es aber auch erforderlich, daß von den Betrieben des Landmaschinen- und Traktorenbaues sowie in der Landwirtschaft ein spezielles Vertrautwerden mit den Eigenschaften, der Verarbeitbarkeit und der Anwendung von Plasten erfolgt. Diese umfassende Qualifizierung ist erforderlich, um einen werkstoffgerechten Plasteinsatz zu garantieren. Es muß in diesem Zusammenhang besonders herausgestellt werden, daß Plaste keine Ersatzstoffe sind, sondern entsprechend ihren Eigenschaften eine wertvolle Ergänzung der allgemeinen Werkstoffpalette darstellen.

## 2. Plastearten und ihre Einteilung nach ihrem thermischen Verhalten

Die Plaste stellen eine Werkstoffgruppe dar, die entweder Umwandlungsprodukte aus Naturstoffen sind oder durch Synthese hergestellt werden. Sie bestehen in der Hauptsache aus Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff und haben einen makromolekularen Aufbau (Riesenzellenmoleküle). Eine einheitlich festgelegte Einteilung gibt es noch nicht. Vielfach werden sie nach ihrem Herstellungsverfahren, ihren thermischen Eigenschaften oder Verwendungszwecken geordnet. Im vorlie-

Bild 1. Plastverbrauch im Industriezweig Landmaschinen- und Traktorenbau



genden Fall soll, um einen Überblick über die Palette der Plastwerkstoffe zu erhalten, eine Ordnung nach dem thermischen Verhalten wiedergegeben werden. Ausgehend von dem Verhalten der Plastwerkstoffe unter Wärmeeinwirkung werden sie unabhängig von den Bildungsreaktionen ihrer Makromoleküle in Thermo- und Duroplaste eingeteilt (Bild 2). Die Thermo- und Duroplaste werden als Formmassen zum Spritzgießen und als Halbzeuge in Form von Tafeln, Folien, Rohren, Schläuchen, Profilen und teilweise als Schaumstoffe geliefert.

Die Gruppe der Duroplaste ist nicht so umfangreich. Auch sie werden vorwiegend als Formmassen (außer Silikonharz) oder Halbzeug verarbeitet. Beide Plastarten haben in der Landwirtschaft sowie im Landmaschinen- und Traktorenbau bereits Anwendung gefunden, wie aus nachstehender Tafel 1 hervorgeht, wobei die Vollständigkeit der Anwendungsbeispiele nicht gegeben ist.

Die in den Ausführungen genannten Thermo- und Duroplaste sind chemische Bezeichnungen. Es wurde im Rahmen dieses Aufsatzes auf die Vielzahl der vorhandenen Handelsnamen verzichtet.

### 3. Aufbau und Eigenschaften der Thermo- und Duroplaste

Der Aufbau und die Eigenschaften der Thermo- und Duroplaste sind sehr eng miteinander verknüpft. Es ist deshalb erforderlich, daß auch der Anwender über diese Beziehungen unterrichtet ist, um Rückschlüsse bei der Auswahl der Plastarten für Konstruktionsteile ziehen zu können. Die Thermo- und Duroplaste haben eindimensionale, fadenförmige Makromoleküle, die miteinander verknüpft sind. Duroplaste dagegen bestehen aus dreidimensionalen vernetzten Makromolekülen. Zwischen den einzelnen Atomen wirken starke Bindungskräfte, die Hauptvalenzbindungen, die die Fadenmoleküle und auch die Raumnetzwerke zusammenhalten. Neben diesen Hauptvalenzbindungen wirken noch Nebenvalenzbindungen, die relativ schwach ausgebildet sind. Sie bewirken den Zusammenschluß der durch die Bildungsreaktionen geschaffenen Makromoleküle der Thermo- und Duroplaste. Die Grundbausteine der Duroplaste sind hingegen sämtlich miteinander verknüpft durch Hauptvalenzbindungen. Zur schematischen Veranschaulichung dieser Aussagen wurde von JUNGWIRTH [2] ein Schaubild über den Vergleich von der Struktur und den physikalischen Eigenschaften der Thermo- und Duroplaste veröffentlicht. (Bild 3)

Für die Eigenschaften und das Verhalten der Thermo- und Duroplaste sind die Nebenvalenzbindungen, die auch intermolekulare Bindungskräfte genannt werden, ausschlaggebend, während für die Duroplaste nur die Hauptvalenzbindungen bestimmend sind.

Für das technologische Verhalten ist dieser grundlegende Unterschied im strukturellen Aufbau der Bindungsmechanismen der beiden Plastgruppen von entscheidender Bedeutung. Als eine weitere Besonderheit im Aufbau der Grundstruktur der Plaste ist hervorzuheben, daß die Plaste im festen Zustand vorwiegend einen amorphen Gefügebau haben, d. h., es besteht ein Zustand der molekularen Unordnung. Es gibt auch Plaste mit teilkristallinem Aufbau. Darunter werden solche verstanden, die sowohl regelmäßige (kristallin) als auch unregelmäßige (amorph) Bereiche im Molekülverband haben. Beide Bereiche fließen ineinander über. Die Metalle dagegen haben ausnahmslos einen festgelegten geometrischen Aufbau, d. h. einen kristallinen Zustand. Auch diese Verschiedenartigkeit hat besonderen Einfluß auf das physikalische Verhalten der Werkstoffe. Dies ist besonders augenfällig bei der Änderung der Aggregatzustände. So tritt der Schmelzpunkt bei kristallinen Stoffen bei einer genau festgelegten Temperatur auf, hingegen ist bei amorphen Stoffen kein ausgeprägter Umwandlungspunkt vorhanden. Es liegt ein Temperaturbereich z. B. beim Übergang vom festen zum flüssigen Zustand vor.

Auf Grund der intermolekular wirkenden Bindungskräfte wird das Verhalten der Thermo- und Duroplaste durch thermische Beeinflussung geändert. Es wird bei diesen Plasttypen zwischen den Zuständen fest, thermoelastisch und thermoplastisch unterschieden. Schon im festen Zustand hat die Temperaturhöhe einen Einfluß auf die Eigenschaften der Werkstoffe. Wie aus Bild 3 ersichtlich wird, nimmt die Zugfestigkeit mit zunehmender Temperatur rasch ab, während die Dehnung ansteigt. Der Einfluß des amorphen und des teilkristallinen Zustandes ist ebenfalls gut sichtbar. Es ist besonders der steilere Anstieg der Dehnung hervorzuheben. Diese Erscheinung ist im Bild 3 verallgemeinert dargestellt. Der Einfluß der Temperatur auf die einzelnen Typen der Thermo- und Duroplaste ist unterschiedlich, wie aus Tafel 2 ersichtlich wird. Diese Aussagen treffen nicht für Duroplaste zu, da sie auf Grund ihrer dreidimensionalen vernetzten Makromoleküle, die durch die starken Hauptvalenzkräfte zusammengehalten werden, ihre Lage gegeneinander nicht ändern können. Thermische Einwirkungen können die vorhandenen Bindungskräfte ebenfalls nicht ändern, so daß die Duroplaste nur im festen Zustand auftreten. Eine weitere Erhöhung der Wärmezufuhr würde zur Zersetzung des Stoffes führen. (Bild 3)

Tafel 1. Anwendungsbeispiele von Plasten

Teile	Polyäthylen		Polypropylen	Polyamid	Polyvinylchlorid		Polystyrol	Polyformaldehyd	Polyurethan	Phenolharze	ungesättigte Polyesterharze
	H	N			h	w					
Lagerbüchsen				×							
Zahnräder				×							
Säradler				×							
Schaugläser				×							
Melkbecher			×	×							
Behälter für Pflanzenschutzmittel u. Düngung (Fässer)	×	×									
Zapfwellenschutzkappe			×								
Gewindeschutzkappe						×					
Dichtelem. f. Lagerst.											
Eimer, Körbe	×	×									
Folien	×										
Förderbänder					×	×	×				
Sitzpolster									×		
Gewächshäuser											×
Bedachung f. Weidemelkstand											

H = Hochdruck N = Niederdruck h = hart w = weich

Tafel 2. Zulässige Anwendungstemperaturbereiche für einige Thermo- und Duroplaste

Thermo- und Duroplaste	°C	Duroplaste	°C
Polyvinylchlorid-hart	bis 60	Epoxidharz (Gießharz)	bis 110
Polystyrol	bis 70	Phenolhartgewebe	bis 110
Polyäthylen	bis 80	Phenoplast-Preßmassen	bis 120
Polyamid	bis 80	Aminoplast-Preßmassen	bis 120
Polypropylen	bis 100	Phenolhartpapier	bis 130
Polyformaldehyd	bis 140		
Polytetrafluoräthylen	bis 260		

Tafel 3. Wichtigste Eigenschaften der Duro- und Thermo- und Duroplaste

Thermo- und Duroplaste	Duroplaste
Verwendung überwiegend ohne Füllstoffe	Harze meist mit Füllstoffen zu Preßmassen oder geschichteten Werkstoffen verarbeitet
Bei Erwärmung plastisch werdend, warm verformbar und schweißbar	Nach Aushärtung unschmelzbar und kaum noch warm zu verformen
In einigen organischen Stoffen löslich	Abfälle können nicht aufgearbeitet werden
Gut klebbar	Werden von Lösungsmitteln nicht angegriffen
Verarbeitung überwiegend durch Spritzgießen	Schlecht verklebbar
Eng begrenzte Wärme- und Kältebeständigkeit; kaltspröde; mit zunehmender Temperatur rascher Abfall der Festigkeitswerte	Verarbeitung meist im Preßverfahren
Durch Weichmacherszusatz auch in elastischer, gummi- bis lederartiger Beschaffenheit zu erhalten	Widerstandsfähigkeit gegen hohe und tiefe Temperaturen; gute Festigkeitseigenschaften im gesamten zulässigen Temperaturbereich
	Weichgemachte Qualitäten nicht herstellbar

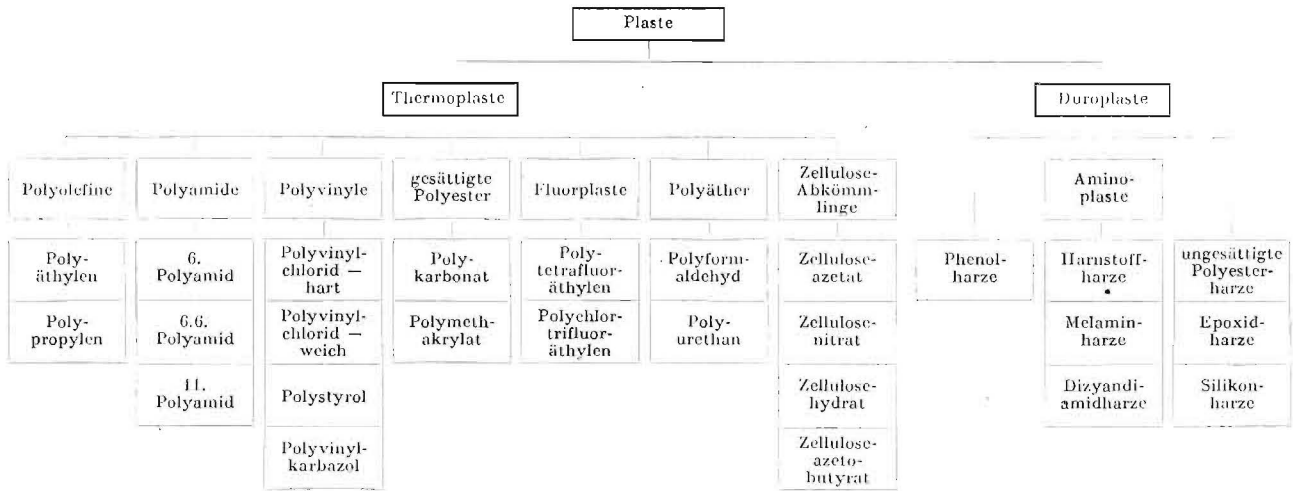


Bild 2. Einteilung der Plastikwerkstoffe nach ihrem thermischen Verhalten

Nicht alle Plastetypen können in ihren Erscheinungsformen als Hochpolymere unmittelbar verarbeitet und als technische Artikel eingesetzt werden. Man muß sie vielmehr einer chemischen und physikalischen Behandlung unterziehen, die ihre Eigenschaften im Sinne der Anwendung positiv beeinflussen. So werden z. B. den Plasten Füllstoffe zugegeben, die anorganischer bzw. organischer Natur sein können [3] [4]. Duroplaste werden fast ausschließlich mit Füllstoffen versehen, da die Harze spröde und nur wenig für einen technischen Einsatz geeignet sind. Als Füllstoffe verwendet man Gesteins- oder Holzmehl, Zellstoff, Textilschnitzel oder Textilbahnen. Polyesterharze werden mit Glasfasern, -matten oder -gewebe verstärkt. Man erreicht dadurch relativ hohe Festigkeitswerte. Auch Thermoplasten können Füllstoffe zu-

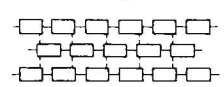
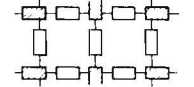
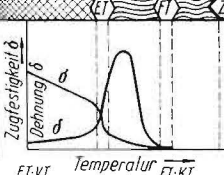
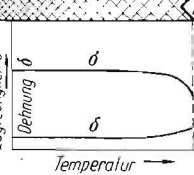
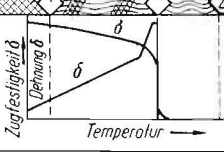

gesetzt werden, so z. B. Weichmacher, Stabilisatoren oder Pigmente, um die Eigenschaften dieser Plaste zu verbessern. In Tafel 3 werden nochmals die wichtigsten Eigenschaften der beiden großen Plastegruppen in zusammengefaßter Form gegenübergestellt.

Die dargelegten Betrachtungen zum Plasteinsatz dienen als Grundlage für die weiteren Ausführungen, in denen besonders die Fragen der Verarbeitung, Anwendung und der perspektivischen Entwicklung der Plaste abgehandelt werden.

**Literatur**

- [1] FINKENZELLER, R.: Anwendungsmöglichkeiten von Kunststoffen in der Landtechnik. Grundlagen der Landtechnik, II, 11/1959, S. 95 bis 105
- [2] JUNGWIRTH, H.: Kunststoffe in der Landwirtschaft und im Gartenbau. Sonderdruck aus „Landmaschinenmarkt“ (1964) II, 26,
- [3] STRENCE, H.: Härtbare Kunststoffe richtig angewendet. Fachbuchverlag Leipzig 1954
- [4] Autorenkollektiv Plaste: Neue Werkstoffe für eine neue Technik. Verlag „Die Wirtschaft“, Berlin 1958 A 6522

Bild 3. Gegenüberstellung von Struktur und physikalischen Eigenschaften der Thermo- und Duroplaste [2]

		Thermoplaste	Duroplaste
Struktur		 eindimensionale fadenförmige Makromoleküle -Fadenmoleküle-	 dreidimensionale vernetzte Makromoleküle -Raumnetz-moleküle- Makromolekül Hauptvalenzbindg.
Bindungsmechanismus		-- Makromolekül Hauptvalenzbindung -- Makromolekülverband Nebenvalenzbindung	Makromolekül Hauptvalenzbindg.
Zustand		 Zugfestigkeit $\delta$ Dehnung $\delta$ Temperatur ET-VT    FI-KT    ZT	 Zugfestigkeit $\delta$ Dehnung $\delta$ Temperatur
amorph mechanisches Verhalten			
Zustand		 Zugfestigkeit $\delta$ Dehnung $\delta$ Temperatur ET-VT    FI-KT    ZT	 Zugfestigkeit $\delta$ Dehnung $\delta$ Temperatur fest thermoelastisch thermoplastisch formsandfest ET-VT Einfrierbereich bzw. Versprödungstemp. FI-KT Fließbereich u. Kristallisationstemp. ZT Zersetzungstemperatur
teilkristallin mechanisches Verhalten			
Verarbeitbarkeit		spanend spanlos	spanend
Formänderungsverh.		reversibel	irreversibel
Reckbarkeit		reckbar	nichtreckbar
Schmelzverhalten		schmelzbar	unschmelzbar
Lösungsverhalten		unbegrenzt quellbar grundsätzlich lösbar	begrenzt quellbar unlösbar



GOTTSCHALK, H.: Reihe Automatisierungstechnik — Elektronische Bausteinsysteme der Digitaltechnik. 1. Aufl., A 5, 72 Seiten, 31 Bilder, 17 Tafeln, kart., 4,80 MDN

LANGE, F. H.: Signale und Systeme. Band I: Spektrale Darstellung. 1. Aufl., 16,7 x 24,0 cm, 432 Seiten, zahlr. Bilder, Ganzln. 30,— MDN

PESCHIEL, M.: Reihe Automatisierungstechnik — Kybernetik und Automatisierung. 2., überarb. u. ergänzte Aufl.; A 5, 88 Seiten, 30 Bilder, kart., 4,80 MDN

REÜSCH, K. u. a.: Lehrbuch der Elektrotechnik, Band I. 1. Aufl., 16,7 x 24,0 cm, 316 Seiten, zahlr. Bilder, Kunstleder, 19,— MDN

SIROTINSKI, L. L.: Hochspannungstechnik — Junere Überspannungen. 1. Aufl., 16,6 x 24,0 cm, 268 Seiten, zahlr. Bilder, Kunstl. 24,— MDN

**Berufsschulliteratur**

PFORTE, H. / H. DAEHNE: Aufgabenblätter Fachzeichnen für Feinoptiker — mit Lösungen. 1. Aufl., A 4, 40 Seiten und 40 Zeichenblätter, kart., 8,— MDN

PFORTE, H. / H. DAEHNE: Aufgabenblätter Fachzeichnen für Feinoptiker — Schülerausgabe. 1. Aufl., A 4, 40 Seiten und 40 Zeichenblätter, kart., 6,50 MDN A 6540