

4. Die Verarbeitung von Plasten

4.1. Allgemeine Betrachtung

Wenn man die Verarbeitung von metallischen Werkstoffen mit den Plastwerkstoffen vergleicht, so kann man gewisse Analogien feststellen. Man unterscheidet bei der Plastverarbeitung die Verarbeitungsgruppen Urformung, Umformung, Trennen, Fügen und Veredeln.

4.1.1. Urformung von Plasten

Unter Urformung versteht man den ersten Formungsprozeß eines Werkstoffs, d.h. die Formung des Rohstoffs in der ersten Verarbeitungsstufe. Bei der Zuordnung des Preß- und Spritzgießverfahrens zur Urformung muß man berücksichtigen, daß das zur Verarbeitung gelangende Plastmaterial bereits in Granulat- oder Tablettenform vorliegt, also schon einen Verarbeitungsprozeß (Urformung) durchlaufen hat.

Folgende Verarbeitungsverfahren können der Urformung zugeordnet werden:

- Spritzgießen — Extrudieren — Formpressen
- Spritzpressen — Schäumen — Sinterformung
- Schichtpreßstoff-Fertigung — Strangpressen.

Aus der Vielzahl der Verarbeitungsverfahren sollen hier nur einige Verfahren näher behandelt werden, die den größten Umfang bei der Fertigung von Plastteilen und Halbzeugen für Landmaschinen und Traktoren einnehmen.

4.1.2. Das Spritzgießverfahren

Das Spritzgießverfahren wird bei der Verarbeitung von Thermoplasten eingesetzt, die ohne chemische Zerstörung plastisch formbar gemacht werden können. Dieses Verfahren kann infolge der hohen Schußzahl je Zeiteinheit als das wirtschaftlichste aller Verfahren angesehen werden, wenn die Anzahl der zu fertigenden Teile jeweils über 100 000 Stück liegt. Bei der Herstellung von Spritzgußartikeln liegt folgende Technologie zugrunde: Der meist in Granulatform gelieferte Plastwerkstoff wird dem Vorratsbehälter der Verarbeitungsmaschine zugeführt. Von dort aus gelangt das Granulat dosiert in den Massezylinder, wird in ihm erwärmt und dann unter hohem Druck von 100 bis 1000 kp/cm² schußartig über eine Düse in die kalte Form eingespritzt. Nach dem Erstarren der Masse wird die Form geöffnet und das Fertigteil ausgeworfen. Die Taktzeiten sind abhängig von der Größe und Wanddicke des Spritzgußartikels und liegen im allgemeinen zwischen 20 und 130 s. Wie bereits dargelegt, muß eine hohe Stückzahl der zu fertigenden Teile vorliegen, damit die Wirtschaftlichkeit des Verfahrens gegeben und die Kosten für den Bau des dazugehörigen, meist komplizierten Spritzwerkzeuges gerechtfertigt sind. So z. B. werden für Landmaschinen Sädräder, Melkbecher, Zapfwellenschutzkappen, Mitnehmernaben, Kettenräder usw. aus Thermoplasten (Polyamid bzw. Polyäthylen) serienmäßig gefertigt. Diese Teile entsprechen der Ökonomie einer rationalen Thermoplastverarbeitung. Die Spritzzyklen für die aufgeführten Teile liegen bei 60 bis 70 s.

4.1.3. Das Formpressen

Das Formpressen wird für die Formung von Duroplasten eingesetzt. Dazu sind beheizte Stahlformen notwendig. Da die Herstellung derartiger Formen kosten- und zeitaufwendig ist, muß auch hier der Grundsatz dominierend sein, hohe Stückzahlen zu fertigen. Die Formpreßmassen setzen sich zusammen aus härtbarem Harz (z. B. Phenol-Formaldehyd; Harnstoff-Formaldehyd; Melamin-Formaldehyd usw.) und pulverigen, faserigen oder geschnitzelten Harzträgern (Asbestfasern; Asbestgarne, Glasfasern; Holz- und Baumwollfasern; Textilgewebeschnitzel; Holzschnitzel usw.). Die Harzträger sollen die Festigkeit der Preßstoffartikel steigern und müssen daher möglichst innig mit dem Harz verbunden sein. Die Preßmassen besitzen alle Voraussetzungen für den Härte-

vorgang. Auf Grund der vorausgegangenen Aufbereitung brauchen sie nur noch eine kurze Einwirkung von Wärme, um in den unschmelzbaren Härtezustand überzugehen. Man füllt die Preßmasse in eine Form und läßt Temperatur und Druck einwirken. Der Verlauf der Vorgänge in der Form vom Füllen der Form bis zum Ende der Härtezeit ist durch die zeitliche Änderung von 4 Faktoren charakterisiert: Temperatur, Druck, Fließweg und Härtung. Zur schematischen Veranschaulichung wurde von NIELSEN [5] ein Schaubild über die Vorgänge beim Heißpressen veröffentlicht (Bild 4).

Im einzelnen sind folgende Arbeitsgänge erforderlich:

- a) Aufheizen der Preßform bis auf etwa 160 °C
- b) Reinigen der Preßform mit Preßluft, um mögliche Rückstände der Form zu beseitigen
- c) Einfüllen der vorgewärmten losen oder tablettierte Preßmasse in die Preßform
- d) Schließen der Preßform
- e) Kurzes Entlüften, um die entstehenden Gase entweichen zu lassen
- f) Preßvorgang — Preßmasse wird plastisch, fließt — bedingt durch den aufgetragenen Preßdruck — in sämtliche Hohlräume ein und härtet hierbei unter Druck (50 bis 800 kp/cm²) und Temperatur (150 bis 200 °C) aus. Die Preßzeit ist abhängig von der Wanddicke des Plastteiles. Je mm Wanddicke rechnet man mit einer Preßzeit von 30 bis 60 s, so daß man etwa 60 Preßteile mit einer Wanddicke von 2 mm in einer Stunde fertigen kann.
- g) Öffnen der Form
- h) Auswerfen des Preßteiles aus der Form
- i) Entfernen des entstandenen Preßgrates.

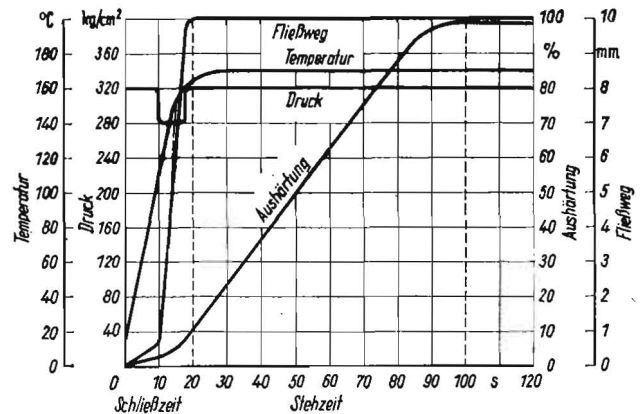


Bild 4. Vorgänge beim Heißpressen [5]

Um eine gute hochglänzende Oberfläche des Preßteiles zu erreichen, muß die Preßform poliert und evtl. hart verchromt sein. Die Mindestnutzungsdauer der Preßwerkzeuge liegt etwa bei 80 000 bis 100 000 Pressungen, sie ist von der konstruktiven Gestaltung des Preßwerkzeuges entscheidend abhängig.

4.1.4. Spangebende Bearbeitung von Halbzeugen

Die Einführung von Plasten erfordert die Kenntnis des Festigkeitsverhaltens bei thermischer und mechanischer Beanspruchung, der Chemikalienbeständigkeit und der Konstruktionsprinzipien. Die mechanische Belastung der einzelnen Elemente kann in den meisten Fällen nur in grober Annäherung angenommen werden.

Deswegen und weil der Bau einer Spritz- oder Preßform sehr arbeits- und lohnintensiv ist, macht sich der Bau von Funktionsmustern erforderlich, um eine exakte Aussage über das Praxisverhalten treffen zu können. Erst wenn die Erprobungsergebnisse die volle Funktionstüchtigkeit des Maschinenteils ausweisen, wird die Spritzform gebaut.

Funktionsmuster werden in spanabhebender Bearbeitung hergestellt. Dabei können die Festigkeitseigenschaften durch richtige Bearbeitung der Halbzeuge günstig beeinflusst werden.

Plaste sind schlechte Wärmeleiter; deshalb ist bei der Bearbeitung für eine gute Abführung der entstehenden Wärme zu sorgen. Flüssigkeitskühlung sollte man bei der Bearbei-

* Institut für Landmaschinen- und Traktorenbau Leipzig
(Direktor: Dr.-Ing. H. REICHEL)

	Duroplaste				Thermoplaste			
	Schnittgeschw.	Vorschub	Freiwinkel α	Spanwinkel μ	Schnittgeschw.	Vorschub	Freiwinkel α	Spanwinkel μ
	[m/min]	[mm/U]	[°]	[°]	[m/min]	[mm/U]	[°]	[°]
Drehen								
Schnellstahl	50...80	0,3...0,6	8...10	10...15	300...1000	0,3...0,5	10	15...20
Hartmetall	150...250	0,1...0,3						
Bohren								
Schnellstahl	40...70	0,2...0,4	—	10	30...50	0,1...0,5	—	15...20
Hartmetall	80...120							
Sägen								
Kreissäge	2500...3600	von Hand	30...40	5...8	2000	von Hand	30...40	5...8
Bandsäge	1500...2000				1200			
Fräsen								
Schnellstahl	40...50				bis 1000	0,3	25...30	25
Hartmetall	100...130 (200...1000)†	0,5...0,8	20...30	20...30				
Hobeln								
Schnellstahl	10...40	0,2...0,5	8...10	10...15	höchste	vom Werkstück abh.	15	20
Hartmetall	50...100				Geschw.			

† Mit Oberfräser

Tafel 4
Richtwerte für die spanabhebende Bearbeitung [4]

tion von Thermoplasten nicht einsetzen, da sie zum Verschmieren der Späne und zur Aufrauhung der Bearbeitungsflächen führt. Vorteilhaft ist eine Kühlung mit Druckluft. Bei der Bearbeitung von Duroplasten und Vulkanfaser sind Schneiden aus Hartmetall unerlässlich, da durch die Füllstoffe und die Preßhaut die Schneidwerkzeuge stark verschleifen. Allgemeine Richtwerte für die spanabhebende Bearbeitung sind in Tafel 4 zusammengestellt [4]

4.1.5. Das Tiefziehen

4.1.5.1. Das Vakuum-Formverfahren

Im Laufe der Entwicklung der Verarbeitungstechnik bildeten sich verschiedene Tiefzieh-Formverfahren heraus. Ob mechanisch gezogen oder pneumatisch durch Blasen oder Saugen geformt werden soll, muß von Fall zu Fall entsprechend dem zu fertigenden Teil entschieden werden. So können z. B. Teile durch mechanisches oder pneumatisches Strecken (Streckziehen) hergestellt werden, wobei auch hier wieder bestimmte Grundsätze die Wahl des Verfahrens bestimmen. Zur Verformung gelangen Folien. Diese werden an den Rändern in einen Spannrahmen gespannt und durch Infrarotstrahler in plastischen Zustand versetzt. Die Folie wird danach in die Form hineingezogen. Das Fertigformen erfolgt durch Evakuieren der Luft, die sich zwischen Folie und Form befindet. Hierdurch wird die Folie derart an die Form herangezogen, daß sich alle Konturen abbilden.

Da aber nur eine Druckdifferenz bis zu 1 at zur Verfügung steht, ist die auf diese Weise verformbare Werkstoffdicke begrenzt. Durch eine sinnvolle Kombination des „Vakuum-Formverfahrens“ mit dem „Streckziehverfahren“ lassen sich Teile mit großer Formtiefe ohne wesentliche Unterschiede in den Wandstärken herstellen.

Betrachtet man das Vakuum-Formverfahren im Vergleich zum Spritzgießverfahren, so kann man sagen, daß das Halbzug um etwa 1 MDN/kg teurer ist als das Spritzgußgranulat. Auch die Fertigungszyklen sind beim Tiefziehen im Gegensatz zum Spritzgießen größer.

Wo liegen nun die ökonomischen Vorteile des Tiefziehens? Sie liegen weder in den Material- noch in den Lohnkosten, sondern in den Werkzeug- und Investitionskosten. Vakuumtiefziehmaschinen kosten nur $\frac{1}{10}$ des Preises einer vergleichbaren Spritzgießmaschine. Da dieses Verfahren billige Formwerkzeuge ermöglicht, z. B. aus Holz, Gips oder Aluminium, erweist es sich ab 200 Tiefziehteile bereits als wirtschaftlich.

4.1.6. Aufbringen von Schutzschichten

4.1.6.1. Das Wirbelsintern

Unter Wirbelsintern versteht man ein Arbeitsverfahren zum Aufschmelzen von pulverigen Plastmassen auf Metalloberflächen. Durch Wirbelsintern lassen sich korrosionsfeste Überzüge, Isolationsschichten und verschleißmindernde Schutzschichten schaffen.

Dem Wirbelsintern metallischer Werkstücke muß eine Vorbehandlung des Haftgrundes vorangehen. Um eine gute

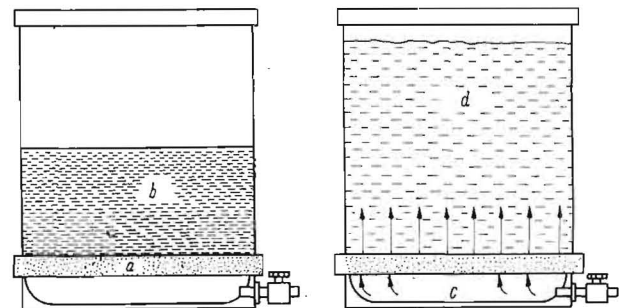


Bild 5. Wirbelsintergerät [6]: a Siebboden, b Kunststoff-Pulver, c Druckluft, d Wirbelschicht

Verankerung der aufzuschmelzenden Plastmasse auf den Haftgrund zu erreichen, ist es zweckmäßig, das Werkstück einer Sandstrahlung zu unterziehen. Somit ist das Werkstück metallisch rein und besitzt eine angeraute Oberfläche. Nach dem Sandstrahlen ist mit einem Staubsauger der verbliebene Staub aus dem Haftgrund zu entfernen. Nach der Haftgrundvorbereitung sollte sofort die Erwärmung und das Aufschmelzen beginnen, da metallisch reine Oberflächen sehr schnell oxidieren. Die Erwärmung des Werkstückes erfolgt zweckmäßig im Wärmefen bzw. durch offene Flamme, wobei man die Temperatur mit einem Antegepyrometer kontrollieren muß. Die Vorwärmtemperaturen liegen für Polyäthylen (Hochdruck) bei 250 °C, für Polyäthylen (Niederdruck) und Polyamid bei 280 °C.

Die Vorwärmtemperaturen werden von folgenden Hauptfaktoren bestimmt und sind somit nur als Richtwerte anzusehen:

- a) Schmelzpunkt des Plastepulvers bzw. -gemisches
- b) Masse und Dimensionen des Werkstückes
- c) Wärmeleitfähigkeit des Werkstückes
- d) Geforderte Schichtdicke

Bild 5 vermittelt einen Überblick über die Arbeitsweise eines Wirbelsintergerätes [6].

Der Behälterboden besteht aus einem porösen keramischen Material. Durch das Einblasen von Druckluft bzw. gasförmigen Medien wird das spezifisch leichte Pulver angehoben und durchwirbelt. In diese aufgebraute Wirbelschicht wird das vorgewärmte Werkstück eingetaucht. Die wirbelnden Plasteteilchen, die das Werkstück berühren, verschmelzen zu einer homogenen dichten Schicht. Während des Sintervorganges ist das Werkstück zu bewegen, damit eine Vielzahl der aufgewirbelten Teilchen die Werkstückoberfläche berühren können. Die Dicke der aufzusinternden Schicht ist von der Eintauchzeit, der Vorwärmtemperatur und dem Wärmeinhalt abhängig. Wenn die gewünschte Schichtdicke erreicht ist, werden die noch anhaftenden ungeschmolzenen Plasteteilchen durch Druckluft entfernt. Für Abriebschutzschichten sind Dicken von 0,08 bis 0,2 mm üblich. Als Korrosions-

schutz haben sich Schichtdicken zwischen 0,3 und 0,7 mm gut bewährt.

Beim Wirbelsintern ist zu beachten, daß Plaste-Pulver-Gemische in bestimmten Mischungsverhältnissen zündbar sind. Um Unfälle zu vermeiden, wurden vom Zentralinstitut für Schweißtechnik, Halle/Saale, Arbeitsschutzmaßnahmen für das Wirbelsintern von Niederdruckpolyäthylen und Polyamid erarbeitet. Bevor mit dem Aufbringen von Schutzschichten durch Wirbelsintern begonnen wird, muß man also die Arbeitsschutzmaßnahmen eingehend studieren.

4.1.7. Wärmespritzverfahren

Im Zentralinstitut für Schweißtechnik, Halle/Saale, sind für das Verspritzen von Plaste-Pulver (z. B. Polyamid, Polyäthylen, Polymethacrylat) sowie für Pulvergemische (z. B. Polyamid mit Polystrol) und für Plastepasten Wärmespritzgeräte entwickelt worden. Bild 6 und 7 zeigen Spritzapparaturen zum Verspritzen von Plastepulver und Plastepasten. [6]

Das Wärmespritzverfahren und das Wirbelsintern haben bestimmte Analogien. Mit dem Wärmespritzverfahren kann man ebenfalls Schutzschichten aus Plaste auf metallische Werkstücke aufbringen. Die Haftgrundvorbehandlung ist in gleicher Weise auszuführen wie beim Wirbelsintern. Das in dem Spritzgutbehälter befindliche, gut vorgetrocknete Plastepulver wird durch Druckluft über eine Schlauchleitung einer Zerstäuberdüse zugeführt. Durch die Anordnung des Ringdüsenbrenners um die Zerstäuberdüse werden die aus der Zerstäuberdüse austretenden Plasteteilchen der Wärmeinwirkung der offenen Flamme ausgesetzt, wodurch sie sich stark erwärmen. Beim Auftreffen auf den Haftgrund verbinden sie sich zu einer zusammenhängenden Schicht. Das Spritzgut läßt sich über die Druckluftregelung oder durch die richtige Auswahl der Zerstäuberdüse dosieren.

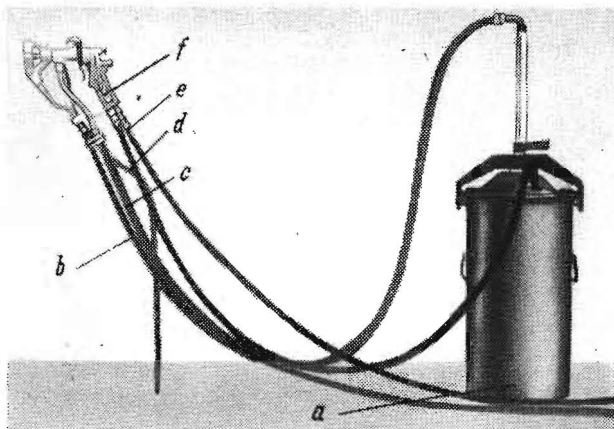
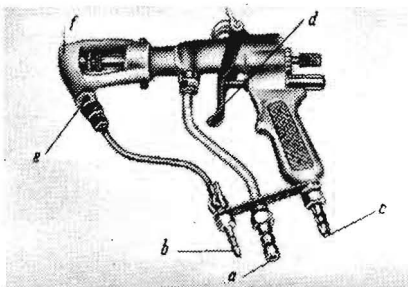


Bild 6. Spritzapparat, Typ WS III, zum Verspritzen von Plastepulver [6]; a Spritzgutbehälter (Kunststoffpulver), b Azetylen, c Pulverzuführung, d Druckluft zum Behälter, e Druckluft, f Spritzpistole

Bild 7. ZIS-Wärmespritzgerät für Plastepasten [6]; a Spritzgut (PVC-Paste), b Azetylen, c Druckluft, d Abzugshebel, e Luftansaugung, f Ringdüsenbrenner



Eine Vorwärmung des zu beschichtenden Werkstückes ist erforderlich. Sie soll möglichst in Wärmeschränken auf Temperaturen zwischen 200 und 250 °C erfolgen.

Beim Beschichten großflächiger Teile ist es zweckmäßig, zonenweise vorzugehen und dabei die „Kreuzverbundmethode“ anzuwenden. Dabei spritzt man zunächst eine Lage mit eng nebeneinander und parallel liegenden Streifen auf das Werkstück auf. Die zweite Lage wird in gleicher Weise darüber gespritzt, jedoch sind dabei die Spritzstreifen gegenüber der ersten Lage um 90° zu versetzen. In gleicher Weise – also jeweils im rechten Winkel zur vorausgegangenen Lage – werden die folgenden Lagen gespritzt, bis die gewünschte Schichtdicke erreicht ist. Als Anhaltswert kann man eine Spritzleistung von 4 bis 5 m²/h angeben, wenn eine Schichtdicke von 1 mm gefordert wurde [7]. Dabei werden etwa 15 m³ Preßluft und 1,2 bis 1,4 m³ Azetylen verbraucht. Der Preßluftüberdruck soll etwa 3 at, der Gasüberdruck etwa 0,5 at betragen.

Bei dem Verspritzen von Plastepulvern ist in geschlossenen Räumen für eine gute Be- und Entlüftung zu sorgen, da Plastepulvergemische bei bestimmten Konzentrationen zündbar sind. Obwohl diese Konzentration – bei Polyamid von 2600 bis 3500 g/m³ bei normalem Spritzablauf nicht auftreten können, ist der Spritzapparat bei ausgeschalteter Flamme nicht zu betätigen.

Literatur

- [4] Autorenkollektiv: Neue Werkstoffe für eine neue Technik. Berlin: Verlag Die Wirtschaft 1958
- [5] NIELSEN, A.: Hitzehärtbare Kunststoffe – Duroplaste – Berlin: Springer-Verlag 1952
- [6] SCHRADER, W.: Die Kunststoffverarbeitung und Schweißung. Leipzig: VEB Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie 1960
- [7] Pulverschmelzverfahren für Beschichtungen aus Kunststoff. Kunststoffberater (1965) H. 10, S. 808 bis 810 A 6566

(Teil III folgt in nächsten Heft)

VDE-Vorschriften ab 1. Januar 1966 ungültig

Zur Zurückziehung der Bestimmungen des Vorschriftenwerkes Deutscher Elektrotechniker der Kammer der Technik (VDE-Vorschriften) und Einführung des Einheitlichen Standardwerkes der Elektrotechnik der DDR. Mit Ablauf des Jahres 1965 ist die Erarbeitung des Einheitlichen Standardwerkes der Elektrotechnik im wesentlichen abgeschlossen worden. Damit wurde die besonders in der Elektrotechnik bisher vorhandene Zersplitterung normativer Festlegungen für Bau-, Sicherheits- und Prüfbestimmungen beseitigt und eine einheitliche, dem Erzeugnisgruppenprinzip entsprechende Gliederung dieser Vorschriften in einheitlich gestalteten Standards erreicht. Gleichzeitig ist dabei der technische Inhalt der teilweise schon veralteten Bestimmungen, Anordnungen, Regeln oder Richtlinien so verändert worden, daß ein den sozialistischen Produktionsverhältnissen entsprechender wissenschaftlich-technischer Vorlauf geschaffen und eine aus den wirtschaftspolitischen Erfordernissen abgeleitete Orientierung der elektrotechnischen Produktion auf den internationalen Stand der Technik gesichert wurde.

Ein Schwerpunkt bei der Schöpfung des Einheitlichen Standardwerkes der Elektrotechnik war die Ablösung des Vorschriftenwerkes Deutscher Elektrotechniker (VDE – KDT), das in der Vergangenheit von der Kammer der Technik, Fachverband Elektrotechnik, bearbeitet und herausgegeben wurde. Die überarbeiteten VDE-Vorschriften bilden zusammen mit anderen technischen Bestimmungen und mit den erforderlichen Ergänzungen das Kernstück des Einheitlichen Standardwerkes der Elektrotechnik, das als Standardwerk der DDR in die Verantwortlichkeit der fachlich zuständigen Staats- und Wirtschaftsorgane übergegangen ist. Die gesetzliche Grundlage für die erforderlichen Regelungen zur Überleitung von den alten Vorschriften zu den neuen Standards wird durch die Anordnung Nr. 403 vom 29. November 1965 geschaffen, die über die Zurückziehung des VDE-Vorschriftenwerkes vom Amt für Standardisierung herausgegeben wurde (siehe Gesetzblatt Sonderdruck ST 403 vom 31. Dezember 1965).

Hervorzuheben ist, daß es ab 1. Januar 1966 das VDE-Vorschriftenwerk der KDT nicht mehr gibt, daß aber dennoch bestimmte VDE-Vorschriften über diesen Zeitpunkt hinaus befristet gültig bleiben müssen, da bestimmte Standards erst zu einem späteren Zeitpunkt verbindlich werden können.

Die Kommission „Standardisierung“ beim FV „Elektrotechnik“ der KDT erklärte sich bereit, Anfragen zum fachlichen Inhalt von Standards des Einheitlichen Standardwerkes Elektrotechnik an die diese Standards betreuenden Fachunterausschüsse weiterzuleiten. A 6534