

# Kunststoff aus Holz

...vom Baum zum Kunststoffgranulat und zurück.



## ÖKOLOGIEUNTERRICHT KLASSE: BFK 101-T

Ein Bericht über die Herstellung von Kunststoff. Auf den ersten Blick mag das nicht sehr speziell klingen, denn könnte dies bloss ein weiterer Bericht von Vielen sein. Bedenkt man allerdings, dass es sich bei diesem Kunststoff um Kunststoff aus Holz handelt und dieser biologisch abbaubar ist, ändert dies einiges.

**ARBEIT VON:**

MINIAT SANDRO UND SCHREIER VALERIO

**In Zusammenarbeit mit:**



und



- Zu 100% biologisch abbaubar
- Bei der Verbrennung von Arboform® wird nur so viel CO<sub>2</sub> freigesetzt, wie der Baum, aus dem er besteht, in seiner Lebenszeit aufgenommen hat
- Ersatzprodukt für konventionellen Kunststoff der Zukunft
- Keine neuen Verarbeitungsanlagen von Nöten
- Bruch- und Unfallsicher wie Bisheriger Kunststoff

Besten Dank an die Firma *Tecnaro GmbH* in Illsfeld Auenstein, Deutschland, welche uns bestens beraten hat. Ebenfalls Dank an die Experten des *Klimawerkstatt*-Teams!

# Inhaltsverzeichnis

1. Warum «Kunststoff aus Holz»?	Seite 4
2. Geschichte der Firma Tecnaro GmbH in Illsfeld-Auenstein	Seite 5
3. Der konventionelle Kunststoff	Seite 6
3.1 Probleme in der Umwelt	
3.2 Recycling von Kunststoffen	
4. Einsatzgebiete konventioneller Kunststoffe	Seite 7
5. Chemische Zusammensetzung und Herstellung	Seite 8
5.1 Synthese	
5.2 Polymerisation	Seite 9
5.3 Polykodensation	
5.4 Polyaddition	
6. Technologische Einteilung	Seite 10
6.1 Thermoplaste	
6.1.1 Polyethylen (PE)	Seite 11
6.1.2 Polyvinylchlorid (PVC)	
6.1.3 Polykarbonate (PC)	
6.2 Duroplaste	Seite 12
6.2.1 Ungesättigte Polyesterharze (UP)	
6.2.2 Epoxidharze (EP)	
6.3 Elastomere	Seite 13
6.3.1 Styrol-Butadien-Gummi (SBR)	
6.3.2 Silikon-Gummi (SIR)	
6.3.3 Thermoplastische Polyurethan-Elastomere (PUR(T))	
7. Formgebung der Kunststoffe	Seite 14
7.1 Extrudieren	
7.2 Spritzgiessen	Seite 15
8. Einsatzgebiete natürlicher Kunststoffe	Seite 16
9. Arboform	Seite 18
9.1 Herstellung	
9.1.1 Lignin	
9.1.2 Zellulose	Seite 19
9.1.3 Naturharz	
10. Zukunftsprognose	Seite 20
10.1 Industrieller Nutzen	Seite 21
10.2 Und was ist mit der Nutzung im Handwerk?	
11. Vergleich ARBOFORM® mit konventionellem Kunststoff	Seite 22
12. Schlusswort	Seite 24

# 1. Warum «Kunststoff aus Holz»?

Im Ökologieunterricht der Klasse BFK 101 der technischen Berufsmaturitäts-schule des BBZ (Berufsbildungszentrum) Biel/Bienne BE ist es Teil des jährlichen Lehrplans, ein Projekt im ökologischen Bereich, seitens der Studenten und Studentinnen durchzuführen. Hierbei haben wir uns ziemlich schnell für das Thema des „natürlichen“ Kunststoffes entschieden.

Inspiziert wurden wir dabei allerdings nicht im Ökologieunterricht sondern im Chemieunterricht, wo uns unser Chemielehrer einen kurzen, informativen Film der Wissenschaftssendung „Galileo“ zeigte. Dabei ging es um eben diese Firma, die Tecnar GmbH aus Ilsfeld-Auenstein in Deutschland.

Dabei wurde kurz aber überzeugend erläutert, wie und dass es tatsächlich möglich ist eine Art Kunststoff, genannt ARBOFORM<sup>®</sup> herzustellen, welcher sich extrem umweltfreundlich verhält, egal in welcher Hinsicht. In Bezug darauf ist zu sagen, dass dieser Stoff aus dem «Abfallstoff» Lignin entsteht, welcher zum Beispiel bei der Papierherstellung im Normalfall weggeworfen wird. Es besteht also aus 100% Naturfasern und ist dementsprechend bei der Vernichtung ebenso ökologisch wie beispielsweise ein Baum. Wird der verarbeitete Kunststoff eines Tages verbrannt, wird gerade nur so viel CO<sub>2</sub> freigesetzt, wie die Pflanze, aus der die Naturfasern stammen, zuvor während ihres Wachstums aufgenommen hat.

Aus dem Urprodukt ARBOFORM<sup>®</sup> wird dann das Granulat ARBOFIL<sup>®</sup> erzeugt, welches vorschriftskonform in alle Kunststoffverarbeitungsmaschinen passt. Das Endprodukt daraus ist ein so genanntes ARBOFORM<sup>®\*</sup>. Also zum Beispiel Lenkräder, Weihnachtsschmuck, Armbanduhren, Schutzhelme, etc.

Darin sahen wir einen enormen Vorteil gegenüber dem herkömmlichen Kunststoff. Uns wurde zu dem schnell bewusst, dass die Meisten von allen noch nie etwas gehört haben, geschweige denn glauben, dass so etwas überhaupt schon möglich wäre. Unser Ziel dieses Projekts ist es, diese Technologie den Menschen etwas näher zu bringen und die Leute etwas zu sensibilisieren. So beginnt die Bekämpfung des Klimawandels im kleinen Rahmen und wer weiss, eines Tages wird diese Technologie im Markt gar überhand nehmen.

Hoffen wir nur, dass es bis dann noch nicht zu spät ist...

\* ARBOBLEND<sup>®</sup>-Werkstoffe sind vollständig biologisch abbaubar und gleichen im mechanischen Eigenschaftsprofil schlagzähen Kunststoffen (z.B. ABS). Es besteht je nach Rezeptur aus Biopolymeren, Polyhydroxialkanoaten, -butyraten, Polycaprolacton, Polyester, Stärke, Ingeo TM, Lignin, Naturharzen, -wachsen, -ölen, natürlichen Fettsäuren, Cellulose, biologischen Additiven und nat. Verstärkungsfasern.

# 2. Geschichte der Firma Tecnaro GmbH in Ilsfeld-Auenstein, Deutschland

## Die Firma Tecnaro GmbH

1998: Im Juli 1998 wurde die *Tecnaro GmbH* als Spin-Off\*<sup>1</sup> aus dem Fraunhofer-Institut Chemische Technologie (ICT) Pfinztal ausgegründet.

2000: Im Mai 2000 verlagerte *Tecnaro GmbH* den Firmensitz vom baden-württembergischen Pfinztal nach Thüringen in das Gründer- und Innovationszentrum Eisenach / Stedtfeld.

2006: Aufgrund der stetig wachsenden Nachfrage, vor allem aus dem Süddeutschen Raum, kehrt *Tecnaro GmbH* im August 2006 aus dem schönen Thüringen nach Baden-Württemberg zurück und bezieht am Standort Ilsfeld-Auenstein die neuen Räumlichkeiten für Produktion sowie Forschung und Entwicklung.

Die *Tecnaro GmbH* entwickelt, produziert und vertreibt den nachhaltigen thermoplastischen Werkstoff *ARBOFORM*<sup>®</sup> (lateinisch: *arbor* - der Baum) in einer derzeit möglichst und rasch erweiterbaren Jahresmenge von 5.000 Tonnen.



Geschäftsführende Gesellschafter Dipl.-Ing. Helmut Nägele und Jürgen Pfitzer

\*<sup>1</sup> Ableger (Technologie), die Nutzung einer Innovation oder Technologie in einem Bereich, für den sie ursprünglich nicht entwickelt worden ist.

# 3. Der konventionelle Kunststoff

## 3.1 Probleme in der Umwelt

Einerseits haben wir das Problem, dass der konventionelle Kunststoff aus Erdöl hergestellt wird, welches nach aktuellen Kenntnissen nicht unendlich vorhanden ist und in den nächsten Jahrzehnten ausgehen wird. Außerdem wird bei der Herstellung von Erdöl eine enorme Energiemenge freigesetzt, welche schon vor der Produktion von Kunststoff die Umwelt verschmutzen. Bei der Entsorgung von Kunststoff, wird dieser in den meisten Fällen verbrannt, da bis auf einige Ausnahmen (z.B. bei PET Flaschen) die Kunststoffe nicht oder noch nicht rezyklierbar sind und somit bei der Verbrennung eine Menge  $\text{CO}_2$  freigesetzt wird. Es kommt sogar so weit, dass bei unsachgemäßer Entsorgung (im Wald, im Meer etc.) die Fauna und Flora sehr gefährdet wird, wie man gut an dem Beispiel der Müllstrudel im Pazifik sehen kann.



## 3.2 Recycling von Kunststoffen

Aktuell werden einige Kunststoffe schon wiederverwertet. So zum Beispiel die Thermoplaste. Dies ist eine Untergruppe des Kunststoffes, welche wie der Name schon sagt, durch Hitze verformbar wird. Somit lässt sich ein Werkstück, welches ausgemustert wurde, oder sonst nicht mehr verwendet wird, einschmelzen und in einer neuen Form pressen. Da die Trennverfahren aus dem Hausmüll etc. noch zu kostenintensiv sind und es somit nicht wirtschaftlich vertretbar wäre, wird das Recycling nur bei wenigen Produkten verwendet.

Ein anderes Verfahren ist die Spaltung der Kunststoffe in die jeweiligem Monomere, welche danach in anderen Verfahren wiederverwendet werden können. So werden zum Beispiel Methanol und Synthesegase gewonnen.



Eine dritte Variante ist die Energiegewinnung durch die Verbrennung. Bei der Herstellung von Stahl im Hochofen wird zusätzlich Kunststoff verbrannt, da diese einen ähnlichen Heizwert wie Steinkohle haben und bei den Temperaturen im Hochofen sehr schadstoffarm verbrannt werden.

# 4. Einsatzgebiete konventioneller Kunststoffe

- Automobilindustrie
- Verpackungsindustrie
- Architektur
- Chemieindustrie
- Rüstungsindustrie

Um Kunststoffe in diesen verschiedene Einsatzgebiete zu verwenden, benötigt man diverse Eigenschaften welche das Produkt aufweisen muss. Die Kunststoffe haben auf eine geringe Dichte eine enorme Festigkeit, verglichen mit Metallen. In Verbindung mit Faserstoffen, kann ein Kunststoff auch in Extremsituationen Anwendung finden. Ein Beispiel dazu sind die neuentwickelten Kevlarhelme im Armee- und Polizeieinsatz. Eine weitere Eigenschaft von Kunststoff ist die gute Verformbarkeit. Kunststoff lässt sich gut im Tiefziehverfahren wie auch im Spritzgussverfahren verformen, um eine Stetige Form zu erhalten. Es gibt aber auch Kunststoffe welche sich nicht plastisch, sondern elastisch verformen lassen. Heutzutage findet man bei fast jeder Maschine etc Teile aus Kunststoff, ob das Gehäuse einer Handbohrmaschine (Spritzguss), die Motorenabdeckung eines Rennwagens (Kevlar- oder Karbonverbundstoff) oder einfache Abdeckungen beim Auto (Tiefziehverfahren).



# 5. Chemische Zusammensetzung und Herstellung

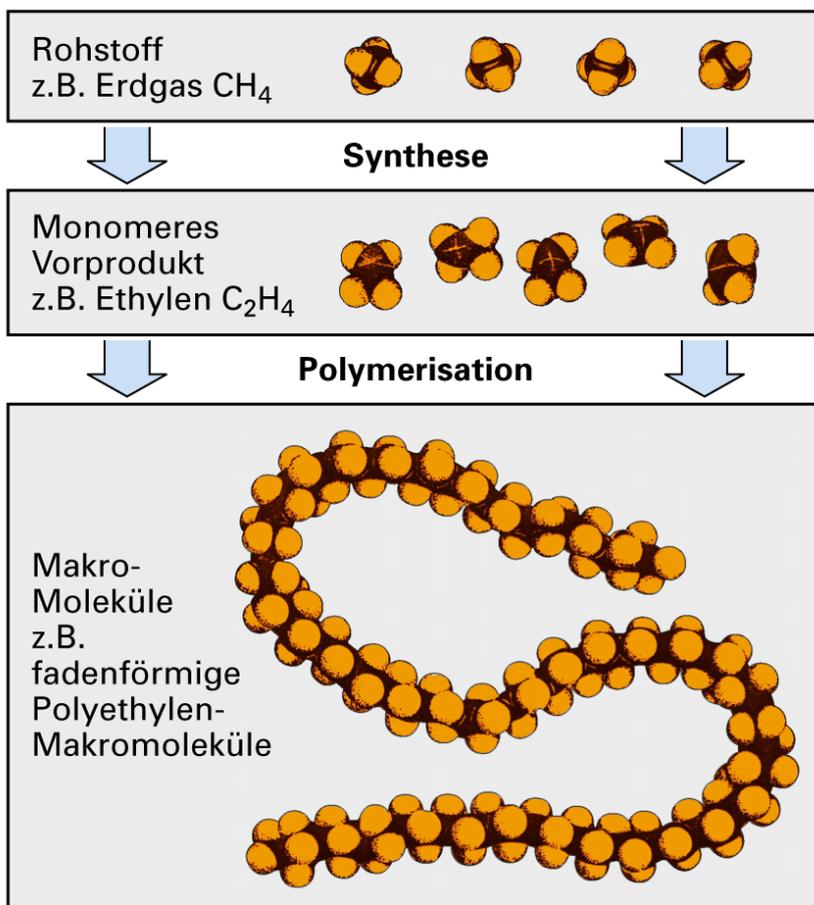
Der Hauptbestandteil von Kunststoff ist Kohlenstoff, welcher zu Makromolekülen zusammengesetzt werden.

Die Herstellung von Kunststoff gliedert sich in zwei Schritten. Sie geht von den Rohstoffen Erdöl oder Erdgas aus.

Der Rohstoff wird in ein Vorprodukt umgewandelt, welches reaktionsfähig ist. Dieses Vorprodukt wird Monomer genannt (mono = einzeln).

Danach werden tausende einzelne Monomere zu Makromoleküle zusammengesetzt. Dieses Produkt nennt man Polymer.

Die Zusammenlagerung kann durch Polymerisation, Polykondensation und durch Polyaddition erfolgen.

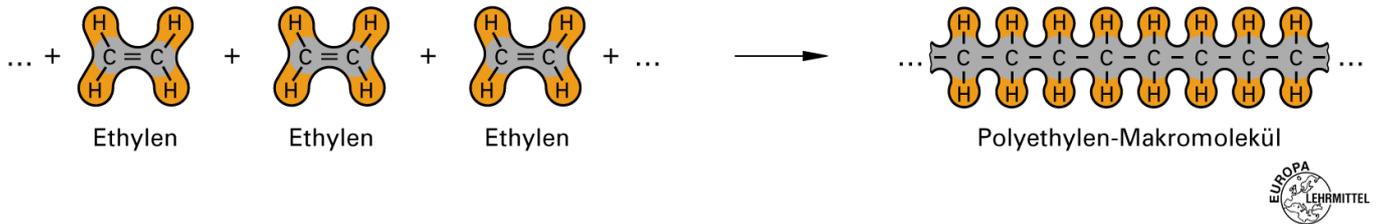


## 5.1 Synthese

Nachdem der Rohstoff in Rohbenzin und andere Teile durch Destillation zerlegt wurde, wird das Rohbenzin in Ethylen, Propylen und andere Kohlenwasserstoffverbindungen durch Cracken (Spaltprozess) auseinandergelassen.

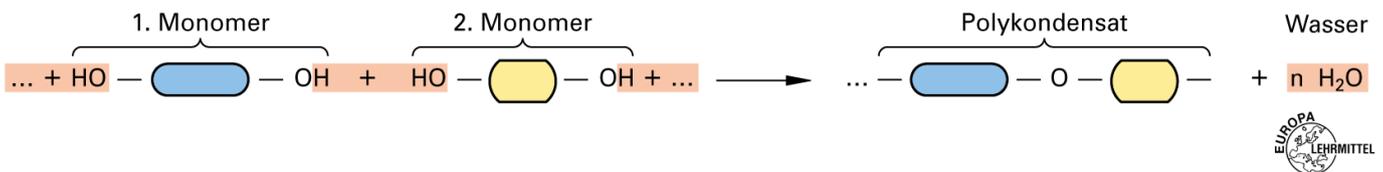
## 5.2 Polymerisation

Bei der Polymerisation werden die Doppelbindungen beim C-Atom aufgehoben, damit sich ein Makromolekül bilden kann.



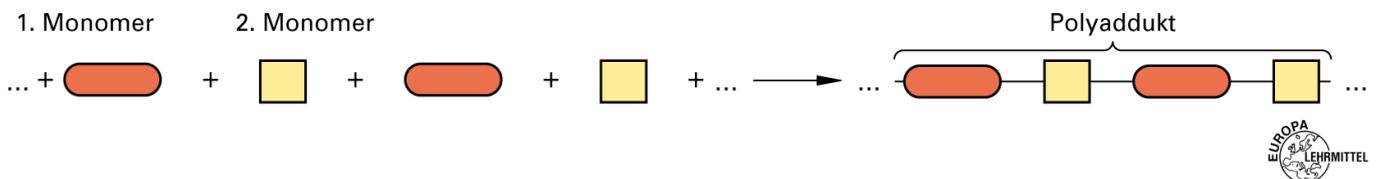
## 5.3 Polykondensation

Hier werden niedermolekulare Stoffe (z.B.  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{NH}_3$ ) abgespalten, damit sich Makromoleküle bilden können.



## 5.4 Polyaddition

Bei der Polymerisation werden Makromoleküle ohne Abspaltung eines Nebenproduktes gebildet.



# 6. Technologische Einteilung

Kunststoffe werden in drei Gruppen unterteilt, diese werden durch ihre innere Struktur und ihre Eigenschaft bei der Erwärmung definiert.

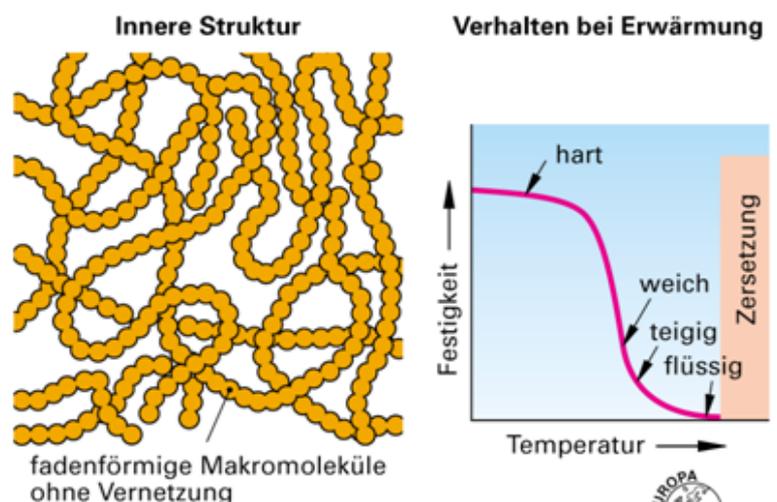


## 6.1 Thermoplaste:

Diese Kunststoffe werden beim Erwärmen weich. Aus diesem Grund werden sie Thermoplaste (thermos = warm; plasto = bilden) genannt.

Thermoplaste sind warm verform- und schweißbar.

Diese Kunststoffgruppe wird in der Industrie am häufigsten verwendet. Durch die Spritzgusstechnik ist es die kostengünstigste Fertigung von Masenteilen.



### 6.1.1 Polyethylen (PE)

Eigenschaften: Farblos, wachsartige, gleitfähige Oberfläche. Formsteif bis 80°C, beständig gegen Säuren und Laugen. Massenkunststoff mit niedrigem Preis.

Verwendung:

Niederdruck-Polyethylen (Steif, schwer biegsam):

Behälter, Rohre, Tanks, Lagerringe

Hochdruck-Polyethylen (Weich, leicht biegsam):

Schläuche, elastische Folien zum Verpacken und Schrumpfen



### 6.1.2 Polyvinylchlorid (PVC)

Eigenschaften: Farblos, chemikalienbeständig.

Verwendung:

Hart-PVC (Hart, zäh, schwer zerbrechlich):  
Abwasserrohre, Gehäuse, Fensterrahmen, Ventile

Weich-PVC (Weichgummielastisch oder lederartig): Kunstleder, Schläuche, Stiefel, Schutzhandschuhe, Kabelummantelungen



### 6.1.3 Polykarbonate (PC)

Eigenschaften:

Glasklar, lichtecht, unverzerrte Durchsicht. Hohe Festigkeit, schlagzäh, unzerbrechlich. Beständig gegen verdünnte Säuren und Laugen. Formbeständigkeit in der Wärme, hohe Masshaltigkeit, gute elektrische Isolation, gute Verarbeitbarkeit durch Spritzgießen. Dichte  $\rho = 1.2 \text{ kg/dm}^3$  (halb so schwer wie Fensterglas)

Verwendung:

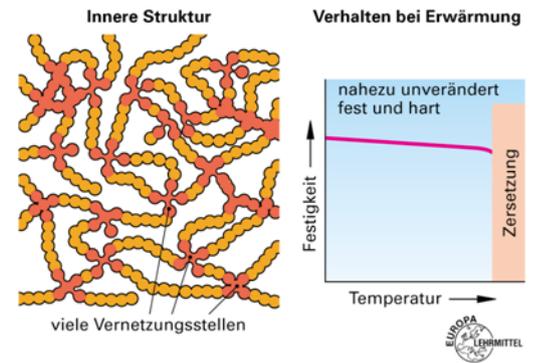
Unzerbrechliche Verglasung, Lüfter, elektrische Schalter und Stecker, Zeichengeräte.



## 6.2 Duroplaste:

Die Struktur der Duroplaste hat im Gegensatz zu den Thermoplasten viele Verbindungsstellen. Da diese eine Verschiebung der Moleküle nicht zulassen, ist die Veränderung des mechanischen Verhaltens nur sehr gering. Beim Erreichen der Zersetzungstemperatur, zersetzt sich die Duroplaste ohne flüssig zu werden. Duroplaste sind nicht verformbar und nicht schweißbar.

Duroplaste gibt es in Form von Fertigteile und als Vorprodukt (flüssig). Sind die Produkte einmal ausgehärtet, können sie nicht mehr umgeformt werden. Duroplaste können bis zu 220°C formbeständig sein.



### 6.2.1 Ungesättigte Polyesterharze (UP)

#### Eigenschaften:

Farblos, glasklar mit Oberflächenglanz. Von hart und spröde bis zäh und elastisch. Als flüssiges Harz gute Haftfähigkeit und Vergießbarkeit. Beständig gegen Kraftstoffe, sowie verdünnte Säuren und Laugen.

#### Verwendung:

Basisharz für glasfaserverstärkte Kunststoff-Bauteile, Klebharz für Metalle, Lackharz für kratzfeste Lacke, Giessharz für Modelle, Ausgangsharz für Fasern.



### 6.2.2 Epoxidharze (EP)

#### Eigenschaften:

Farblos bis honiggelb. Hartelastisch, schlagzäh. Klebend auf Metallen, gut vergießbar. Beständig gegen schwache Säuren, Laugen, Salzlösungen und Lösungsmittel. Temperaturbeständig bis 180°C.

#### Verwendung:

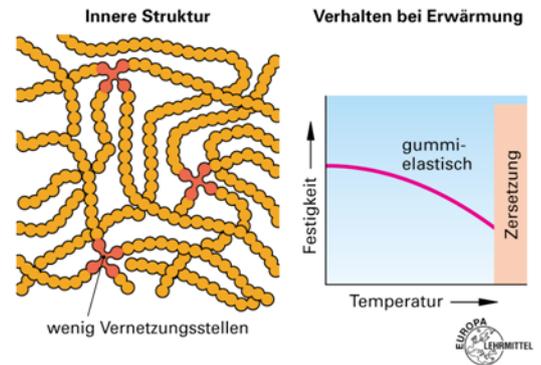
Als Klebharz, Lackharz und Giessharz, sowie als Bindeharz für Formmassen, Giesserei-Formsandkerne und glasfaserverstärkte Kunststoffe.



## 6.3 Elastomere:

Elastomere bestehen aus einer Struktur von ineinander verknäuelten Molekülen, welche an wenigen Stellen zusammen verbunden sind. Somit sind sie elastisch verformbar.

Elastomere sind gummielastisch, sowie nicht warm verformbar und nicht schweisbar.



### 6.3.1 Styrol-Butadien-Gummi (SBR)

#### Eigenschaften:

Gute Abriebfestigkeit, hohe Wärme- und Alterungsbeständigkeit, gute Elastizität.

#### Verwendung:

SBR-Gummi wird hauptsächlich in der Reifenproduktion verwendet. Ein Reifen besteht etwa aus 42% SBR.

Weitere Anwendungen sind Radialdichtringe, Fugenfüllmasse, Manschetten und Gummipuffer.

### 6.3.2 Silikon-Gummi (SIR)

#### Eigenschaften:

Gute Abriebfestigkeit, hohe Wärme- und Alterungsbeständigkeit, gute Elastizität.

#### Verwendung:

SBR-Gummi wird hauptsächlich in der Reifenproduktion verwendet. Ein Reifen besteht etwa aus 42% SBR.

Weitere Anwendungen sind Radialdichtringe, Fugenfüllmasse, Manschetten und Gummipuffer.

### 6.3.1 Thermoplastische Polyurethan-Elastomere (PUR(T))

#### Eigenschaften:

Hohe Verschleißfestigkeit, chemische Beständigkeit, herstellbar mit unterschiedlicher Härte.

#### Verwendung:

Rollen, Zahnräder, Skistiefel, Kabelummantelungen, Schläuche

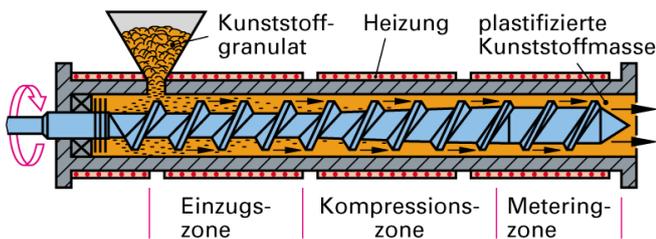
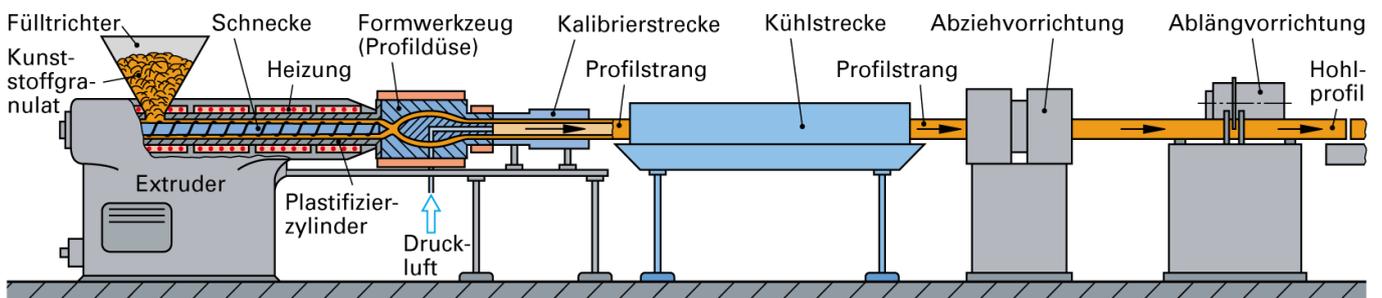


# 7. Formgebung der Kunststoffe

Thermoplaste und Elastomere werden mittels Granulat und die Duroplaste als Pulver oder Flüssigkeit vom Kunststoffhersteller hergestellt. Um diese Grundstoffe in die gewünschte Form zu bringen, gibt es diverse Varianten.

## 7.1 Extrudieren

Durch das Extrudieren werden kontinuierliche Kunststoffstränge hergestellt. Dadurch

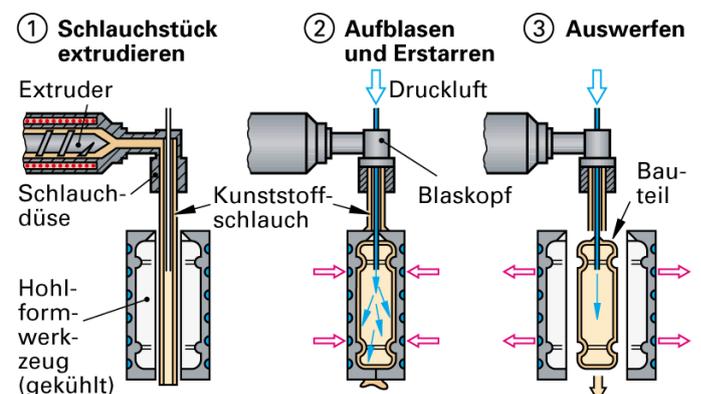


werden z.B. Rohre, Folien und Stangen hergestellt.

Ein Extruder ist eine stetig arbeitende, beheizte Schneckenstrangpresse. Das Ausgangsgranulat wird im Extruder erwärmt und danach verdichtet, bis sämtliche Luft-

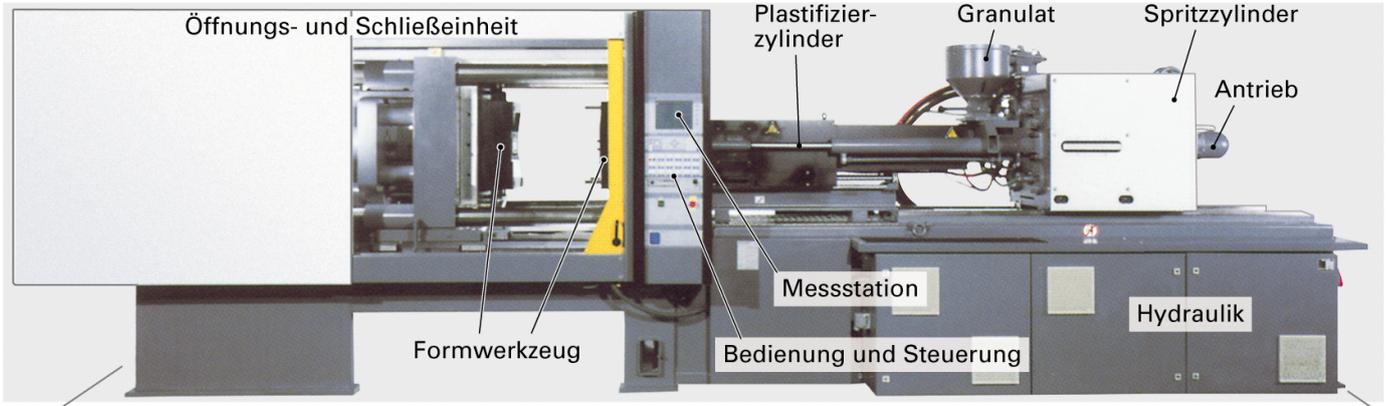
einschlüsse aus der Kunststoffmasse entfernt sind. Die Schnecke erzeugt einen Arbeitsdruck, welcher den Kunststoff in die Profildüse, wo der Strang austritt. Danach wird das Profil noch abgekühlt. Durch das Auswechseln der Profildüse, können die verschiedensten Halbzeuge hergestellt werden.

Durch das Extrusionsblasen können Hohlkörper wie Tanks, Fässer und Kanister hergestellt werden.

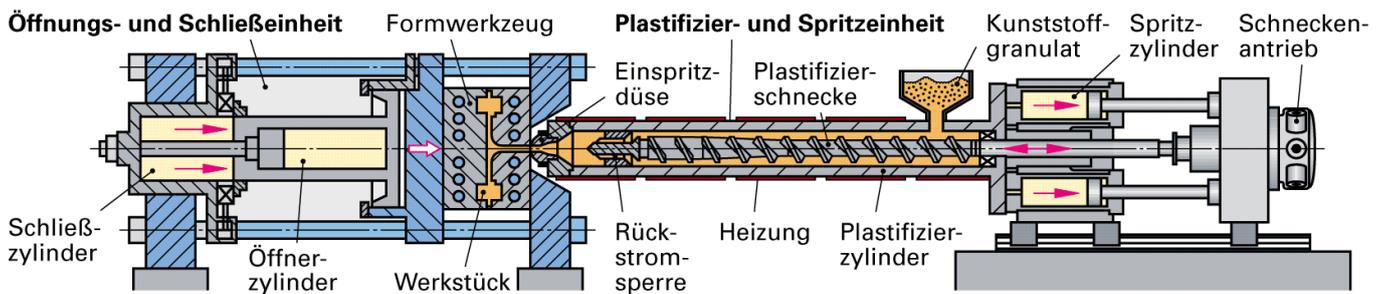


## 7.2 Spritzgiessen

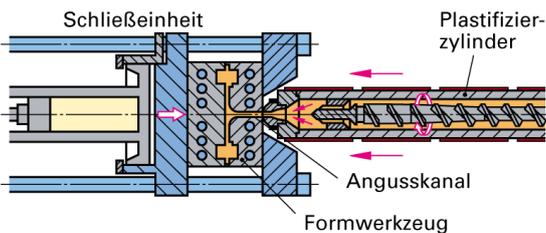
Durch das Spritzgiessen können sehr komplizierte Formteile in nur einem Arbeitsschritt gefertigt werden. Die Formteile müssen nicht oder nur gering nachgearbeitet werden. Dieses Verfahren bietet die Möglichkeit, vollautomatisiert eine grosse Menge an Formteilen herzustellen.



**Schnitt durch die Spritzgießmaschine**  
(Werkzeug ist geschlossen und Formmasse wird eingespritzt)

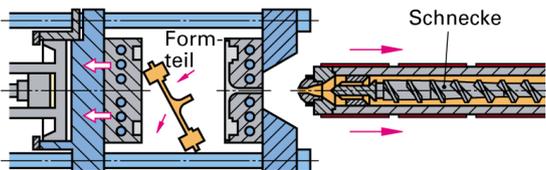


### ① Werkzeug geschlossen, Formmasse einspritzen



1. Der Kunststoff wird in den Hohlraum, welcher die Gegenform des Formteils hat, gepresst. Bei diesem Schritt sind beide Negativteile zusammengepresst.

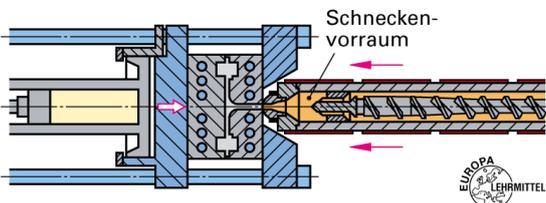
### ② Kühlen und Formteil auswerfen



2. Danach wird der Kunststoff gekühlt und das fertige Formteil wird ausgeworfen.

3. Werkzeug wird wieder geschlossen und Prozess wird wiederholt.

### ③ Werkzeug schließen, Zylinder heranzufahren



# 8. Einsatzgebiete natürlicher Kunststoffe

Die Palette der Einsatzgebiete ist bereits riesig. Verschiedenste Anwendungen finden in der Automobilbranche statt. Überall da, wo man Holz in Innenraum eines edler ausgestatteten Autos sehen kann ist seit unlängst der Einsatz von natürlichen Kunststoff immer beliebter. Die Herstellung ist billiger und es muss kein geschütztes Tropenholz mehr herhalten, wie etwa Mahagoni, etc.

Des Weiteren ist in der Baubranche die Verwendung von ARBOFORM® in Form von Platten, Parkett, Handläufe und Fensterprofile oft der Fall. Rechts sieht man ein Edelholz furnier auf einem ARBOFORM®-Träger.



Auch in der Elektronik ist es nicht selten der Fall, dass gewisse elektronische Bauteile in ARBOFORM®-Form zum Einsatz kommen. Dies daher, weil Die Elektrische Leitfähigkeit einer Standardrezeptur des thermoplastischen Werkstoffs ARBOFORM® bereits im Bereich von duroplastischen toxischen Phenolharzwerkstoffen, welche bisher für elektronische Bauteile eingesetzt werden, liegt. Diese Weiterentwicklung lässt daher ein großes Potential erwarten.

Als Gebrauchsgegenstände sind Messergriffe, Bleistifte, Käämme, Jetons für Einkaufswagen usw. ein immer mehr aufkommendes Phänomen. Der Grund dafür ist, dass ARBOFORM® eine warme Holzoptik besitzt, deshalb sind Produkte, die längere Zeit in Hautkontakt sind, prädestiniert.

Weiter in einem ähnlichen Bereich, welcher zwar auch zu Gebrauchsgegenständen zählt, aber evtl. nicht von jedem täglich genutzt werden sind Messgeräte, Armbanduh-



rengehäuse "Wood Watch" oder auch Gewehrschäfte von Jagdwaffen. ARBOFORM® weist nämlich einen sehr geringen Formschwund auf. Deshalb sind sehr enge Fertigungstoleranzen realisierbar. Wandstärkensprünge von z.B. 1 mm auf 50 mm stellt im Gegensatz zu Kunststoffen, die hier Einfallstellen verursachen, kein Problem dar. Aus ARBOFORM® können präzise Spritzgießteile hergestellt werden.

Im Bereich Möbel und Wohnen bieten viele Verkäufer ihren Kunden auch bereits einiges an natürlichem Kunststoff. Bei designorientierten Produkten, in denen Kunststoff zwar durch die freie Formbarkeit einem Holzwerkstoff überlegen sein müsste, aber wegen der fehlenden Wertigkeit dennoch nicht eingesetzt wird, ergibt sich ein Einsatzgebiet von ARBOFORM®. Futuristische Möbel mit z. B. hochpräzisen Intarsienarbeiten können mit Hilfe von ARBOFORM® auf wirtschaftliche Weise in Grossserien hergestellt werden. Verbindungselemente im Möbelbau sind meist aus Holz oder Metall. Kunststoff ist duktil und deshalb für dauerbelastete Stifte untauglich. Ein Stift aus ARBOFORM® dagegen hält der auftretenden maximalen Belastung stand oder er bricht, so dass der Stift entsprechend größer dimensioniert werden muss. Wichtig ist aber, dass der Werkstoff unter einer Belastung nicht wegfließt. Des Weiteren können ARBOFORM® Komponenten oder Verbindungselemente im Gegensatz zu Metallen sortenrein und leicht spanend weiterverarbeitet werden. Dies ist für eine unproblematische Montage sehr hilfreich. ARBOFORM® Spanabfälle können im Gegensatz zu Kunststoff, Spanplatten oder Schichtpressholz bedenkenlos wie gewachsenes Holz verbrannt werden.

Für die Musikinstrumentenbranche gelten Holzinstrumente nach wie vor als höchst qualitativ. Durch den Einsatz von ARBOFORM® in der Spritzgieß- oder Presstechnologie sind die Prozesskosten zur Herstellung eines Formteils wesentlich niedriger, da die herkömmliche, aufwendige spanende Bearbeitung von Vollholz oder von Schichtpresshölzern komplett entfällt. Durch die hohe Abformgenauigkeit von ARBOFORM® ist es nun reproduzierbar möglich, Holzinstrumente in sehr hoher Präzision herzustellen. Die Akustik von ARBOFORM® Instrumenten wurde bereits von mehreren Experten als hervorragend bewertet.

Im Schmuckbereich spricht das ansprechende Äußere und die physiologische Unbedenklichkeit des Werkstoffs ARBOFORM® für sich und eröffnet auch für Zier- und Schmuckteile neue Horizonte. Es sind nun aus dem warmen Werkstoff Holz nicht nur schlichte Formen, sondern Produkte mit ästhetischem Design möglich.

Schach- oder Krippenfiguren, Bauklötze, Zubehör für originalgetreue Modelleisenbahnen.

Aber auch in der Spielwarenabteilung hat sich was getan. Hierzu wurde nun in Form des Zertifikats EN 71 (Teil 3) aus der Lebensmittelechtheitsprüfung ein Meilenstein erreicht. Bei diesem sogenannten "Lutschtest" für Kinderspielzeug liegen die Messungen des Werkstoffs ARBOFORM® nicht nur unterhalb der zulässigen Grenzwerte, sondern allesamt unterhalb der Nachweisgrenze der geprüften gefährlichen Substanzen.

Zum Schluss hat nun auch der Gartenbau und –bereich für den Heimwerker einen Zuwachs im Angebot erhalten. ARBOFORM® ist in seinen Produkteigenschaften doppelseitig variierbar. So ist es möglich, aus ARBOFORM® Produkte herzustellen, die bei Wasserlagerung unter Raumtemperatur nur unmerklich Wasser aufnehmen und formstabil bleiben. Es ist auch möglich, aus modifiziertem ARBOFORM® Produkte herzustellen, die sich innerhalb weniger Stunden in Wasser zersetzen.

# 9. ARBOFORM®

## 9.1 Herstellung

ARBOFORM® wird aus natürlichen, nachwachsenden Grundstoffen hergestellt. Die Hauptbestandteile sind Lignin, Zellulosefasern und diverse Harze. Je nach geforderten Eigenschaften des Kunststoffes ändert sich diese Zusammensetzung.

### 9.1.1 Lignin

#### Eigenschaften:

Braun gefärbt, fest bis spröde, fast vollständige UV Absorption. Lignin ist hydrophob, es ist somit biologisch und chemisch sehr schwer abbaubar.

#### Zusammensetzung:

Lignin besitzt eine dreidimensionale, komplexe Struktur aus Molekülen. Je nach Holzart, setzt sich eine Struktur aus den folgenden Basisbausteinen zusammen. Cumarylalkohol ( $C_9H_{10}O_2$ ), Coniferylalkohol ( $C_{10}H_{12}O_3$ ), Sinapylalkohol ( $C_{11}H_{14}O_4$ ).

#### Vorkommen:



Lignin ist ein Biopolymer und kommt hauptsächlich in Bäumen vor. In der Natur werden rund 20 Milliarden Tonnen Lignine pro Jahr produziert. Für die industrielle Herstellung von ARBOFORM® werden ungefähr 50 Millionen Tonnen Lignin jährlich aus den Abfällen der Papierherstellung gewonnen.

Nadelholz	27-32 % *
Birkenholz	19-20 % *
Buchenholz	22-23 % *

\* Anteil Lignin in Bäumen



## 9.1.2 Zellulose

### Eigenschaften:

Weisses, geruchsloses Pulver oder Faserförmig. Nicht Lösbar in Wasser und den meisten organischen Lösungsmittel. Jedoch durch chemische Lösungsmittel löslich.

### Zusammensetzung:

Zellulose besteht im grössten Teil aus Glucose ( $C_6H_{12}O_6$ ).

### Vorkommen:

Zellulose kommt in fast allen Pflanzen vor (z.B. Lignozellulose in Holz).

Zelluloseanteil in Bäumen liegt zwischen 45% und 60%. Für ARBOFORM® werden zum grössten Teil Zellulose aus Flachs und Hanf verwendet.



## 9.1.3 Naturharz

Naturharz ist eine nicht wasserlösliche Flüssigkeit, welche von Pflanzen produziert werden. Mit diesen Ausscheidungen versuchen Bäume, ihre Verletzungen zu verschliessen. Heute werden diese Harze in der Industrie meist durch Kunstharze ersetzt.



# 10. Zukunftsprognose

Holz ist gut für die Herstellung von diversen Möbeln, Papier und Karton, Gehäusen von elektronischen Geräten, Verzierungen im (und früher am) Auto, und, und, und... Somit ist es also ein natürlicher Bestandteil des Alltags. Es diente bereits unseren Vorfahren als einen der wertvollsten Rohstoffen im Haus-/Hüttenbau, zum warm halten der Innenräume, zum erhellen der Dunkelheit in der Nacht und zum verscheuchen der wilden Tiere, welche von den Essensresten der Dorfbewohner entstanden und so weiter.

Dieser Rohstoff mutierte in der modernen Gesellschaft immer mehr zu einem Stoff, der gerade gut zum verbrauchen ist und somit hatte es sich. In den Köpfen vieler herrscht der Gedanke, dass Holz gut ist und immer vorhanden, den es heißt ja: nachhaltiger Rohstoff. Doch sollten wir vorsichtig sein mit solchen Gedanken. Holz ist zwar nicht fossil, aber es wird mehr verbraucht, als wieder angepflanzt. Daher wurde es langsam Zeit Holz auch in Form eines wiederverwendbaren Stoffes zu produzieren und letztendlich so zu nutzen.



Vor ungefähr 10 Jahren wurde die Firma Tecnaro GmbH gegründet, welche genau diesem Problem versuchte zu lösen. Sie fanden heraus, dass man durch gewisse Stoffe, welche zum Beispiel bei der Papierherstellung als Abfallstoffe weggeworfen werden, neue Stoffe herstellen kann, welche eines Tages durch den ehemaligen Kunststoff, der zu über 95% aus fossilen Rohstoffen besteht, ersetzt werden kann. Daher wird und ist dies bereits ein ernstzunehmendes Thema... Der Sinn der Sache ist ja, den herkömmlichen Kunststoff durch den neuen ARBOFORM® zu ersetzen. Dieser soll ebenso widerstandsfähig und bruchstark werden wie der momentane. Letztendes soll Arboform® den Markt übernehmen und so eine sauberere Herstellung gewähren. Ob und wie die umgesetzt wird ist noch fraglich, doch wird man die Hoffnung darauf bestimmt nicht so schnell verlieren.



Wo aber genau kommt denn nun das Material ARBOFORM® genau zum Einsatz?

### 10.1 Industrieller Nutzen:

ARBOFORM® ist das einzige Holz, das man per Spritzguss verarbeiten kann. Außerdem ist es hitzebeständig und besitzt hervorragende Schwundeigenschaften. Damit ist der industriellen Verarbeitung nahezu keine Grenze gesetzt. Josef Rommler, Geschäftsführer von KWM Kunststoff- und Formteile GmbH aus Merklingen, hat Erfahrung in der Verarbeitung des Materials. Er produziert zum Beispiel Lautsprecher oder Rückenlehnen für Bürostühle: «Wir sind sehr zufrieden mit ARBOFORM®», sagt er. Sein Kollege Günter Strifler weist darauf hin, dass ARBOFORM® geschliffen oder gesägt werden kann. «Riskant wird es aber, wenn das Material bei zu hoher Drehzahl oder mit einem groben Sägeblatt bearbeitet wird. Unter diesen Umständen besteht die Möglichkeit, dass es bröckelt oder bricht.» Rommler ergänzt: «Die Verarbeitung von ARBOFORM® benötigt viel Erfahrung und Wissen über die Herstellung von Spritzgussprodukten.»

### 10.2 Und was ist mit der Nutzung im Handwerk?

Da Spritzguss nur für große Stückzahlen interessant ist und ein Know-how verlangt, das im handwerklichen Betrieb selten zu finden ist, wird ARBOFORM® in näherer Zukunft ein Thema der Großindustrie bleiben. Allenfalls Halbzeuge\* könnten den Weg zum holzverarbeitenden Anwender finden.



\* Halbzeug ist der Oberbegriff für vorgefertigte Rohmaterialformen wie beispielsweise Bleche, Stangen, Rohre, etc.

# 11. Vergleich ARBOFORM® mit konventionellem Kunststoff

ARBOFORM® ist die ökologische, ästhetische und dennoch technisch hochwertige Alternative für gebräuchliche Kunststoffprodukte.

ARBOFORM® ist durch die kunststoffspezifische Verarbeitung eine preiswerte und hoch präzise Variante für spanend hergestellte Schichtpressholz-, MDF- oder Pressspanformteile. Zudem ist ARBOFORM® ökologisch sauber, was eine umweltgerechte Fertigung und Entsorgung gegenüber diesen mit toxischen Leimen gebundenen Holzwerkstoffen gewährleistet.

Gegenüber teureren Massivholzformteilen, welche zudem oft aus Tropenholz hergestellt sind, kommt die freie exakte Gestaltbarkeit von ARBOFORM® im Vergleich zu den herkömmlichen, eher schlichten Holzformen zum Tragen.

Für die meisten Anwendungen ist neben der ansprechenden natürlichen Oberfläche ein kostengünstiges Veredeln mit Echtholz furnier oder gar dreidimensionalen hoch präzisen Intarsienarbeiten\* zu moderaten Preisen möglich.

Nebenstehen ist eine Tabelle zusehen, welche aufzeigt, wie sich der natürliche Kunststoff ARBOFORM® gegenüber dem konventionellem Kunststoff des Marktes verhält. Es ist deutlich zu sehen, dass der konventionelle Kunststoff hier meistens schlechter, oder gleich gut abschneiden und zwar in allen Bereichen. Dies macht deutlich, dass ARBOFORM® sehr resistent und nicht anfällig für Brüche, etc. ist. Jedenfalls nicht mehr als der Konventionelle. Zudem ist unten in blau eine Begriffserklärung für den verwendeten Begriff „Intarsiearbeiten“ nachzuschlagen.



	Massenkunststoffe			Technische Kunststoffe		
	PE (LD, HD, LLD)	PP (unverst.)	PS	ARBO-FORM®	PA 66 (unverst.)	Holz (Buche, quer)
Bruchspannung [N/mm <sup>2</sup> ]	8 - 30	30 - 40	45 - 65	15 - 20	65	7
Zug-E-Modul [N/mm <sup>2</sup> ]	50 - 500	600 - 1'700	1'200 - 3'300	<b>2'000 - 6'000</b>	2'000	1'500
Bruchdehnung [%]	100 - 900	bis 800	3 - 4	0,3 - 0,8	200	—
Schlagzähigkeit [kJ/m <sup>2</sup> ]	o. Br.	20	13 - 20	2 - 5	o. Br.	—
Formbeständigkeit nach Vicat/B [°C]	40 - 65	110 - 130	78 - 99	80 - 95	200	—
lin. Ausdehnungskoeff. [1/K]	170 - 200*10 <sup>-6</sup>	100 - 200*10 <sup>-6</sup>	70*10 <sup>-6</sup>	<b>18 - 50*10<sup>-6</sup></b>	80*10 <sup>-6</sup>	<b>45*10<sup>-6</sup></b>

\* Bei einer **Intarsie** (von italienisch *intarsiare* = einlegen) handelt es sich um eine Dekorationstechnik, bei der auf einer planen Oberfläche verschiedene Hölzer so in- oder aneinander gelegt werden, dass wieder eine ebene Fläche entsteht, die aber nun verschiedenfarbige und unterschiedlich strukturierte Einschlüsse enthält. Das Trägermaterial erfährt dabei keine plastische Ausformung (Ausnahme: Reliefintarsie im 16. Jahrhundert), da die eingelegten Holzstückchen bündig mit der Oberfläche abschließen. Nach strenger Definition - im täglichen Sprachgebrauch jedoch nicht durchsetzbar - dürfen nur Einlegearbeiten aus Holz, nicht aber Metall, Schildpatt, Perlmutter oder Stein als Intarsien bezeichnet werden. Letztere zählen zu den Inkrustationen, von denen (Holz-)Intarsien ebenfalls nur eine Untergruppe darstellen. Wenn auch bei (Holz-)Intarsien andere Materialien, wie z. B. Metallnägeln, Leim oder Firnis hinzukommen können, so ist die Holzichtigkeit des Materials entscheidend (vgl. Fleming/Honour 1980, Eintrag: Intarsia).

# 12. Schlusswort

Nun sind Sie am Ende unseres Skripts angelangt und haben hoffentlich etwas neues vermitteln bekommen. ARBOFORM® ist ein aufgehender Stern am Himmelszelt des Wirtschaftsmarktes und wird hoffentlich immer scheinen, sowie immer stärker wahrzunehmen sein. Es ist sicherlich schön und gut zu wissen, dass gerade in solchen Zeiten, in denen es immer mehr um Ressourcen geht und man täglich hört, dass nun da und dort wieder eine Wasser-, Öl- oder sonstige Rohstoffknappheit zu Tage tritt ein Unternehmen sich diesem Fakt zu widersetzen versucht und es teilweise auch zu schaffen scheint.

In diesem Sinne hoffen wir Ihnen einen weiterbildenden Input gegeben zu haben und bedanken uns bei Ihnen für Ihr Interesse.

Mit freundlichen Grüßen und bestem Dank

Die Autoren **Valerio M. Schreier** und **Sandro Miniat**

---

Valerio M. Schreier



---

Sandro Miniat



