

# Polystone®

## Thermoplastische Kunststoffe

## Thermoplastics

## Les thermoplastiques

### Technische Informationen

### Manual

### Informations techniques

**Gliederung der Thermoplaste**  
Die Thermoplaste werden unterteilt in zwei Gruppen:  
– amorphe Thermoplaste, z.B. PS, PVC, PMMA, PC  
– semi-kristalline Thermoplaste, z.B. PE, PP, POM, PA

**Structure**  
Thermoplastics form two groups:  
– amorphous thermoplastics e.g. PS, PVC, PMMA, PC  
– semi-crystalline thermoplastics e.g. PE, PP, POM, PA

	Polystone® M-natur M-natural PE-UHMW PE 1000	Polystone® M-antistatisch M-antistatic PE-UHMW PE 1000	Polystone® D-natur D-natural PE-HMW PE 500	Polystone® G-schwarz G-black G-noir PE-HD PE 300	Polystone® G-natur G-natural PE-HD PE 300	Polystone® P-grau P-grey PP (homo) gepr./press	Polystone® P-natur / grau P-natural / grey PP (copo) extr.
m³	0,93	0,95	0,952	0,953	0,945	0,91	0,9
l./m.	4–8	> 4	> 0,5	> 0,25	> 0,25	–	–
l./mm²	≥ 20	≥ 20					
N/mm²	≥ 40	≥ 30					
%	> 350	> 300					
N/mm²	20	–					
	700	700					

**Die Eigenschaften der Thermoplaste**  
**Characteristics of thermoplastics**  
**Propriétés des thermoplastiques**

**Verhalten gegenüber Wasserdampf und Gasen**  
(Permeation)  
Polyethylen und Polypropylen sind wasserabweisend. Sie quellen nicht bei Wasserlagerung. Eine geringe Wasseraufnahme ist bei stark pigmentierten oder gefüllten Typen zu erwarten.

**Resistance to water vapour and gases**  
(Permeation)  
Polyethylene and polypropylene are water-repellent. They do not swell when stored in water. Slight absorption will be noted with strongly pigmented or filled types. There is a certain permeability to gases: for water vapour this is very slight, but very high for O<sub>2</sub> and CO<sub>2</sub>, as well as for other gaseous substances. Please ask us for precise data on permeability.

# Polystone® – Anwenderhandbuch, Inhaltsverzeichnis

## Polystone® – manual, list of contents

### Polystone® – manuel d'utilisation, table des matières

<b>3 Einführung</b>	<b>3 Introduction</b>	<b>3 Introduction</b>
<b>4 Die thermoplastischen Kunststoffe</b>	<b>4 Thermoplastics</b>	<b>4 Les thermoplastiques</b>
4 Thermoplastische Kunststoffe allgemein	4 Thermoplastics in general	4 Généralités
4 Begriffserklärung Thermoplaste	4 Thermoplastics – a definition	4 Définition
4 Gliederung der Thermoplaste	4 Structure of thermoplastics	4 Classification
4 Amorphe Thermoplaste	4 Amorphous thermoplastics	4 Thermoplastiques amorphes
4 Teilkristalline Thermoplaste	4 Semi-crystalline thermoplastics	4 Thermoplastiques semi-cristallins
5 Verhalten der Thermoplaste in Abhängigkeit von der Temperatur	5 Thermoplastic behaviour at different temperatures	5 Comportement des thermoplastiques en fonction de la température
<b>7 Teilkristalline Thermoplaste</b>	<b>6 Semi-crystalline thermoplastics</b>	<b>6 Les thermoplastiques semi-cristallins</b>
7 Die teilkristallinen Kunststoffe im Detail	7 Semi-crystalline plastics in detail	7 Présentation détaillée
7 Polyethylen (PE)	7 Polyethylene (PE)	7 Polyéthylène (PE)
7 Allgemeines	7 General	7 Généralités
8 PE im Anwendungsbeispiel Behälterbau	8 An example of PE in use: tank construction	8 Exemple d'application du PE: les réservoirs
9 Das Polypropylen (PP)	8 Polypropylene (PP)	8 Polypropylène (PP)
9 Allgemeines	8 General	8 Généralités
9 Homopolymere	8 Homopolymers	8 Homopolymères
9 Copolymere	8 Copolymers	8 Copolymères
<b>11 Die Eigenschaften der Thermoplaste</b>	<b>11 Characteristics of thermoplastics</b>	<b>11 Propriétés des thermoplastiques</b>
11 Technische Daten	11 Summary of technical properties	11 Caractéristiques techniques
12 Beständigkeit gegen Chemikalien und andere Medien	12 Resistance to chemicals and other media	12 Résistance aux agents chimiques et autres substances
12 Verhalten von Polypropylen in Kontakt mit Kupfer	12 Behaviour of polypropylene in contact with copper	12 Comportement des polypropylènes au contact du cuivre
13 Verhalten gegenüber Wasserdampf und Gasen	13 Resistance to water vapour and gases	13 Comportement au contact de la vapeur d'eau et des gaz
13 Strahlenbeständigkeit	13 Radiation resistance	13 Résistance au rayonnement
13 Verhalten gegenüber energiereicher Strahlung	13 Behaviour on exposure to high energy radiation	13 Comportement aux rayons riches en énergie
13 Witterungsbeständigkeit	13 Resistance to weathering	13 Stabilité aux agents atmosphériques
13 UV-Stabilisatoren	13 UV stabilisers	13 Stabilisants U.V.
15 Brandverhalten	15 Fire Behaviour	15 Comportement au feu
15 Elektrische Eigenschaften	15 Electrical properties	15 Propriétés électriques
17 Eignung im Lebensmittelbereich	17 Suitability for use with foodstuffs	17 Homologation pour le secteur alimentaire
<b>18 Zerspanungstechniken</b>	<b>18 Machining methods</b>	<b>18 Techniques d'usage</b>
18 Allgemeine Hinweise	18 General instructions	18 Généralités
18 Spannungen im Halbzeug	18 Stresses in semi-finished products	18 Tensions internes au semi-produit
18 Tempern	18 Annealing	18 Etuvage (après cuisson)
18 Maschinentechnik	18 Machining technology	18 Machines
19 Werkzeugauswahl	19 Choice of tool	19 Sélection des outils
19 Zerspanung	19 Methods of processing	19 Usinage par enlèvement de copeaux
19 Sägen	19 Sawing	19 Sciage
20 Hobeln	20 Planing	20 Rabotage
20 Fräsen	20 Milling	20 Fraisage
20 Bohren	20 Drilling	20 Perçage
21 Drehen	21 Turning	21 Tournage
<b>22 Verarbeitungsverfahren</b>	<b>22 Further processing methods</b>	<b>22 Techniques de mise en oeuvre</b>
22 Kleben	22 Bonding	22 Collage
22 Thermoformen	22 Thermoforming	22 Thermoformage
23 Bedrucken	23 Printing	23 Impression
23 Lackieren	23 Painting	23 Vernissage
24 Heißprägen	24 Hot-stamping	24 Estampage à chaud
24 Heizelement-Stumpfschweißen	24 Butt welding using the heated tool method	24 Soudage aux éléments chauffants soudage bout à bout
25 Extrusionsschweißen	25 Extrusion welding	25 Extrusion-soudage
26 Warmgasschweißen	26 Hot gas welding	26 Soudage au gaz chaud
<b>27 Ökologische Aspekte</b>	<b>27 Ecological aspects</b>	<b>27 Thermoplastiques et écologie</b>
27 Recycling	27 Recycling	27 Recyclage
27 Entsorgung	27 Disposal	27 Elimination
<b>28 Stichwortregister</b>	<b>28 Index</b>	<b>28 Index</b>
<b>30 Abbildungsverzeichnis</b>	<b>30 List of figures</b>	<b>30 Sommaire des figures</b>
<b>31 Weitere Hinweise</b>	<b>31 Further advice</b>	<b>31 Informations complémentaires</b>
31 Literaturverzeichnis	31 Bibliography	31 Bibliographie
31 Kontaktadressen	31 Contact addresses	31 Adresses utiles

# Einführung Introduction Introduction

Der Name „Kunststoff“ deutet schon darauf hin, daß es sich hier um Produkte handelt, die künstlich hergestellt werden. Als Ausgangsstoffe werden Erdöl, Erdgas und Kohle eingesetzt. Durch Umwandlung dieser Stoffe werden chemische Verbindungen hergestellt, die durch ihren Aufbau die spezifischen Eigenschaften der Kunststoffe bestimmen. Grundsätzlich untergliedern wir die Kunststoffe in drei Gruppen:

- **Thermoplaste**
- **Duroplaste**
- **Elastomere**

Die Art des Grundbausteins und die Anordnung der Makromoleküle sowie die chemischen Bindungskräfte entscheiden, zu welcher Gruppe ein Kunststoff gehört.

Der Bereich der Thermoplaste soll hier näher beschrieben werden. Weitere Informationen zu den Themen Duroplaste und Elastomere entnehmen man der entsprechenden Literatur.

Plastics are produced from raw materials such as mineral oil, natural gas and coal. Conversion of these substances produces chemical compounds of three basic types:

- **Thermoplastics**
- **Thermoset plastics**
- **Elastomers**

The factors which determine to which group a plastic belongs are: basic macromolecular type and pattern, and chemical bonding forces.

The first group, thermoplastics, will be examined closely in this manual. For further information on thermoset plastics and elastomers, please consult the relevant literature.

L'expression „matière synthétique“ évoque elle-même l'idée de „synthèse“ et renvoie à des produits obtenus par synthèse. La transformation des matériaux de base que sont le pétrole, le gaz naturel et le charbon génère des composés chimiques dont la structure détermine les caractéristiques spécifiques des plastiques de synthèse. Ces derniers sont généralement répartis en trois catégories:

- **thermoplastiques**
- **thermodurcissables**
- **élastomères.**

La structure du noyau, l'agencement des macromolécules et les forces de liaison chimiques déterminent le groupe auquel une matière synthétique ou plastique appartient.

La présente brochure est exclusivement consacrée aux thermoplastiques. Le lecteur intéressé par les thermodurcissables et les élastomères se reportera à la littérature correspondante.

# Die thermoplastischen Kunststoffe

## The thermoplastics

### Les thermoplastiques

#### Die thermoplastischen Kunststoffe allgemein

##### Begriffserklärung Thermoplaste

Kunststoffe, die sich beim Erwärmen wiederholt bis zur Fließbarkeit erweichen und sich beim Abkühlen wieder verfestigen, nennt man Thermoplaste. Sie besitzen lineare oder verzweigte Kettenmoleküle, die in der Regel wirt durcheinander liegen (Wattebauschstruktur) oder eine bestimmte Struktur aufweisen. Die Größe der physikalischen Kräfte zwischen den Molekülen bestimmen die Eigenschaften und das Verhalten von Thermoplasten ganz besonders. Aufgrund der Temperaturabhängigkeit der physikalischen Kräfte sind die Eigenschaften der Thermoplaste ganz besonders von der Einsatztemperatur abhängig.

##### Gliederung der Thermoplaste

Die Thermoplaste werden unterteilt in zwei Gruppen:  
– amorphe Thermoplaste, z.B. PS, PVC, PMMA, PC  
– teilkristalline Thermoplaste, z.B. PE, PP, POM, PA

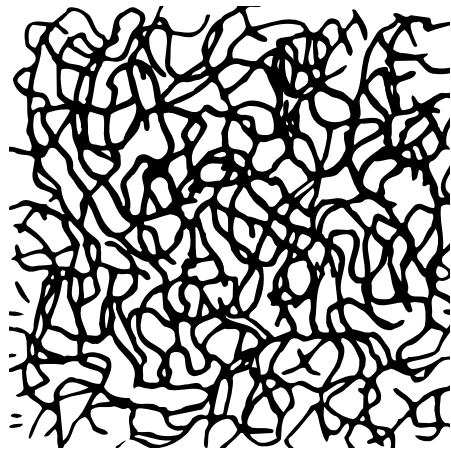


Abb./Fig. 1

##### Amorphe Thermoplaste

Der Begriff „amorph“ bedeutet, daß die Struktur der Moleküle ohne innere Ordnung ist. Die räumliche Anordnung ist vergleichbar mit dem regellosen Aufbau eines Wattebündels. Amorphe Thermoplaste sind bei 20 °C fest, hart und spröde. Im ungefärbten Zustand sind die Produkte glasklar.

##### Teilkristalline Thermoplaste

Teilkristalline Kunststoffe besitzen neben den amorphen Bereichen mehr oder weniger große Bereiche, in denen sich die Moleküle in einer bestimmten Ordnung ausrichten. Dieses gebündelte Molekulargefüge nennt man Kristallite. Die Dichte dieser Molekülstruktur ist größer als die im amorphen Bereich.

Die physikalischen Bindungskräfte sind im Bereich der Kristallite größer. Teilkristalline Kunststoffe sind bei Raumtemperatur zäh, fest und hart. Im ungefärbten Zustand besitzen sie eine weißliche Eigenfarbe.

#### Thermoplastics in general

##### Thermoplastics – a definition

Plastics which can be repeatedly softened and become free-flowing under heat, and then solidify again when cooled are known as thermoplastics. Their molecules form either linear or branched chains which normally lie at random (swab structure) or show some other distinctive structure. The strength of the physical bonding forces between the molecules is crucial to the properties and behaviour of thermoplastics. Because these physical forces depend on temperature, the properties of thermoplastics depend closely on the operating temperature.

##### Structure of thermoplastics

Thermoplastics form two groups:  
– amorphous thermoplastics e.g. PS, PVC, PMMA, PC  
– semi-crystalline thermoplastics e.g. PE, PP, POM, PA

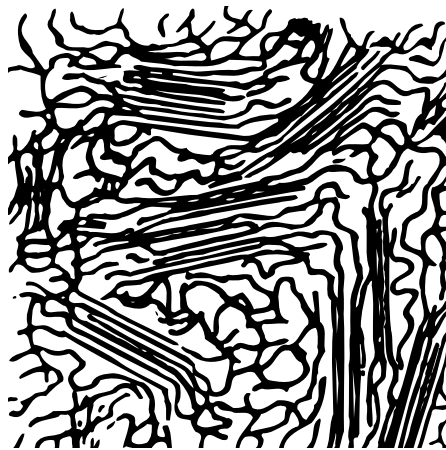


Abb./Fig. 2

##### Amorphous thermoplastics

The term „amorphous“ means that the molecular structure has no internal order. The layout is similar to the disordered structure of a piece of cotton wool. Amorphous thermoplastics are stable, hard and brittle at 20 °C. Without the addition of colour the products are transparent like glass.

##### Semi-crystalline thermoplastics

While semi-crystalline plastics are amorphous in structure over certain temperature ranges, in others the molecules assume a definite order. This clustered molecular structure is known as crystallite, which has a greater density than structures in the amorphous range.

Physical bonding strengths are greater in the crystallite range. Semi-crystalline plastics are tough, stable and hard at room temperature. When uncoloured, they have a whitish colouring of their own.

#### Généralités

##### Définition

On désigne par thermoplastiques les matières plastiques qui, sous l'effet de la chaleur, ramollissent jusqu'à l'état de plasticité et se solidifient de nouveau par refroidissement. Les thermoplastiques possèdent des chaînes de molécules linéaires ou ramifiées, dont la structure est généralement mêlée, enchevêtrée (structure du tampon de coton) ou ordonnée. Les propriétés et le comportement des thermoplastiques sont déterminés par l'amplitude des forces physiques exercées entre les molécules. Les forces physiques étant fonction de la température, les propriétés des thermoplastiques dépendent tout particulièrement de la température de mise en oeuvre.

##### Classification

Les thermoplastiques sont répartis en deux groupes:  
– thermoplastiques amorphes p. ex.: PS, PVC, PMMA, PC  
– thermoplastiques semi-cristallins p. ex.: PE, PP, POM, PA

Abb./Fig. 1

Amorpher Molekülverband  
Amorphous molecular structure  
Réseau moléculaire amorphe

Abb./Fig. 2

Teilkristalliner Molekülverband  
Semi-crystalline thermoplastics  
Réseau moléculaire semi-cristallin

##### Thermoplastiques amorphes

Le terme „amorphe“ renvoie à une structure moléculaire interne désorganisée. L'agencement des molécules est comparable à la structure sans forme d'un tampon de coton. Les thermoplastiques amorphes sont solides à 20 °C, durs et cassants. A l'état naturel (sans coloration), les produits sont transparents.

##### Thermoplastiques semi-cristallins

Les plastiques semi-cristallins possèdent, outre les phases amorphes, des phases plus ou moins importantes dans lesquelles les molécules sont orientées selon un ordre donné. On parle de réseau ou suspension de molécules appelé „cristallite“. La masse volumique de cette structure moléculaire est supérieure à la masse volumique en phase amorphe.

En phase cristalline, les forces physiques intermoléculaires sont plus importantes. A température ambiante, les plastiques semi-cristallins sont tenaces, rigides et durs. A l'état naturel (sans coloration), ils sont blanchâtres.

# Die thermoplastischen Kunststoffe

## The thermoplastics

### Les thermoplastiques

#### Verhalten der Thermoplaste in Abhängigkeit von der Temperatur

#### Thermoplastic behaviour at different temperatures

#### Comportement des thermoplastiques en fonction de la température

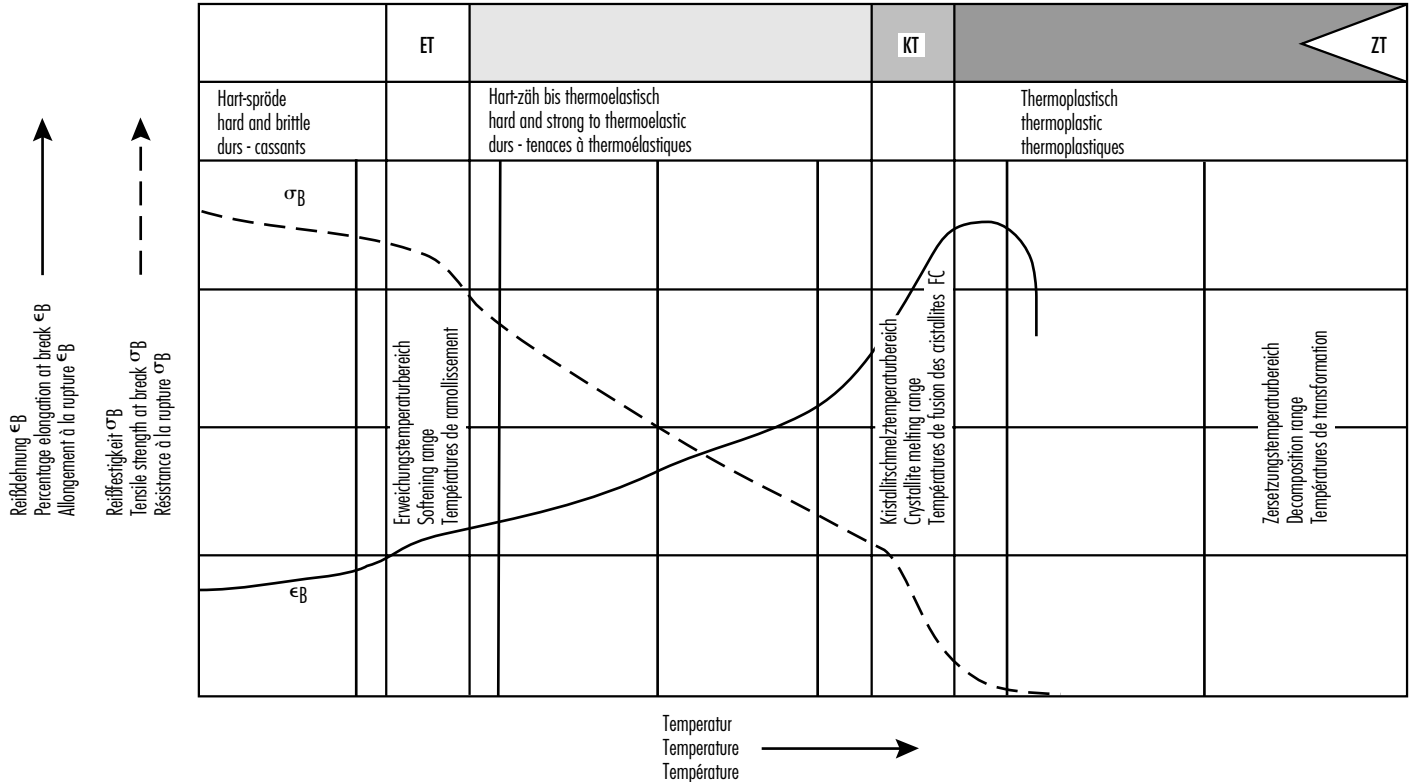


Abb. 3 Zustandsdiagramm teilkristalliner Thermoplaste  
 Fig. 3 States of semi-crystalline thermoplastics  
 Fig. 3 Diagramme d'état des thermoplastiques semi-cristallins

Die technologischen Eigenschaften sind stark von der Einsatztemperatur abhängig. Dabei können wir die Zustände in folgende Gruppen unterteilen:

- hart-spröde** Das Material ist fest, glasartig spröde – eine Anwendung in diesem Bereich ist nicht üblich
- fest-zähelastisch** Üblicher Anwendungsbereich für spanendes und spanloses Formen und Trennen (Klebertechniken, Oberflächenveredelung)
- thermoelastisch** Anwendungsbereich für alle Warmformverfahren (Tiefziehen, Biege- und Durchzugumformung)
- thermoplastisch** In diesem Bereich werden sämtliche Schweißverfahren durchgeführt. Der Halbzughersteller verarbeitet das Rohmaterial bei diesen Temperaturen (Extrudieren, Pressen)

Technological features are closely dependent upon temperature of use. Three distinct states emerge:

- Hard and brittle:** The material is stable and brittle like glass. There is normally no application for it in this range.
- Stable, tough and elastic:** Typical application for forming and cutting with or without machining e.g. adhesive systems and surface finishing.
- Thermoplastic:** Application in all thermoforming processes e.g. vacuum forming or forming by bending or drawing.
- Thermoplastic:** This is the range for carrying out all welding processes. The manufacturer of the semi-finished product carries out processes such as extrusion and pressing of the raw material at these temperatures:

Leurs caractéristiques techniques dépendent dans une large mesure de la température de mise en oeuvre. Les différents états des thermoplastiques semi-cristallins peuvent être classés comme suit:

- durs-cassants:** Le matériau est dur, cassant comme du verre – mise en oeuvre pas courante.
- solides-viscoplastiques:** Domaine d'application courant pour l'usage – formage et séparation – avec et sans enlèvement de copeaux (adhésifs, traitement de surface).
- thermoélastiques:** Domaine d'application de tous les procédés de thermoformage (emboutissage, formage par flexion, formage ventilé).
- thermoplastiques:** Domaine d'application de toutes les méthodes de soudage. Niveaux de températures auxquels le fabricant de semi-produits transforme la matière première (extrusion, moulage par compression).

# Die thermoplastischen Kunststoffe

## The thermoplastics

### Les thermoplastiques

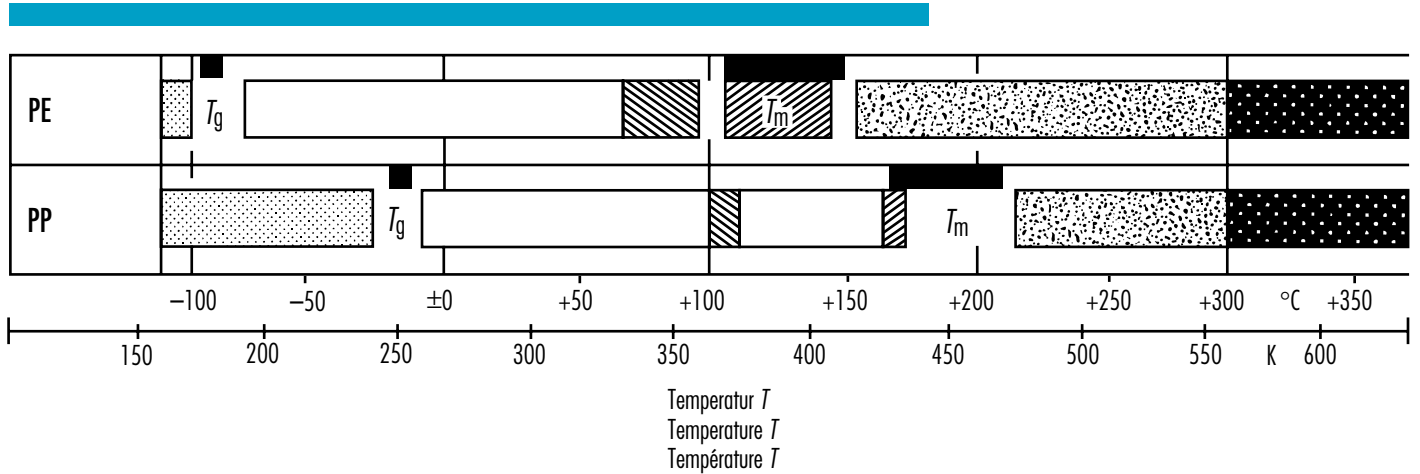
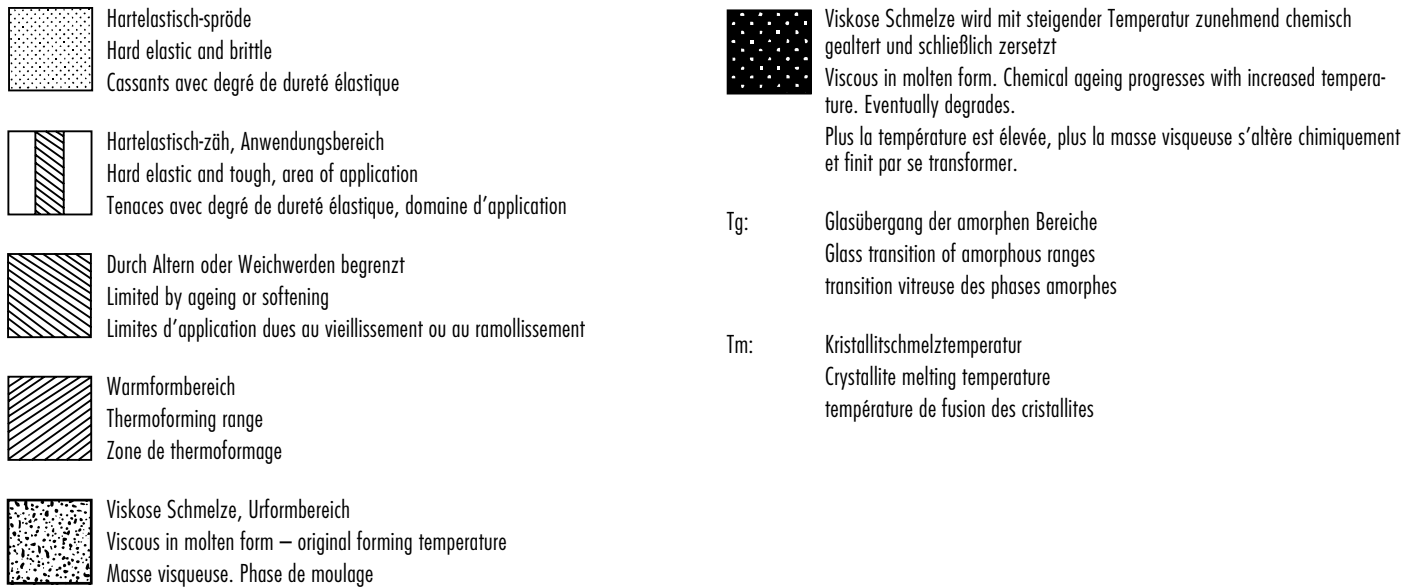


Abb. 4 Eigenschaftsbereich von PE und PP

Fig. 4 Ranges of features of PE + PP

Fig. 4 Propriétés du PE et du PP



In dem Bereich zwischen  $T_g$  und  $T_m$  befinden sich die amorphen Teile im thermoelastischen Zustand und bilden eine bewegliche Verbindung zu den Kristalliten. Hieraus ist auch zu begründen, daß die teilkristallinen Kunststoffe eine bessere Zähigkeit und größere Elastizität besitzen sowie sehr unempfindlich gegen Schlagarbeit sind.

In the range between  $T_g$  and  $T_m$ , the amorphous parts are in the thermoelastic state and form a mobile link with the crystallites. This also explains why semi-crystalline plastics are tougher and more elastic, as well as highly impact-resistant.

Dans la phase comprise entre  $T_g$  et  $T_m$ , les parties amorphes sont à l'état thermoélastique et constituent un lien mobile avec les cristallites. Cela explique le fait que les plastiques semi-cristallins présentent une ténacité et élasticité supérieures et qu'ils ne subissent aucune altération due à l'énergie de choc.

# Die teilkristallinen Thermoplaste der Röchling Haren KG

## Semi-crystalline thermoplastics from Röchling Haren KG

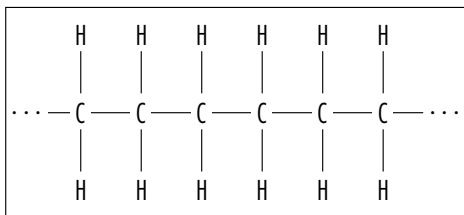
### Les thermoplastiques semi-cristallins de la Société Röchling Haren KG

Die von Röchling Haren KG hergestellten teilkristallinen Kunststoffe heißen:

POLYSTONE-M = PE-UHMW  
 POLYSTONE-D = PE-HMW  
 POLYSTONE-G = PE-HD  
 POLYSTONE-E = PE-LD  
 POLYSTONE-P = PP-homopolymer  
 POLYSTONE-Pc = PP-copolymer

#### Die teilkristallinen Kunststoffe im Detail

##### Polyethylen (PE)



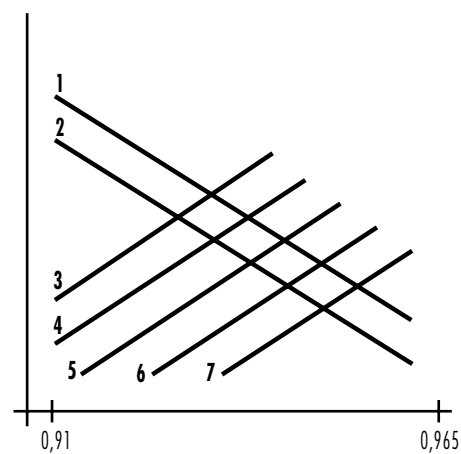
Polyethylen weist eine einfache Molekülstruktur auf. CH<sub>2</sub>-Segmente sind in einfacher Form aneinandergereiht.

#### Allgemeines

Die Polyethylen-Typen zeichnen sich durch ihre typischen Eigenschaften aus:

- niedrige Dichte
- hohe Zähigkeit
- hohe Reißdehnung
- Anwendungstemperaturbereich von -50 °C bis +90 °C
- gutes elektrisches Isoliervermögen
- sehr gute Chemikalienbeständigkeit
- sehr geringe Wasseraufnahme

Die Eigenschaften von PE sind stark abhängig von der Länge der Molekülketten (Molekulargewicht) und vom Aufbau der Moleküle (Kristallinität). Zur Beurteilung dieser zwei Größen werden die Viskosität und die Dichte gemessen.



The semi-crystalline thermoplastics manufactured by Röchling Haren KG are:

POLYSTONE-M = PE-UHMW  
 POLYSTONE-D = PE-HMW  
 POLYSTONE-G = PE-HD  
 POLYSTONE-E = PE-LD  
 POLYSTONE-P = PP-homopolymer  
 POLYSTONE-Pc = PP-copolymer

#### Semi-crystalline thermoplastics in detail

##### Polyethylene (PE)

Abb. 5 Molekülstruktur PE

Fig. 5 Molecular structure of PE

Fig. 5 Structure moléculaire du PE

Polyethylene has a simple molecular structure; the CH<sub>2</sub> groups are simply linked in a straight chain.

#### General

The following are typical features of polyethylene:

- low density
- high strength
- high percentage elongation at break
- usable at temperatures of -50 °C to +90 °C
- good electrical insulation properties
- very good chemical resistance
- hardly any water absorption

The properties of PE are closely related to the length of the molecular chain (molecular weight) and molecular structure (crystallinity). The viscosity and density are measured in evaluating these two dimensions.

1 Schlagzähigkeit/Impact resistance/  
résistance aux chocs

2 Beständigkeit gegen Spannungsrißbildung/  
Resistance to stress cracking/  
résistance au fendillement par contrainte

3 E-Modul/E-modulus (modulus of elasticity)/  
module d'élasticité

Plastiques semi-cristallins fabriqués par la Société Röchling Haren KG:

POLYSTONE-M = PE-UHMW  
 POLYSTONE-D = PE-HMW  
 POLYSTONE-G = PE-HD  
 POLYSTONE-E = PE-LD  
 POLYSTONE-P = homopolymère PP  
 POLYSTONE-Pc = copolymère PP

#### Présentation détaillée

##### Polyéthylène (PE)

Le polyéthylène présente une structure moléculaire simple. Les segments CH<sub>2</sub> sont alignés selon une disposition simple.

#### Généralités

Propriétés des polyéthylènes:

- masse volumique peu élevée
- grande ténacité
- allongement à la rupture élevé
- plage des températures d'utilisation: -50 °C à +90 °C
- bonne isolation électrique
- excellente stabilité chimique
- très faible absorption d'eau.

La longueur des chaînes moléculaires (poids moléculaire) et la structure des molécules (cristallinité) sont déterminantes pour les propriétés du PE. On évalue ces deux paramètres par le calcul de la viscosité et de la masse volumique.

4 Zugfestigkeit/Tensile strength/  
résistance à la traction

5 Härte/Hardness/dureté

6 Chemikalienbeständigkeit/Chemical resistance/  
stabilité chimique

7 Diffusionswiderstand/Diffusion resistance/  
résistance à la diffusion

Abb. 6 Abhängigkeit der PE-HD-Eigenschaften von der Dichte (schematisch)

Fig. 6 Relationship of PE-HD properties to density (diagrammatic)

Fig. 6 Propriétés du PE-HD en fonction de la masse volumique (schématiquement)

# Die teilkristallinen Thermoplaste der Röchling Haren KG

## Semi-crystalline thermoplastics from Röchling Haren KG

### Les thermoplastiques semi-cristallins de la Société Röchling Haren KG

Eine Sonderstellung bei den PE-HD-Typen hat das ultrahochmolekulare Polyethylen. Die viskosimetrisch gemessene molare Masse (Molekulargewicht) liegt zwischen 3 und 8 Millionen. Mit steigendem Molekulargewicht nimmt bei Polyethylen eine Reihe von technisch wichtigen Eigenschaften zu:

- Kerbschlagzähigkeit
- Verschleißfestigkeit
- Arbeitsaufnahmevermögen bei hohen Belastungsgeschwindigkeiten
- Formbeständigkeit in der Wärme
- Reißfestigkeit bei erhöhter Temperatur
- Widerstand gegen Spannungsrißbildung

Das Molekulargewicht ist mehr als zehnmal größer als das von normalen PE-HD-Typen.

A special case among the PE-HD types is the ultra-high molecular weight polyethylene. The molar mass measured by viscometer (molecular weight) lies between 3 and 8 million. An increase in molecular weight gives polyethylene a range of important technical properties:

- impact strength
- abrasion resistance
- capacity for working at high loading speeds
- resistance to deformation at high temperatures
- tensile strength at break at increased temperatures
- resistance to stress-cracking

The molecular weight is over ten times that of normal PE-HD types.

Le polyéthylène à haute densité moléculaire occupe une place particulière parmi les PE-HD. La masse molaire (poids moléculaire) déterminée par viscosimétrie est comprise entre 3 et 8 millions. Une augmentation du poids moléculaire est favorable à certaines propriétés importantes sur le plan technique:

- résilience sur éprouvette entaillée
- résistance à l'usure
- résilience en cas de vitesses de contrainte élevées
- thermostabilité
- résistance à la rupture en cas de température élevée
- résistance au fendillement par contrainte.

Le poids moléculaire est plus de 10 fois plus élevé que celui des PE-HD classiques.

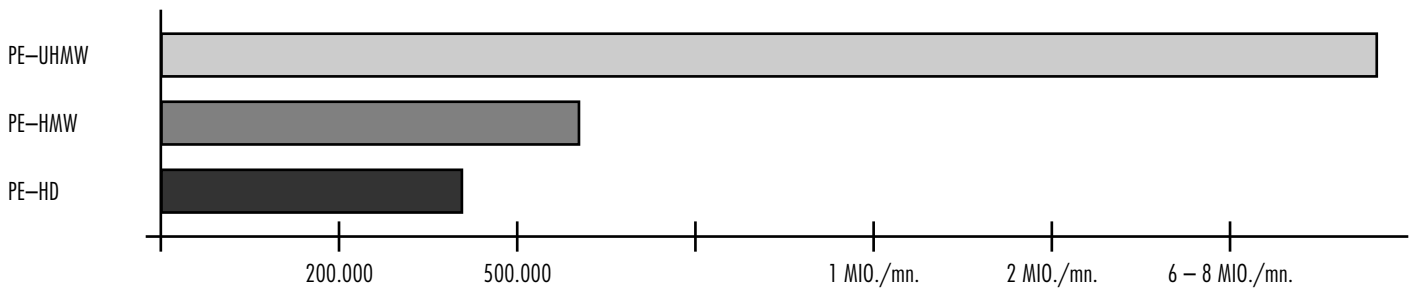


Abb. 7 Molekulargewicht von PE

Fig. 7 Molecular weight of PE

Fig. 7 Poids moléculaire du PE

Molekulargewicht

Molecular weight

Poids moléculaire

### PE im Anwendungsbeispiel Behälterbau

Das DIBT (Deutsches Institut für Bautechnik) schreibt in seinen Bau- und Prüfgrundsätzen für den Gewässerschutz vor, daß für oberirdische Behälter und Behälterteile aus Thermoplasten zur Lagerung von wassergefährdenden Flüssigkeiten nur geprüfte und gelistete Halbzeuge eingesetzt werden dürfen.

Rohmaterialien, die aufgrund nachgewiesener Mindesteigenschaften ohne weiteren Nachweis verwendet werden dürfen, sind in einer DIBT-Liste aufgeführt.

Die von uns eingesetzten Rohmaterialien für Polystone-G-schwarz-B sind in der Liste „Polyethylen Formmassen“ des DIBT aufgeführt. Die Herstellungsüberwachung (Güteüberwachung) der Halbzeuge aus Polystone-G-schwarz-B wird in Anlehnung an die DIN 18200 vorgenommen. Die hierfür erforderliche Fremdüberwachung wird bei uns vom SKZ-Würzburg seit dem 01.09.1989 durchgeführt.

Alle Polystone-G-schwarz-B-Halbzeuge, wie

- extrudierte Platten,
- gepreßte Platten,
- extrudierte Rundstäbe,
- extrudierter Schweißdraht,

werden mit einem Etikett versehen, das eine Chargennummer sowie wichtige Produktions- und Rohstoffdaten enthält.



Abb. 8 Zeichen Fremdüberwachung

Fig. 8 External monitoring symbol

Fig. 8 Logo de la société chargée du contrôle externe de nos matériaux

### An Example of PE in use: tank construction

The German Building Technology Institute's (DIBT) Principles of Construction and Testing for water protection state that only listed, tested semi-finished materials may be used for thermoplastic tanks erected above ground for storage of water-contaminating liquids.

There is a Building Technology Institute list of raw materials of proven minimum characteristics. These may be used without further proof.

The raw materials we use for Poly-stone-G-black-B are in the information list "polyethylene moulding batch" from DIBT. Polystone-G-black-B semi-finished products are quality-monitored during manufacture in accordance with DIN 18200. SKZ, of Würzburg, have been our external quality monitors for this purpose since 1 September 1989.

Polystone-G-black-B semi-finished products may include:

- extruded sheets
- pressed sheets
- extruded rods
- extruded weld rod

They are all labelled with batch number, the main raw material and production data.

### Exemple d'application du PE: les réservoirs

Conformément aux recommandations de l'DIBT (Deutsches Institut für Bautechnik, institut allemand des techniques de construction) sur la construction et le contrôle dans le domaine de la protection des eaux, les réservoirs et autres pièces en thermoplastique destinés au stockage en surface de liquides dangereux pour l'eau doivent être exclusivement fabriqués à partir de semi-produits soigneusement contrôlés et répertoriés.

Les matériaux pour lesquels il n'existe aucune contre-indication de mise en oeuvre figurent sur une liste établie par l'DIBT.

Le matière première entrant dans la composition de notre Polystone-G-noir-B, figure sur cette liste matière »moulable polyéthylène« sont l'DIBT. Le contrôle de qualité des semi-produits en Polystone-G-noir-B est effectué en conformité avec la norme DIN 18200. Depuis le 01.09.1989, les contrôles externes sont réalisés par la société SKZ de Würzburg.

Tous les semi-produits en Polystone-G-noir-B tels que

- plaques extrudées
- plaques moulées par compression
- barres rondes extrudées
- fil à souder extrudé

comportent une étiquette mentionnant le numéro du lot ainsi que des données de production et caractéristiques des matières de base.

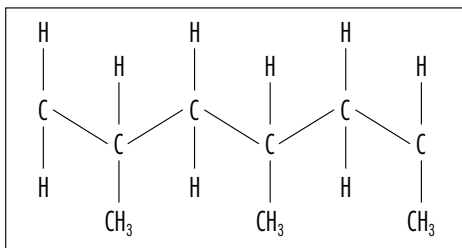


# Die teilkristallinen Thermoplaste der Röchling Haren KG

## Semi-crystalline thermoplastics from Röchling Haren KG

### Les thermoplastiques semi-cristallins de la Société Röchling Haren KG

#### Das Polypropylen (PP)



#### Allgemeines

Durch Polymerisation von Propylen entsteht das Polypropylen. Eine seitlich angelagerte Methylgruppe (CH<sub>3</sub>-Gruppe) kann räumlich unterschiedlich angeordnet sein. Daraus resultieren PP-Produkte mit unterschiedlichen Eigenschaften. Befinden sich alle CH<sub>3</sub>-Gruppen auf derselben Seite der Molekülkette, spricht man von isotaktischem Polypropylen.

Technisch bedeutsam ist das teilkristalline, isotaktische Polypropylen, da nur hier die hohe Kristallinität für die technisch relevanten Eigenschaften sorgt. Die von uns hergestellten POLYSTONE-P-grau-/P-natur-/Pc-grau-/Pc-natur-Halbzeuge und -Fertigteile bestehen aus isotaktischem Polypropylen.

#### PP-Homopolymere

Homopolymere weisen eine hohe Härte, Steifheit und Zugfestigkeit auf bei noch ausreichender Zähigkeit bis zur Raumtemperatur. Bei Temperaturen um den Gefrierpunkt und niedriger tritt eine starke Versprödung ein.

#### PP-Copolymere

Copolymere haben eine sehr gute Zähigkeit und können noch bis zu  $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$  eingesetzt werden. Die Dauergebrauchstemperatur sowie die Festigkeit sinken um ca. 10–20 % gegenüber Homopolymeren.

#### Polypropylene (PP)

Abb. 9 Molekülstruktur PP

Fig. 9 Molecular structure of PP

Fig. 9 Structure moléculaire du PP

#### General

The polymerisation of propylene produces polypropylene. A laterally added methyl group (CH<sub>3</sub>) can be arranged in space in different ways to produce PP products with different properties. If all CH<sub>3</sub> groups are on the same side of the molecular chain, this is referred to as isotactic polypropylene.

The semi-crystalline isotactic polypropylene is of technical significance, being the only instance of high crystallinity meeting the relevant technical requirements. The Polystone finished and semi-finished parts we manufacture: P-grey/P-natural/Pc-grey/Pc-natural consist of isotactic polypropylene.

#### PP-Homopolymers

Homopolymers have a high level of hardness, stiffness and tensile strength and adequate toughness up to room temperatures. They become very brittle at temperatures around freezing and below.

#### PP-Copolymers

Copolymers are very tough and can be used at temperatures as low as  $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Temperature at continuous use and strength are reduced by about 10–20 % compared with homopolymers.

#### Polypropylène (PP)

#### Généralités

Les polypropylènes sont issus de la polymérisation des propylènes. Un groupe méthyle fixé latéralement (groupe CH<sub>3</sub>) peut présenter une disposition spatiale différente. Il en résulte des produits PP aux propriétés différentes. Lorsque tous les groupes CH<sub>3</sub> se trouvent du même côté que la chaîne moléculaire, on parle de polypropylènes isotactiques. Sur le plan technique, le polypropylène isotactique semi-cristallin joue un rôle particulièrement important puisque ses caractéristiques techniques dépendent du haut niveau de cristallinité. Nos produits semi-finis et finis POLYSTONE P-gris/P-naturel/Pc-gris/Pc-naturel sont en polypropylène isotactique.

#### PP-Homopolymères

Les homopolymères sont caractérisés par une très grande dureté, rigidité et résistance à la traction, avec une ténacité encore satisfaisante à température ambiante. On relève une fragilité importante à des températures proches du point de congélation et inférieures.

#### PP-Copolymères

Les copolymères sont caractérisés par une excellente ténacité et peuvent être utilisés à des températures allant jusqu'à  $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Par rapport aux homopolymères, la solidité et la température en cas d'utilisation prolongée diminuent d'environ 10 à 20 %.

# Die teilkristallinen Thermoplaste der Röchling Haren KG

## Semi-crystalline thermoplastics from Röchling Haren KG

### Les thermoplastiques semi-cristallins de la Société Röchling Haren KG

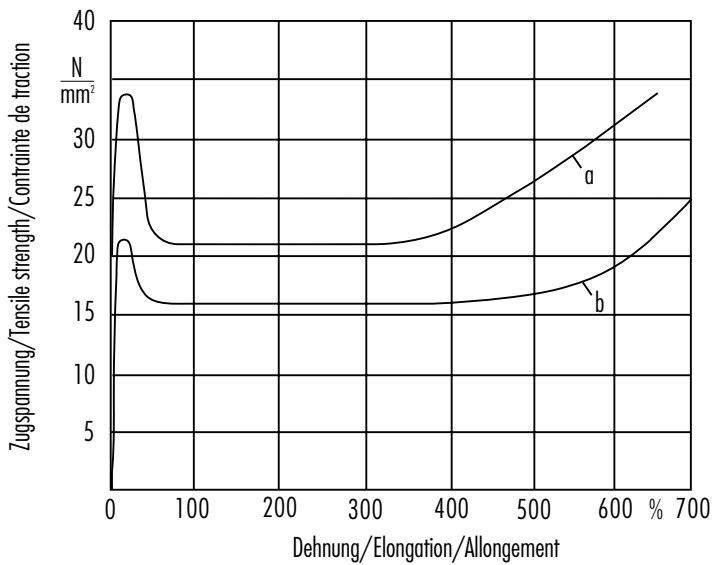


Abb. 10 Spannungs-Dehnungs-Diagramm zweier PP-Typen  
 Fig. 10 Graph of tensile strength against elongation for two types of PP  
 Fig. 10 Diagramme contrainte-allongement de deux types de PP

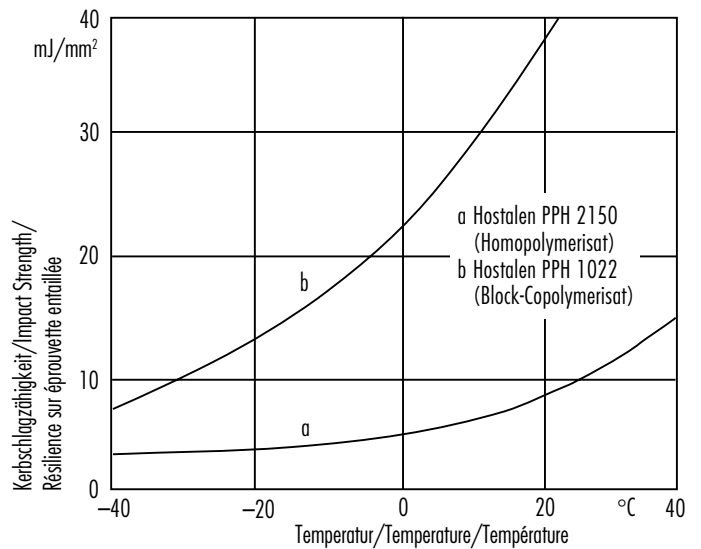


Abb. 11 Temperaturabhängigkeit der Kerbschlagzähigkeit von PP, entsprechend DIN 43453, mit V-Kerbe  
 Fig. 11 Relationship between temperature and impact strength of PP using a V notch test as per DIN 53453  
 Fig. 11 Courbe d'évolution de la résilience sur éprouvette entaillée du PP en fonction de la température; conformément température à la norme DIN 53453 avec entailles V

Polypropylen unterscheidet sich von Polyethylen im wesentlichen durch folgende Eigenschaften:

The following properties make polypropylene significantly different from polyethylene:

Les principales caractéristiques qui permettent de distinguer les polypropylènes des polyéthylènes sont les suivantes:

Qualität Quality Qualité	Polystone M (PE-UHMW)	Polystone D (PE-HMW)	Polystone G (PE-HD)	Polystone P (PP)
Dichte g/cm <sup>3</sup> Density g/cm <sup>3</sup> Masse volumique g/cm <sup>3</sup>	0,93	0,95–0,96	0,94–0,95	0,90–0,91
Gebrauchstemperatur, max. °C Max. operating temperature °C Temp. max. d'utilisation °C	80–90	80–90	70	100–135
Gebrauchstemperatur, min. °C Min. operating temperature °C Temp. min. d'utilisation °C	-250	-100	-50	0 homopolymer -40 copolymer
Wärmeleitfähigkeit W/mk Thermal conductivity W/mk Conductivité thermique W/mk	0,40	0,40	0,40	0,22

Abb. 12 Tabelle Eigenschaftvergleich PE zu PP  
 Fig. 12 Table comparing PE and PP properties  
 Fig. 12 Comparaison des propriétés du PE et du PP

**Technische Daten**  
**Technical data**  
**Caractéristiques techniques**

	Prüfmethode Testmethod Méthode de contrôle	Einheit Unit Unité	Polystone® M-natur M-natural PE-UHMW PE 1000	Polystone® M-antistatisch M-antistatic M-antistatique (PE-UHMW) PE 1000	Polystone® D-natur D-natural PE-HMW PE 500	Polystone® G-schwarz G-black G-noir (PE-HD) PE 300	Polystone® G-natur G-natural (PE-HD) PE 300	Polystone® P-grau P-grey P-gris PP(homo) gepr./press	Polystone® P-natur/gau P-natural/grey P-naturel/gris PP (copo) extr.	Polystone® P-grau/natur P-grey/natural P-gris/naturel PP (homo) extr.	
Dichte Specific gravity Masse volumique	ISO 1183	g/cm <sup>3</sup>	0,93	0,95	0,952	0,953	0,945	0,91	0,9	0,9	
Molekulargewicht Molecular weight Masse moléculaire	–	Mio./m.	9–11	> 9	> 0,5	> 0,25	> 0,25	–	–	–	
<b>Mechanische Eigenschaften</b> <b>Mechanical properties</b> <b>Caractéristiques mécaniques</b>	Streckspannung Tensile strength Résistance à la traction au seuil de fluage	ISO 527-1	N/mm <sup>2</sup>	≥ 20	≥ 20	28	22	23	30	26	33
	Reißfestigkeit Breaking strength Résistance à la rupture	ISO 527-1	N/mm <sup>2</sup>	≥ 40	≥ 30	36	32	32	–	–	–
	Reißdehnung Elongation at break Allongement à la rupture	ISO 527-1	%	> 350	> 300	> 600	> 800	–	–	> 50	–
	E-Modul aus Zugversuch Modulus of elasticity in tension Module d'élasticité à l'essai de traction	ISO 527-1	N/mm <sup>2</sup>	600	600	1.200	800	800	1.150	950	1.300
	Schlagzähigkeit Impact strength Résistance au choc	ISO 179	mJ/mm <sup>2</sup>	o.B.	–	o.B.	o.B.	o.B.	o.B.	o.B.	o.B.
	Kerbschlagzähigkeit Sensitivity Résistance au choc sur éprouvette entaillée	ISO 179	mJ/mm <sup>2</sup>	o.B.	–	o.B.	12	10	6	40	6
	Kerbschlagzähigkeit mit 15°-Spitzkerbe Impact strength with 15° V-notch Résistance à l'entaille avec poinçon de 15°	ISO 179	mJ/mm <sup>2</sup>	> 100	–	> 20	–	–	–	–	–
	Kugeldruckhärte 30 Sekunden Ball-thrust hardness 30 secs. Dureté à la pénétration de la bille 30 Sec.	ISO 2039-1	N/mm <sup>2</sup>	38	38	46	40	40	67	50	65
	Shore-Härte D Shore hardness D Dureté Shore D	ISO 868	–	61	63	64	63	63	71	69	72
	15 s	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Verschleißfestigkeit Wear Resistance Résistance à l'abrasion	sand-slurry	–	80	100–150	200–350	450–550	450–550	–	–	–	
<b>Thermische Eigenschaften</b> <b>Thermal properties</b> <b>Caractéristiques thermiques</b>	Kristallitschmelzbereich Crystalline grain melting range Domaine de fusion des cristallites	DIN 53 736	°C	130–135	130–135	130-135	130-135	130-135	160-168	160-168	160–168
	Wärmeleitfähigkeit Thermal conductivity Conductivité thermique	DIN 52 612	$\frac{W}{m \cdot K}$	0,41	0,4	0,4	0,43	0,43	0,22	0,22	0,22
	Linearer Ausdehnungskoeffizient zwischen 20 und 100 °C Coefficient of linear expansion between 20 and 100 °C Coefficient d'allongement linéaire entre 20 et 100 °C	DIN 53 752	K <sup>-1</sup>	~ 2·10 <sup>-4</sup>	~ 2·10 <sup>-4</sup>	2·10 <sup>-4</sup>	2·10 <sup>-4</sup>	2·10 <sup>-4</sup>	1,5·10 <sup>-4</sup>	< 2·10 <sup>-4</sup>	1–2·10 <sup>-4</sup>
	Vicat-Erweichungstemperatur – VSP/A/50 Vicac-softening temperature – VSP/a/50 Vicac-température d'amollissement – VSP/a/50	ISO 306	°C	–	–	130	123	123	–	149	155
	Vicat-Erweichungstemperatur – VSP/B/50 Vicac-softening temperature – VSP/b/50 Vicac-température d'amollissement – VSP/b/50	ISO 306	°C	79	76	78	67	67	88	73	90
<b>Elektrische Eigenschaften</b> <b>Electrical properties</b> <b>Caractéristiques électriques</b>	Spezifischer Durchgangswiderstand Insulation resistance Résistance transversale	DIN VDE 0303	Ω · cm	> 10 <sup>14</sup>	≤ 10 <sup>6</sup>	> 10 <sup>14</sup>	> 10 <sup>13</sup>	> 10 <sup>14</sup>	> 10 <sup>15</sup>	> 10 <sup>15</sup>	> 10 <sup>15</sup>
	Oberflächenwiderstand Surface resistance Résistance superficielle	DIN VDE 0303	Ω	> 10 <sup>14</sup>	< 10 <sup>9</sup>	> 10 <sup>15</sup>	> 10 <sup>14</sup>	> 10 <sup>15</sup>	> 10 <sup>16</sup>	> 10 <sup>16</sup>	10 <sup>16</sup>
	Durchschlagfestigkeit Dielectric strength Frigidité diélectrique transversale	DIN VDE 0303	kV/mm	45	–	150	50	75	50	50	50
	Prüfzahl der Kriechwegbildung Proof tracking index Indice de résistance au Cheminement	IEC 112	CTI	600	–	600	600	600	600	600	600
	Dielektrizitätszahl bei 2·10 <sup>5</sup> Hz Electrical coefficient at 2·10 <sup>5</sup> Hz Facteur diélectrique pour 2·10 <sup>5</sup> Hz	IEC 250	–	2,3	–	2,4	2,5	2,5	2,3	2,3	2,3
	Dielektrischer Verlustfaktor bei 10 <sup>4</sup> Hz Dielectric loss factor at 10 <sup>4</sup> Hz Facteur de dissipation à 10 <sup>4</sup> Hz	IEC 250	–	1,9·10 <sup>-4</sup>	–	< 2·10 <sup>-4</sup>	6·10 <sup>-4</sup>	6·10 <sup>-4</sup>	2·10 <sup>-4</sup>	3,5·10 <sup>-4</sup>	3,5·10 <sup>-4</sup>
	Lichtbogenfestigkeit Arc resistance Résistance à l'arc	VDE 0303	Stufe degree degré	L4	–	L4	L4	L4	L4	L4	L4

Vorstehende Daten sind reine Beschaffungsangaben und führen nur bei ausdrücklicher Vereinbarung zu kaufvertraglichen Zusicherungen.

The following are purely structural data and shall only serve as contractual sales guarantees where specifically agreed in the contract.

Les données ci-dessus s'appliquent strictement aux caractéristiques des matériaux et ne peuvent conduire à garanties commerciales que sur accord exprès.

# Die Eigenschaften der Thermoplaste

## Characteristics of thermoplastics

### Propriétés des thermoplastiques

#### Beständigkeit gegenüber Chemikalien und anderen Medien

Polyethylen und Polypropylen weisen infolge ihrer unpolaren Struktur als hochmolekulare Paraffinkohlenwasserstoffe eine ungewöhnlich hohe Beständigkeit gegen Chemikalien und andere Medien auf. Sie sind widerstandsfähig gegen wäßrige Lösungen von Salzen, Säuren und Alkalien.

HDPE neigt zu Spannungsrißbildung, besonders hervorgerufen durch mechanische Eigenspannungen. Wichtig ist für den Konstrukteur, daß dieses Material spannungsarm eingesetzt wird.

PP neigt wesentlich weniger zur Spannungsrißbildung. Besonders bei Kontakt mit kochenden Wasserlaugen werden die Bildung von Spannungsrissen und die Versprödung durch stabilisierte Typen vermieden.

Höhere Temperaturen können die Chemikalienbeständigkeit, je nach umgebendem Medium, sehr stark beeinträchtigen und müssen daher bei der Konstruktion von Anlagen für die chemische Industrie berücksichtigt werden.

Bis 60 °C sind unsere Polystone-Typen gegen viele Lösungsmittel beständig, werden jedoch von aromatischen und halogenierten Kohlenwasserstoffen sowie von bestimmten Ölen, Fetten und Wachsen angequollen. Bis 30 °C ist diese Quellung nur gering.

Gegen starke Oxidationsmittel wie Salpetersäure, Ozon, Oleum, Wasserstoffperoxid oder Halogene ist Polystone bedingt widerstandsfähig bis nicht widerstandsfähig!

Weitere Hinweise finden Sie in unserer speziellen Broschüre „Chemikalienbeständigkeit von thermoplastischen Kunststoffen“.

#### Verhalten von Polypropylen in Kontakt mit Kupfer

Die Wärmealterungsbeständigkeit wird durch Berührung von Kupfer und Kupferionen ungünstig beeinflusst. Durch Anwesenheit von Kupfer in PP oder durch direkten Kontakt zwischen PP und Kupfer wird die Thermoxydation beschleunigt, die Wärmealterung nimmt beträchtlich zu.

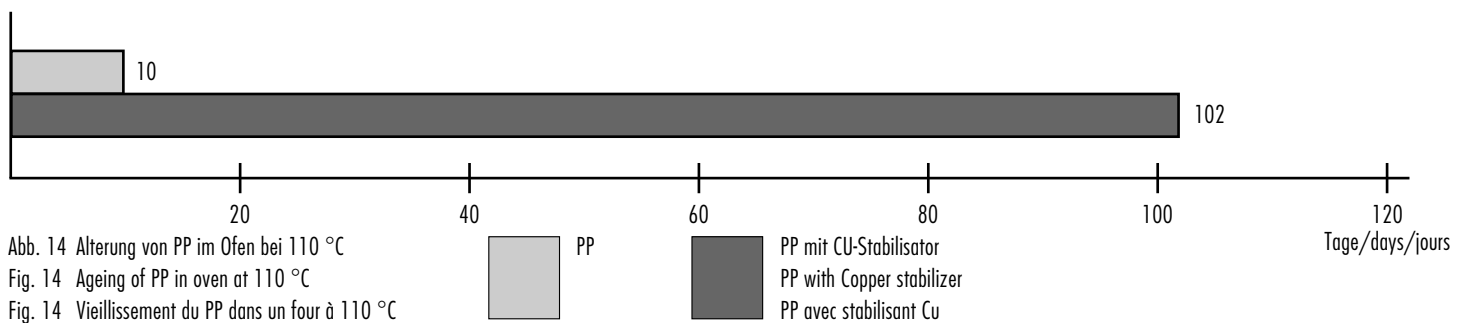


Abb. 14 Alterung von PP im Ofen bei 110 °C

Fig. 14 Ageing of PP in oven at 110 °C

Fig. 14 Vieillissement du PP dans un four à 110 °C

Grundsätzlich wird empfohlen, bei direktem Kontakt mit Kupfer das PP mit einem speziellen Stabilisator auszurüsten. Durch diese Maßnahme kann die Wärmealterung um den Faktor 10 vergrößert werden.

#### Resistance to chemicals and other media

Due to their non-polar structure the paraffin hydrocarbons, polyethylene and polypropylene have an exceptionally high molecular mass. This makes them highly resistant to chemicals and other media. They are resistant to aqueous solutions of salts, acids and alkalis.

HDPE has a tendency to stress-cracking, especially due to internal mechanical strains. It is important for designers to use this material in low-stress applications.

PP has significantly less tendency to stress-cracking. Stabilised types avoid stress-cracking and embrittlement, especially in contact with boiling alkaline solutions.

High temperature can affect chemical resistance to a marked degree, depending on the surrounding medium. Account must therefore be taken of this in designing installations for the chemical industry.

Our Polystone types are resistant to many solvents up to 60 °C, but are however penetrated by aromatic and halogenised hydrocarbons and certain oils, greases and waxes. This penetration is only very slight up to 30 °C.

Polystone has little or no resistance to strong oxidants such as nitric (V) acid, ozone, fuming sulphuric acid, hydrogen peroxide or halogens!

Our special brochure "Chemical Resistance of Thermoplastics" gives further information.

#### Behaviour of Polypropylene in contact with copper

Contact with copper and copper ions is harmful to heat ageing resistance. Any inclusion of copper in PP or direct contact between PP and copper hastens thermoxydation and markedly increases heat ageing.

In principle it is recommended to provide PP with a special stabiliser for direct contact with copper. This can increase heat ageing by a factor of 10.

#### Résistance aux agents chimiques et autres substances

Les polyéthylènes et les polypropylènes présentent une structure homopolaire en tant qu'hydrocarbures aliphatiques saturés à haute densité moléculaire et se distinguent, de ce fait, par une résistance exceptionnellement élevée aux agents chimiques et autres substances. Ils ne sont attaqués ni par les acides, ni par les bases, ni par les solutions de sels.

HDPE est sensible à la fissuration sous des contraintes provenant essentiellement de tensions mécaniques internes. Le constructeur veillera donc à éviter les tensions lors de la mise en oeuvre du matériau.

PP est nettement moins sensible à la fissuration sous contrainte. L'adjonction de stabilisants permet de supprimer la fragilisation et la sensibilité à la fissuration lorsque le PP est en contact avec des lessives alcalines bouillantes.

Selon le milieu ambiant, les températures élevées peuvent considérablement réduire la stabilité chimique des matériaux; les concepteurs d'installations destinées au secteur de la chimie devront donc en tenir compte.

À 60 °C, nos différentes qualités de Polystone sont résistantes à de nombreux solvants; elles peuvent néanmoins subir un gonflement au contact d'hydrocarbures aromatiques et halogénés, de certaines huiles, graisses et cires. Jusqu'à 30 °C, ce gonflement est peu important.

Le Polystone peut être plus ou moins résistant à non résistant aux oxydants puissants tels acide nitrique, ozone, oléum, peroxyde d'hydrogène ou halogènes!

Vous trouverez de plus amples informations en vous reportant à notre brochure «Stabilité chimique des thermoplastiques».

#### Comportement des polypropylènes au contact du cuivre

Le contact du cuivre et d'ions de cuivre réduit la résistance au vieillissement thermique des polypropylènes. La présence de cuivre dans les polypropylènes ou le contact direct entre les polypropylènes et le cuivre accélère la thermoxydation, ce phénomène se traduisant par une augmentation sensible du vieillissement thermique.

S'il est en contact direct avec le cuivre, le polypropylène devra être chargé d'un stabilisant spécifique. Il en résulte une diminution du facteur 10 du vieillissement thermique.

# Die Eigenschaften der Thermoplaste

## Characteristics of thermoplastics

## Propriétés des thermoplastiques

### Verhalten gegenüber Wasserdampf und Gasen

(Permeation)

Polyethylen und Polypropylen sind wasserabweisend. Sie quellen nicht bei Wasserlagerung. Eine geringe Wasseraufnahme wurde bei stark pigmentierten oder gefüllten Typen festgestellt.

Eine Durchlässigkeit von Gasen ist vorhanden, für Wasserdampf sehr gering, dagegen für O<sub>2</sub> und CO<sub>2</sub> sowie für viele Geruchsstoffe sehr groß. Genauere Angaben über Permeationswerte können bei uns angefragt werden.

### Strahlenbeständigkeit

PE neigt zur Vernetzung bei Einwirkung energiereicher, ionisierter Strahlung. Die Strahlendosis, d.h. Röntgenstrahlen, Beta- und Gammastrahlen, bestimmen den Vernetzungsgrad. Die Spannungsrißbeständigkeit wird durch Vernetzen erhöht, dagegen werden die Zähigkeit und die Reißdehnung beeinträchtigt.

PP wird durch die Einwirkung energiereicher Strahlung nur geringfügig beeinflusst, z.B. werden medizinische Einwegartikel in der Regel mit einer Dosis von 2,5 Megarad sterilisiert.

### Verhalten gegenüber energiereicher Strahlung

PE hat die höchstmögliche Wasserstoffdichte und ist deswegen besonders geeignet, schnelle Neutronen zu bremsen. Mit Borverbindungen modifiziertes PE kann in der Reaktortechnik als Absorber für Neutronen eingesetzt werden.

Prinzipiell lassen sich alle Borverbindungen einsetzen. In der Praxis haben sich im Hause Röchling Borcarbide und Borsäuren durchgesetzt. Dabei sollte der elementare Boranteil mind. 2–3 % betragen.

Mischungen mit Borcarbiden weisen eine hohe Härte auf und können nur schwer spanend verarbeitet werden. Borsäuremischungen neigen zu Korrosion der Werkzeuge und Maschinen.

### Witterungsbeständigkeit

Bei Formteilen aus PE oder PP, die im Freien längere Zeit dem Sonnenlicht ausgesetzt sind, werden insbesondere durch den UV-Anteil des Sonnenlichts und unter Einfluß von Luftsauerstoff physikalisch-chemische Vorgänge ausgelöst. Die Folgen sind:

- Verfärbung (oft gelblich)
- Versprödung (Verlust der Zähigkeit)
- Verlust der mechanischen Eigenschaften

Einen großen Einfluß auf den Abbaumechanismus haben die Verarbeitungsverfahren und die Formteildicke. So beschleunigen innere Spannungen und dünne Wanddicken den UV-bedingten Abbau.

### UV-Stabilisatoren

Die wirkungsvollste Stabilisierung gegen UV-Schädigung erreicht man durch Zusatz von speziellen Rußsorten. Der Anteil beträgt mindestens 2 %. Die Farbe der Formteile wird dadurch tiefschwarz. Die Wirkung basiert im wesentlichen auf der Filterung der Strahlen und deren Umwandlung in Wärmeenergie.

Eine Verbesserung der UV-Stabilität um einen Faktor 15–20 läßt sich leicht erreichen.

### Resistance to water vapour and gases

(Permeation)

Polyethylene and polypropylene are water-repellent. They do not swell when stored in water. Slight absorption will be noted with strongly pigmented or filled types.

There is a certain permeability to gases: for water vapour this is very slight, but very high for O<sub>2</sub> and CO<sub>2</sub> as well as many odorous substances. Please ask us for precise data on permeation.

### Radiation resistance

PE tends to cross-linking when subjected to high energy, ionised radiation. How far this cross-linking goes will depend on the dose of X-rays, Beta or gamma rays. Cross-linking reduces toughness and elongation at break, but does increase resistance to stress-cracking.

PP is only slightly affected by high energy radiation. For example, disposable medical items are usually sterilised with a dose of 2.5 Mega-rads.

### Behaviour on exposure to high energy radiation

PE has the highest possible hydrogen density and is therefore especially suitable for slowing down fast neutrons. Modified with boron compounds, PE can be used in reactors as a neutron absorber.

In theory any boron compounds can be used; Röchling have tended to favour Boron carbide and boric acids in practice. The proportion of boron should be at least 2–3 %.

Mixtures with boron carbides are harder, which makes machining very difficult. Boric acid mixtures tend to corrode tools and machines.

### Weathering resistance

Moulded PE and PP parts exposed to sunlight in the open air for long periods are affected especially by the UV element in sunlight and acid in the atmosphere. These factors start physical-chemical processes with the following consequences:

- discoloration (often yellowish)
- embrittlement (loss of toughness)
- loss of mechanical properties.

Methods of processing and thickness of formed parts have a major effect on degradation. Internal stresses and thin wall thicknesses hasten UV-determined degradation.

### UV stabilisers

The most effective stabilisation against UV damage is achieved by adding at least 2 % special carbon black. This colour-moulded components a deep black. The effect is largely due to filtering out rays and conversion of them into heat energy.

It is easy to achieve an improvement in UV stability by a factor of 15–20.

### Comportement au contact de la vapeur d'eau et des gaz

(Perméation)

Les polyéthylènes et les polypropylènes sont hydrofuges. Stockés dans l'eau, ils ne gonflent pas. Une légère absorption d'eau a toutefois été constatée pour les matériaux fortement pigmentés ou chargés.

On relève une perméabilité aux gaz, une très faible perméabilité à la vapeur d'eau, en revanche une très forte perméabilité à l'O<sub>2</sub> et au CO<sub>2</sub> et à de nombreuses substances odorantes. N'hésitez pas à nous contacter pour obtenir des informations plus précises sur la perméation.

### Résistance au rayonnement

L'action de rayons ionisants, riches en énergie, provoque la réticulation du PE. L'exposition, les rayons X, bêta et gamma déterminent le taux de réticulation. La réticulation améliore la résistance à la fissuration sous contrainte; en revanche, elle réduit la ténacité et l'allongement à la rupture.

Les polypropylènes sont peu sensibles aux rayons riches en énergie; c'est la raison pour laquelle, les produits jetables utilisés dans le domaine médical peuvent être en règle générale stérilisés à 2,5 mégarads.

### Comportement aux rayons riches en énergie

Le polyéthylène a la plus forte densité d'hydrogène et est, de ce fait, capable de freiner les neutrons rapides. Le PE modifié avec des composés du bore peut être utilisé comme absorbant de neutrons dans le domaine des réacteurs.

En règle générale, tous les composés du bore peuvent être employés. Nous utilisons de préférence les carbures de bore et les acides boriques, la teneur primaire en bore devant être d'au moins 2 à 3 %.

Les mélanges avec les carbures de bore sont caractérisés par une grande dureté et sont difficilement usinables. Les mélanges avec les acides boriques provoquent la corrosion des outils et des machines.

### Stabilité aux agents atmosphériques

Les pièces en PE ou PP exposées au soleil pendant assez longtemps subissent des phénomènes d'altération physiques et chimiques dus essentiellement à l'action des rayons U.V. de la lumière solaire et à l'influence de l'oxygène de l'air.

- Les conséquences sont les suivantes:
- changement de couleur (souvent jaunâtre)
  - fragilité (perte de ténacité)
  - perte des propriétés mécaniques.

La procédure de transformation et l'épaisseur des pièces jouent un rôle déterminant dans le mécanisme d'altération. Les tensions internes et des pièces de faible épaisseur accélèrent le phénomène d'altération dû aux U.V.

### Stabilisants U.V.

La meilleure solution permettant de parvenir à une stabilisation contre l'altération due aux U.V. est l'adjonction de formes spécifiques de suie dans une proportion d'au moins 2 %. Il en résultera un matériau de couleur noir mat. Les rayons sont ainsi filtrés et convertis en énergie thermique.

La stabilité aux U.V. peut être facilement améliorée d'un facteur 15 à 20.

# Die Eigenschaften der Thermoplaste

## Characteristics of thermoplastics

### Propriétés des thermoplastiques

Werden naturfarbene oder gefärbte Formteile der UV-Strahlung ausgesetzt, müßten besondere Lichtstabilisierungssysteme eingesetzt werden. Hier kommen zum Einsatz: UV-Absorber und Radikalfänger.

Die UV-Absorber überführen die energiereiche Strahlung in Wärmeenergie. Die Radikalfänger verzögern oder bremsen den Abbaumechanismus. Als besonders wirksam haben sich die sogenannten HALS-Typen erwiesen (HALS = Hindered Amine Light Stabilizer).

If naturally or artificially coloured moulded parts are exposed to UV radiation, special light stabilisation systems have to be used. These are either UV absorbers or radical interceptors.

UV absorbers convert high energy radiation into heat energy. Radical interceptors delay or halt the degradation process. The types known as HALS have proved particularly effective (HALS = hindered amine light stabiliser).

Il est recommandé de charger les pièces teintées ou naturelles soumises aux rayons U.V. de systèmes de stabilisation, stabilisants lumière, absorbants U.V. et capteurs de radicaux.

Les absorbants U.V. convertissent la partie riche en énergie des rayons en énergie thermique. Les capteurs de radicaux ralentissent ou freinent le processus d'altération. On relèvera notamment les performances spécifiques des HALS. HALS = Hindered Amine Light Stabilizer

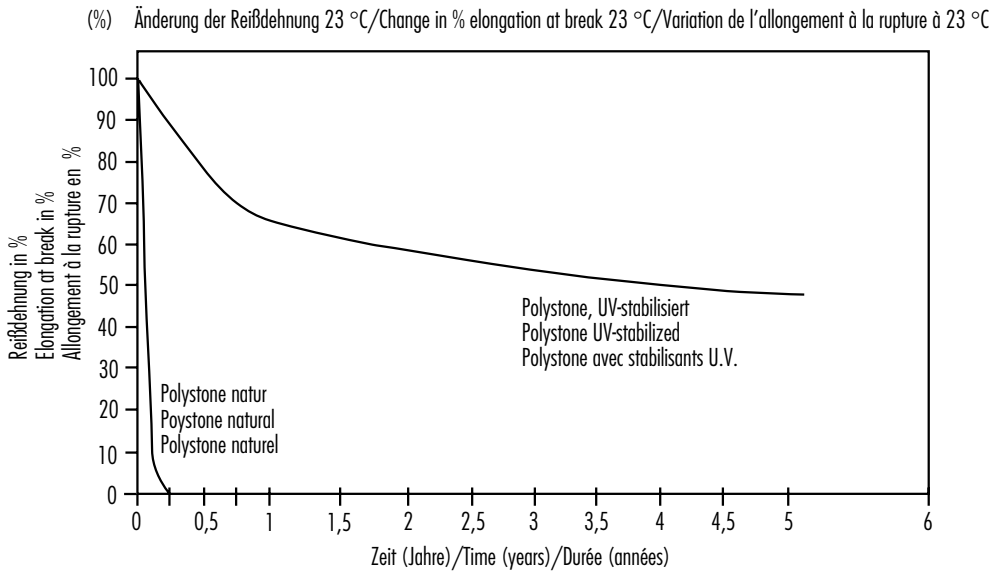


Abb. 15 Bewitterungsergebnisse  
 Prüfbedingung: normale Witterung in Deutschland  
 Fig. 15 Results after Weathering  
 Test conditions: normal weather conditions in Germany  
 Fig. 15 Résultats de l'exposition aux intempéries  
 Conditions d'essai: conditions météorologiques normales en Allemagne

Die farblichen und/oder mechanischen Eigenschaften werden durch die Zugabe dieser Typen nicht beeinflusst. Es konnte eine Verbesserung der Witterungsbeständigkeit bis zum Faktor 10 erreicht werden. Als Maß für die Bewertung gilt der Zeitraum, von dem an das Formteil noch mindestens 50 % der ursprünglichen Festigkeit behält.

Aufgrund des chemischen Aufbaus ist die Witterungsbeständigkeit von PP unter gleichen Bedingungen geringer als die von PE. Der von uns eingesetzte UV-Stabilisator wirkt gleichzeitig als Wärmestabilisator. Die Verbesserung der UV-Beständigkeit steigt in gleichem Maße an.

The colour and/or mechanical properties are not affected by addition of these types. An improvement of resistance to weathering of a factor of up to 10 could be achieved. One yardstick for assessment would be the time after which the moulded part retains at least 50 % of its original strength.

The chemical structure of PP gives it a lower weathering resistance than PE under the same circumstances. The UV stabiliser used by Röchling also works as a heat stabiliser. There is a corresponding improvement in UV resistance.

Ces substances n'entraînent aucune modification des couleurs et/ou des propriétés mécaniques des matériaux. Il est possible d'atteindre une amélioration de la résistance aux intempéries pouvant aller jusqu'au facteur 10. Celle-ci est évaluée en fonction de la durée pendant laquelle la pièce conserve encore au moins 50 % de sa résistance initiale.

En raison de leur composition chimique, les polypropylènes (PP) présentent une résistance aux intempéries inférieure aux polyéthylènes (PE) dans les mêmes conditions de mise en oeuvre. Nous utilisons un stabilisant U.V. qui sert également de stabilisant thermique. L'amélioration de la résistance aux U.V. augmente dans les mêmes proportions.

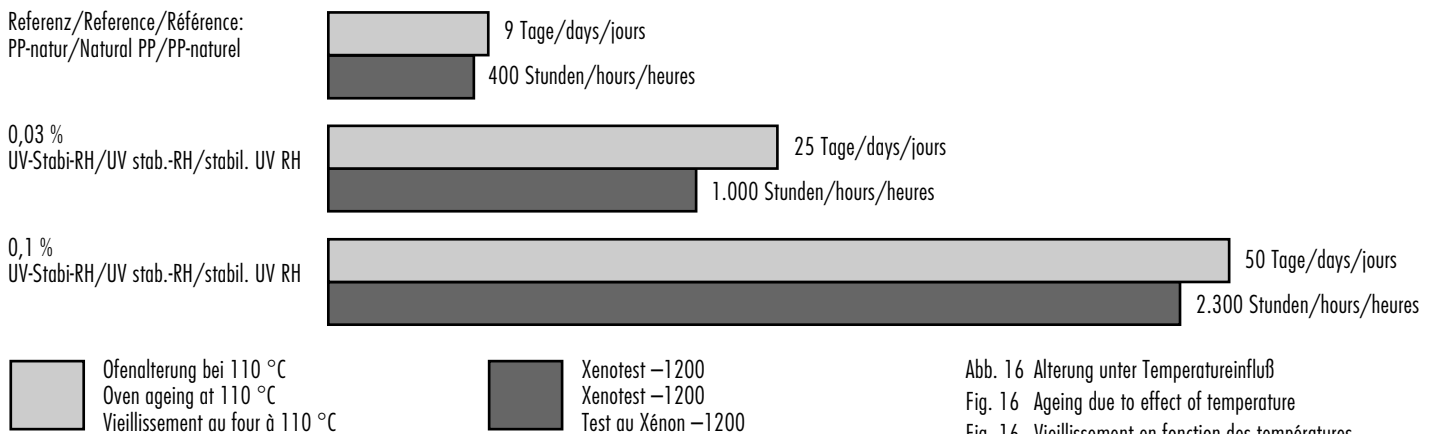


Abb. 16 Alterung unter Temperatureinfluß  
 Fig. 16 Ageing due to effect of temperature  
 Fig. 16 Vieillissement en fonction des températures

Beurteilung:  
 Ofenalterung Tage bis zur Versprödung  
 Xenotest Stunden, bis 50 % der Zugfestigkeit erreicht wurden

Assessment:  
 Oven ageing: days till embrittlement  
 Xenotest: hours to reach 50 % tensile strength

Evaluation:  
 Vieillissement au four: jours jusqu'à fragilisation  
 Test au xénon: heures jusqu'à 50 % de la résistance en traction

# Die Eigenschaften der Thermoplaste

## Characteristics of thermoplastics

## Propriétés des thermoplastiques

### Brandverhalten

Die Brennbarkeit der Kunststoffe ist oft ein technisches Problem und ein Hindernis für den Einsatz. Für die Klassifizierungen des Brandverhaltens werden unterschiedliche Prüfmethoden eingesetzt. In der DIN 4102 werden die Stoffe in brennbar und nicht brennbar untergliedert. Alle Polystone-Typen gehören zu den normal brennbaren Kunststoffen.

Nach 4102 werden alle brennbaren Baustoffe in Klasse B eingestuft und unterteilt in:

- B1 – schwer entflammbar
- B2 – normal entflammbar
- B3 – leicht entflammbar

Eine weitere Beurteilung der Entflammbarkeit wird durch den Sauerstoffanteil durchgeführt. In dieser Prüfung nach ASTM 2863 wird ermittelt, wieviel Sauerstoff einem Kunststoff zur Verfügung stehen muß, damit er entzündet und weiterbrennt. Die Zahl gibt die Konzentration von Sauerstoff (Vol.%) in einem Stickstoff-Sauerstoff-Gemisch an, die notwendig ist, um die Verbrennung aufrechtzuerhalten.

Werkstoffe Material Matériaux	Brandverhalten DIN 4102/UL 94 Behaviour in fire 4102/UL 94 Comportement au feu 4102/UL 94	Sauerstoffindex Oxygen index Indice d'oxygène	Fremdentzündung External ignition Inflammation externe	Selbstentzündung Self ignition Auto-inflammation
Polystone M, D, G (PE)	B2 HB	18	350	445
Polystone P (PP)	B2 HB	18	350	430
Polystone PPs (PP schwerentfl.)	B1 V2	24 – 28		
Polystone PVDF	V0	44		
Polystone M-flametech	B2 V0	28		

Abb. 17 Brandverhalten von Polystone

### Elektrische Eigenschaften

Die von uns hergestellten thermoplastischen Kunststoffe sind normalerweise gute elektrische Isolatoren. Bei vielen Anwendungen nutzt man gerade diese Eigenschaft gezielt aus. Es sind aber auch viele Einsatzgebiete bekannt, in denen die elektrische Leitfähigkeit oder ein antistatisches Verhalten verlangt werden. Elektrische Aufladungen an der Oberfläche von normalen Kunststoffen können ein Potential von mehreren Kilovolt erzeugen. Durch Funkenentladung können Staubexplosionen hervorgerufen werden. Bei Staub-Luft-Gemischen und ganz besonders bei Gas-Luft-Gemischen werden die Mindestzündenergien (MZE) schnell erreicht.

Viele moderne elektronische Bauteile können durch elektrostatische Entladung beschädigt werden, z.B. dürfen Transportbänder für diese Teile nicht isolierend sein, sondern müssen die elektrische Energie ableiten.

### Polystone – leitfähig

Oberflächenwiderstand  $< 1 \times 10^4 \Omega$

Eine sehr häufig eingesetzte Möglichkeit, Thermoplaste elektrisch leitfähig zu gestalten, wird durch Zusatz von leitfähigen Rußsorten erreicht. Die Rußmenge muß so hoch sein, daß ein leitfähiges Netzwerk durch den Ruß gebildet wird. Die Netzwerkbildung und damit die Rußmenge sind stark abhängig vom Verarbeitungsverfahren.

In Abbildung 20 ist zu erkennen, daß bei gepreßten Werkstoffen gegenüber extrudierten Produkten deutlich weniger Rußgehalt erforderlich ist, um die gewünschte Leitfähigkeit zu erreichen.

### Fire Behaviour

Combustibility is often a technical problem with plastics and an obstacle to their use. Various test methods are used to classify combustibility. DIN 4102 subdivides materials into combustible and non-combustible. All types of Polystone are normally combustible plastics. DIN 4102 places all combustible materials in Class B, subdivided as follows:

- B1 – slightly inflammable
- B2 – normally inflammable
- B3 – highly inflammable

Oxygen content is another guide to inflammability. This test as per ASTM 2863 shows how much oxygen a plastic requires to catch fire and continue to burn. The number gives the oxygen concentration (vol. %) in a nitrogen/oxygen mix necessary to maintain combustion.

Fig. 17 Fire Behaviour of Polystone

### Electrical properties

The thermoplastics we manufacture are usually good electrical insulators. This property is put to specific use in many applications, however, there are many known applications which require electrical conductivity or anti-static behaviour. Electrical charges on the surface of normal plastics can produce a potential of several kilovolts and sparking can cause dust explosions. Gas-air mixes, and to a lesser extent dust-air mixes, quickly reach minimum ignition energies. Many modern electronic components can be damaged by electrostatic charge. For example, conveyor belts for such components should not be insulated, they must be able to conduct electric energy away.

### Polystone – conductive

Surface resistance  $< 1 \times 10^4 \Omega$

Conductive carbon black is very frequently added to make thermoplastics electrically conductive. Enough carbon black must be used for it to form a conductive network. Formation of the network, and hence quantity of carbon black, are closely dependent upon methods of processing.

Fig. 20 shows how pressed materials require a markedly lower carbon black content than extruded products in order to achieve the desired conductivity.

### Comportement au feu

L'inflammabilité des matières plastiques constitue souvent un problème technique et par conséquent un obstacle à leur mise en oeuvre. Différentes méthodes d'essai permettent de classer les matériaux en fonction de leur comportement au feu. La norme DIN 4102 distingue les matériaux inflammables et les matériaux ininflammables. Tous les types de Polystone font partie des matières plastiques normalement inflammables. La norme DIN 4102 répertorie tous les matériaux inflammables dans la catégorie B et fait la distinction suivante:

- B1 – difficilement inflammable
- B2 – normalement inflammable
- B3 – facilement inflammable

L'inflammabilité est également évaluée à partir de la teneur en oxygène. L'essai effectué conformément à ASTM 2863 consiste à déterminer la teneur en oxygène nécessaire au matériau pour qu'il s'enflamme et se consume. L'indice indique la concentration d'oxygène (% du volume) dans un mélange azote/oxygène nécessaire pour maintenir la combustion.

Fig. 17 Comportement au feu du Polystone

### Propriétés électriques

En règle générale, nos thermoplastiques sont de bons isolants électriques. L'isolation électrique est une propriété recherchée pour de nombreuses applications. En revanche, dans d'autres secteurs, les qualités recherchées sont la conductivité électrique ou un comportement antistatique. Les charges électriques à la surface de plastiques traditionnels peuvent générer un potentiel de plusieurs kilovolts. Des étincelles peuvent être à l'origine d'explosions de poussières. Les énergies minimales d'allumage peuvent être rapidement atteintes en présence de mélanges poussières/air et notamment gaz/air.

De nombreux composants électroniques modernes peuvent être endommagés par des décharges électrostatiques. C'est la raison pour laquelle les tapis roulants utilisés dans ce secteur ne doivent pas exercer un pouvoir isolant, mais dissipateur de l'énergie électrique.

### Polystone – conducteur

Résistance superficielle  $< 1 \times 10^4 \Omega$

L'une des possibilités souvent utilisée pour que les thermoplastiques soient conducteurs d'électricité est l'adjonction de suies conductrices. La quantité de suie doit permettre de constituer un réseau conducteur. Le procédé de transformation détermine dans une large mesure la formation du réseau et la quantité de suie.

Comme l'indique la figure 20, les matériaux moulés par compression exigent nettement moins de suie que les produits extrudés pour atteindre la conductivité requise.

# Die Eigenschaften der Thermoplaste

## Characteristics of thermoplastics

### Propriétés des thermoplastiques

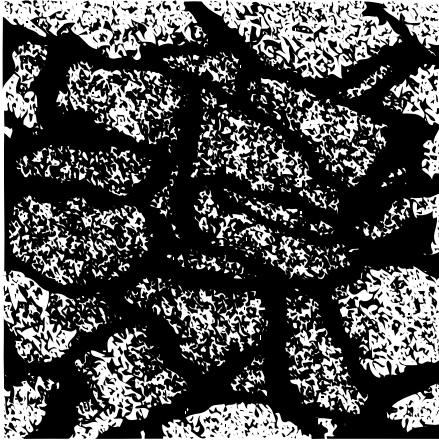


Abb. 18 Leitfähiges Netzwerk bei gepreßtem Material  
 Fig. 18 Conductive network in pressed material  
 Fig. 18 Réseau conducteur dans le cas d'un matériau moulé par compression

#### Polystone – antistatisch

Oberflächenwiderstand  $< 1 \times 10^8 \Omega$

Diese Ausrüstung wird speziell eingesetzt, um eine staubabweisende Wirkung unserer Polystone-Typen zu erreichen.

Die eingesetzten Antistatika bauen an der Oberfläche einen leitfähigen Film auf. Durch ständiges Nachdiffundieren der Additive ist eine gute antistatische Wirkung gemessen worden. Die Dauerhaftigkeit ist in starkem Maße von der mechanischen Belastung, der Einsatztemperatur sowie der Luftfeuchtigkeit abhängig. Oberflächen, die kaum oder gar nicht auf Abrieb beansprucht werden, können noch nach 2 Jahren eine gute antistatische Wirkung zeigen.

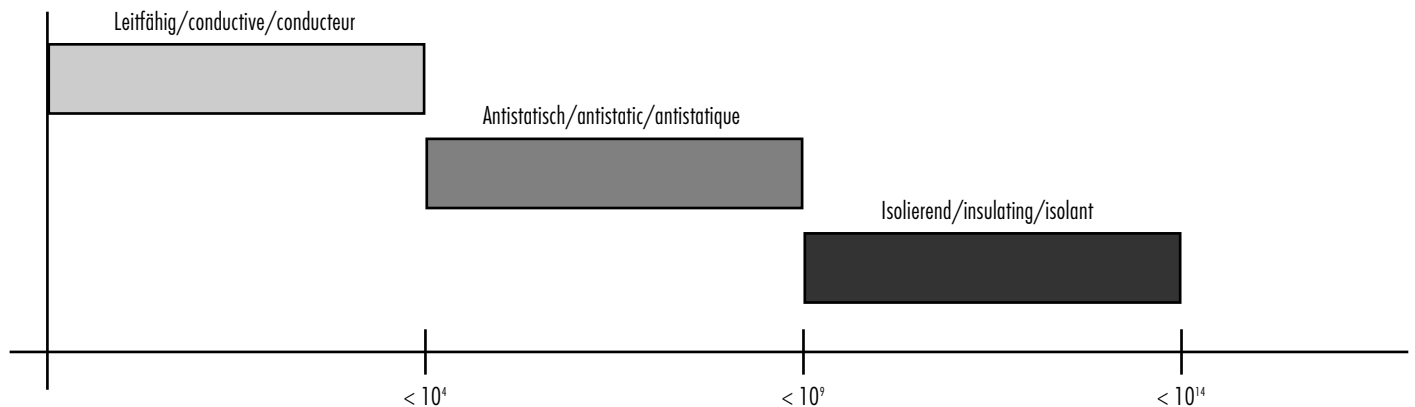


Abb. 20 Widerstandsbereiche  $\Omega$  cm Durchgangswiderstand  
 Fig. 20 Resistance ranges  $\Omega$  cm Insulation resistance  
 Fig. 20 Différentes zones de résistance en  $\Omega$  cm de la résistance intérieure

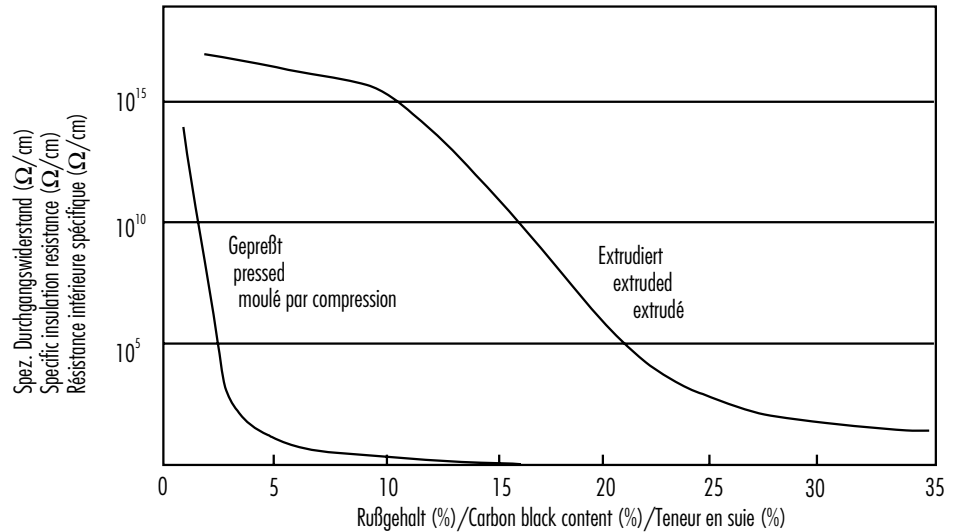


Abb. 19 Spez. Durchgangswiderstand  
 Fig. 19 Specific insulation resistance  
 Fig. 19 Résistance intérieure spécifique

#### Antistatic properties of Polystone

Surface resistance  $< 1 \times 10^8 \Omega$

This version is used specially to give our types of Polystone dust repellent properties.

The antistatics used create a conductive film on the surface. Constant diffusion of additives has been found to produce good antistatic properties. How long these last will depend to a large extent on mechanical load, operating extent on mechanical load, operating temperature and atmospheric humidity. Surfaces which are subjected to little or no wear can show good antistatic properties even after two years.

#### Polystone - antistatique

Résistance superficielle  $< 1 \times 10^8 \Omega$

Nous utilisons ce procédé pour conférer à nos matériaux en Polystone un pouvoir antistatique.

Les agents antistatiques constituent un film conducteur à la surface du matériau. Une diffusion permanente des additifs a permis de mesurer un bon effet antistatique. La durabilité dépend dans une large mesure des contraintes mécaniques, de la température d'utilisation et de l'humidité de l'air. Les surfaces qui ne subissent aucune usure, ou très peu, peuvent présenter un bon pouvoir antistatique même au bout de deux ans d'utilisation.



# Die Eigenschaften der Thermoplaste

## Characteristics of thermoplastics

### Propriétés des thermoplastiques

Eigenschaft Property Propriété	Einheit Unit Unité	Prüfmethode Test method Méthode d'essai	Polystone Polystone Polystone	Polystone, leitfähig Polystone conductive Polystone conducteur
Spezifischer Durchgangswiderstand specific insulation resistance résistance intérieure spécifique	$\Omega \cdot \text{cm}$	IEC 93; DIN VDE 0303, Teil 3 IEC 93; DIN VDE 0303, Part 3 IEC 93; DIN VDE 0303, partie 3	$> 10^{15}$	$> 10^3$
Oberflächenwiderstand Surface resistance Résistance superficielle	$\Omega$	DIN VDE 0303, Teil 3 DIN VDE 0303, Part 3 DIN VDE 0303, partie 3	$> 10^{14}$	$> 10^4$
Durchschlagfestigkeit K 20/P 50 Dielectric impact strength K 20/P 50 Résistance disruptive K 20/P 50	kV/mm	DIN VDE 0303, Teil 2, gemessen in Trafoöl, DIN VDE 0303, Part measured in transformer oil DIN VDE 0303, partie 2, mesurée dans l'huile de transfo., $E_d \geq 60 \text{ kV}/2,5 \text{ mm}$ (IEC 156)	30 – 40	–

Abb. 21 Elektrische Eigenschaften

Fig. 21 Electrical Properties

Fig. 21 Propriétés électriques

### Eignung im Lebensmittelbereich

Das Bundesgesundheitsamt (BGVV) regelt in seiner Empfehlung III „Polyethylen“ und Empfehlung VII „Polypropylen“ die Verwendung von Polyethylen und Polypropylen bei der Herstellung von Bedarfsgegenständen im Sinne von § 5 Abs. 1 Nr. 1 des Lebensmittel- und Bedarfsgegenstandesgesetzes (LMBG). Unsere Polystone-Typen entsprechen dieser Empfehlung. In bezug auf die verwendete Einfärbung auch der BGA-Empfehlung IX „Farbstoffe zum Einfärben von Kunststoffen“. Bei speziellen Farbeeinstellungen bitte Rücksprache.

### Suitability for use with foodstuffs

The German Health Office (BGVV) in its Recommendation III on Polyethylene and Recommendation VII on Polypropylene advises use of polyethylene and polypropylene to manufacture consumer goods under the meaning of Section 5 Part 1 No. 1 of the Food and Consumer Goods Law (LMBG). Our types of Polystone do comply with this recommendation. With regard to the colouring used, German Health Office Recommendation IX "Colouring agents for Colouring Foods" should also be consulted. For special colour inputs, please consult us.

### Homologation pour le secteur alimentaire

L'Office fédéral allemand de la santé (Bundesgesundheitsamt – BGVV) définit dans la réglementation III «Polyéthylènes» et dans le règlement VII «Polypropylènes» les applications des polyéthylènes et des polypropylènes dans les produits de consommation conformément au § 5, alinéa 1, n°1 de la loi sur les produits alimentaires et de consommation courante (LMBG). Nos qualités de Polystone sont conformes à cette recommandation. Par ailleurs, nos agents de coloration satisfont à la recommandation IX du BGA «Colorants pour la coloration des matières plastiques». Prière de nous contacter en cas de coloris spécifiques.

Unbedenklich	Nicht zulässig
M–natur	M–schwarz–EL
M–grün	G–schwarz–EL
D–natur	P–grau–FL
D–schwarz	P–natur–AST
G–natur	
G–schwarz	
P–natur	
P–grau	

Abb. 22 Kontakt mit Lebensmitteln

Im Trinkwasserbereich können die Stoffe eingesetzt werden, die in Kontakt mit Lebensmitteln unbedenklich sind. Zur Beurteilung dient die KTW-Empfehlung (Kunststoff-Trinkwasser-Empfehlung).

safe	not permitted
M–natural	M–black–EL
M–green	G–black–EL
D–natural	P–grey–FL
D–black	P–natural–AST
G–natural	
G–black	
P–natural	
P–grey	

Fig. 22 Contact with Foods

Materials which are safe in contact with foods can also be used in contact with drinking water. The "KTW" recommendation on plastics and drinking water should be consulted in any decision.

conforme	non autorisé
M–naturel	M–noir–EL
M–vert	G–noir–EL
D–naturel	P–gris–FL
D–noir	P–naturel–AST
G–naturel	
G–noir	
P–naturel	
P–gris	

Fig. 22 Applications alimentaires

Les matériaux ne présentant aucun danger pour les produits alimentaires peuvent être également utilisés dans le domaine de l'eau potable. On se référera à la recommandation KTW (matière plastique/eau potable).

# Zerspanungstechniken Machinig Methods Techniques d'usinage

## Allgemeine Hinweise

Thermoplastische Kunststoffe, die mechanisch nachbearbeitet werden, können mit allen bekannten Werkzeugen aus der Holz- und Metallverarbeitung zerspannt werden.

Die Zerspanarbeit der Maschine wird in Verformungs- und Reibungsarbeit umgewandelt. Dabei wird der größte Teil in Wärmeenergie umgesetzt.

Allgemein sind Metalle gute Wärmeleiter. Die Wärmeleitfähigkeit von thermoplastischen Kunststoffen ist ca. 100- bis 1.000mal geringer als die von Stahl.

Bei hohen Zerspanungsleistungen empfiehlt es sich, mit hohen Schnittgeschwindigkeiten und geringer Spantiefe zu arbeiten. Alle Parameter wie Werkzeuggeometrie, Vorschub, Spantiefe und Vorschubgeschwindigkeit sind so zu wählen, daß die entstehende Wärme mit dem Span abgeführt wird.

Bei großen Schnitttiefen sollte gekühlt werden, um ein Schmelzen oder Anschmelzen des Werkstoffes zu verhindern. Als Kühlmittel kann Preßluft oder Kühlemulsion verwendet werden. Besonders glatte Oberflächen und Fertigteile mit hohen Toleranzanforderungen müssen bei der Bearbeitung gekühlt werden.

## Spannungen im Halbzeug

Kunststoffhalbzeuge, die mittels Extrusion oder durch Pressen hergestellt wurden, weisen mehr oder weniger starke Eigenspannungen auf. Die Entstehung dieser Eigenspannungen ist in der Regel verfahrensbedingt und nicht auf äußere Kräfte zurückzuführen. Bei Halbzeugen, die gerade, plan- und toleranzhaltig sind, ist die Summe aller Spannungen gleich Null. Durch mechanisches Bearbeiten wird dieses Gleichgewicht gestört, und das zu bearbeitende Teil kann sich verformen.

## Tempern

Durch Tempern lassen sich Spannungsspitzen weitgehend abbauen und genauere Toleranzen erreichen. Der Temperovorgang sollte bei thermoplastischen Kunststoffen dicht unterhalb der Erstarrungstemperatur durchgeführt werden.

Die Temperdauer wird bestimmt durch die Dicke des Werkstückes. Positive Erfahrungen haben wir gemacht, wenn für 10 mm Wanddicke 2 h Temperatur gehalten wurde. Wichtig für das sachgemäße Tempern ist der anschließende Abkühlprozeß. Die Abkühlgeschwindigkeit sollte so gewählt werden, daß das Verhältnis von Aufheizen und Abkühlen 1 : 3 beträgt (Abkühlprozeß).

## Maschinenteknik

Zur spanenden Bearbeitung unserer Werkstoffe sind fast alle schnellaufenden Maschinen aus der Holz- und Metallindustrie verwendbar. Eine gute Spanabfuhr ist nötig, um keinen Wärmestau im Zerspanungsbereich entstehen zu lassen. Die entstehende Wärme sollte mit dem Span abgeführt werden. Die Spanabnahme kann durch die Spülwirkung eines Kühlmittels, durch Absaugung oder durch eine Kombination dieser Möglichkeiten erfolgen. Die Anwendung eines Kühlmittels beeinflußt die zu erzielende Oberflächengüte positiv. Bei unseren Werkstoffen können Kühlmittel bedenkenlos eingesetzt werden, da es zu keiner Aufnahme von Feuchtigkeit kommt.

## General instructions

Thermoplastics can be given a machine finish with all known tools used in wood and metal processing.

The normal machining operation becomes one of friction and deformation, with most of the energy finally converted into heat.

Metals are generally good thermoconductors. Thermoplastics are approx. 100 to 1000 times less thermoconductive than steel.

Where there is a large amount of machining to be done, it is advisable to work at high cutting speeds and low depth. Parameters such as tool size, feed, cut and input speed shall be selected to remove heat produced with the chip.

Deeper cuts should be cooled so that the material does not smear or melt. Cooling can be provided by means of compressed air or emulsions. Exceptionally smooth surfaces and finished parts with high tolerance specifications must be cooled during machining.

## Stresses in semi-finished products

Semi-finished plastic products produced by extrusion or pressing have varying levels of internal stress. Such stresses are usually caused by the process, not external forces. Semi-finished products which are straight, flat and within tolerance will balance stress. Mechanical processing disturbs this equilibrium and can distort the part concerned.

## Annealing

Tempering to a great extent removes stress concentrations and achieves finer tolerances. For thermoplastics, the tempering process should be carried out at a temperature immediately below that of solidification.

How long to temper will depend on the thickness of the workpiece. We have obtained positive results with 2 hour's tempering per 10 mm thickness. The subsequent cooling process is also important for proper tempering. A cooling speed should be selected which keeps a 1:3 heating to cooling ratio.

## Machining technology

Nearly all high-speed tools used in the timber and metal industries are able to machine our materials. Efficient removal of swarf is essential to prevent buildup of heat in the machining zone. Any heat produced should be removed together with the swarf. Swarf removal is possible by rinsing with coolant, vacuuming or both. Using a coolant has a positive effect on the surface quality achieved. Coolants can be used freely with our materials, as there is no moisture absorption.

## Généralités

L'usinage des thermoplastiques peut être réalisé avec tous les outils couramment utilisés dans l'industrie de transformation du bois et des métaux.

Le travail de coupe de la machine est converti en travail de déformation et de frottement, la majeure partie étant convertie en énergie thermique. En règle générale, les métaux sont de bons conducteurs de la chaleur. La conductivité thermique des thermoplastiques est d'environ 100 à 1000 fois inférieure à celle de l'acier.

En cas d'importants volumes de copeaux, il est recommandé de travailler à des vitesses de coupe élevées et à une profondeur de coupe réduite. Tous les paramètres tels que géométrie de l'outil, avance, profondeur de coupe et vitesse d'avance doivent être sélectionnés de sorte que la chaleur dégagée puisse être évacuée avec les copeaux.

En cas de profondeurs de coupe importantes, il est préférable d'ajouter un réfrigérant destiné à éviter tout phénomène d'encrassement ou de fonte du matériau. On utilisera de l'air comprimé ou une émulsion réfrigérante. Le refroidissement est indispensable pour l'usinage de surfaces particulièrement lisses et de pièces exigeant des tolérances très élevées.

## Tensions internes au semi-produit

Les semi-produits fabriqués par extrusion ou moulage par compression présentent des tensions internes plus ou moins importantes. En règle générale, ces tensions ne proviennent pas de forces extérieures mais du procédé mis en oeuvre. Dans le cas de semi-produits droits, plans et fidèles aux dimensions tolérées, la somme de toutes ces tensions est nulle. L'usinage modifie cet équilibre, ce qui peut entraîner un phénomène de déformation de la pièce à usiner.

## Étuvage (après cuisson)

L'étuvage permet de réduire les pointes de tension et d'atteindre des tolérances plus précises. La procédure d'étuvage des thermoplastiques doit intervenir à une température légèrement inférieure à la température de solidification.

La durée de l'étuvage est fonction de l'épaisseur du matériau. Par expérience, nous recommandons 2 heures d'étuvage pour un matériau de 10 mm d'épaisseur. Il convient par ailleurs de veiller au bon déroulement du processus de refroidissement intervenant immédiatement après. La vitesse de refroidissement idéale correspond à un rapport chauffage/refroidissement de 1:3 (processus de refroidissement).

## Machines

Nos matériaux peuvent être usinés avec pratiquement toutes les machines couramment utilisées dans l'industrie de transformation du bois et des métaux. Il est important de disposer de suffisamment d'espace pour l'évacuation des copeaux afin d'éviter toute accumulation de chaleur dans la zone de dégagement des copeaux. Cela doit permettre d'évacuer la chaleur générée avec les copeaux. Les copeaux peuvent être évacués à l'aide d'un réfrigérant, par aspiration ou par combinaison des deux possibilités. L'utilisation d'un réfrigérant s'avère intéressante pour l'état de surface à atteindre. Nos matériaux sont compatibles avec nombre de réfrigérants puisque toute absorption d'humidité est exclue.

## Werkzeugauswahl

Für thermoplastische Produkte aus unserem Haus ist ein Schnellarbeitsstahl (HSS) als Schneidwerkstoff ausreichend. Eine höhere Produktivität und Standzeit der Werkzeuge können erreicht werden durch den Einsatz hartmetallbestückter Werkzeuge. Die K-Sorten von Hartmetallen (K 10) sind aufgrund niedriger Wärmeausdehnungskoeffizienten und hoher Wärmeleitfähigkeit vorzuziehen.

Die spezifischen Schnittkräfte bei der Kunststoffbearbeitung sind niedrig. Falls stumpfe Werkzeugschneiden verwendet werden, erhöhen sich die Fräskräfte, wobei sich gleichzeitig die erzeugte Oberfläche verschlechtert. Die Standzeit wird insbesondere durch die Schnittgeschwindigkeit, den Vorschub, die Schnittbreite und die Schnitttiefe beeinflusst.

Die auftretenden Schnittkräfte sinken mit steigendem Frei- und Spanwinkel. Um den Schneidkeil nicht übermäßig zu schwächen, sind bei der Auswahl von Frei- und Spanwinkel Grenzen gesetzt. Die ausgeübte Trennkraft sollte in Schnittrichtung verlaufen. Durch Auswahl des Spanwinkels läßt sich die Wirkrichtung auf den bearbeiteten Werkstoff beeinflussen. Drallverzahnte Schaffräser haben sich in der Praxis bewährt. Bei der Bearbeitung ist darauf zu achten, daß keine tiefen Riefen und scharfen Querschnittsübergänge auftreten, da sie infolge der bekannten Kerbwirkung bei Belastung einen frühzeitigen Materialbruch einleiten. Eine Oberflächenverbesserung kann durch nachträgliches Polieren mit Schwabbeln erreicht werden. Die beim Sägen, Bohren oder Fräsen entstandenen Kanten können mit Flachscharbern oder mit speziellen Entgratern sauber nachgearbeitet und angefast werden. Die nachstehenden Tabellen enthalten die Richtwerte für die Bearbeitungsverfahren. Angaben für die spanende Bearbeitung von Kunststoffen findet man in den VDI-Richtlinien VDI 2003.

## Zerspanung

### Sägen

Für das Trennen von thermoplastischen Werkstoffen eignen sich schnelllaufende Band- und Kreissägen. Die Schnittflächen werden sehr sauber, wenn die Zähne leicht geschränkt sind. Die größte Neigung zum Verschmieren der Schnittflächen hat das Polypropylen. Aus diesem Grunde ist für eine schnelle Spanabfuhr zu sorgen. Sägeblätter mit einer Zahnteilung, die größer als 15 mm ist, haben erfahrungsgemäß eine bessere Schnittgüte. Hartmetall-Sägeblätter verbessern die Schnittleistung und erhöhen die Standzeiten.

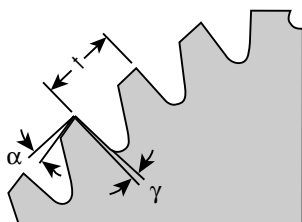


Abb./Fig. 23

## Choice of tool

High-speed steel is adequate for cutting thermoplastic products from Röchling. Carbide tipped tools are long-lasting and achieve high productivity. „K“ type hard metals (K 10) are best due to their low thermal expansion coefficients and high thermoconductivity.

Minimum cutting force is required for machining plastic. Blunt blades require greater force for cutting and produce a poorer surface finish. Working life is particularly affected by cutting speed, feed and width and depth of cut.

The greater the clearance and rake angle, the less cutting force is involved. To avoid excessive weakening of the cut wedge, there are limits to the clearance and rake angle that may be used. The cutting force should run in the direction of cut. Selecting the rake angle allows the direction of working to affect the processed material. Spiral-toothed end mills have proved suitable in practice. Take care during machining to avoid deep scoring or sharp crossover marks which, given the known notch effect, can cause early breakage of the material under load. Final polishing with a polishing wheel can improve surface finish. Edges left after sawing, drilling or milling can be reworked with blunt scrapers or special deburring equipment and chamfered. The following tables give guidelines for the machining process. Data for machining plastics is given in VDI Guideline 2003.

## Methods of Processing

### Sawing

Fast-running band and circular saws are suitable for cutting thermoplastic materials. The cut surfaces can be smooth when the teeth are lightly set. Polypropylene has the greatest tendency to cut surface smears and fast chip removal is therefore essential. Saw blades with teeth more than 15 mm apart have been shown to produce a better quality cut. Hard metal saw blades improve performance and have a longer working life.

α Freiwinkel	Grad	10–15 HM / 30–40 SS
Clearance	Degrees	10–15 HM / 30–40 SS
angle de déviation	degré	10–15 HM / 30–40 SS

γ Spanwinkel	Grad	0–5 HM / 3–8 SS
Rake angle	Degrees	0–5 HM / 3–8 SS
angle de coupe	degré	0–5 HM / 3–8 SS

t Zahnteilung	mm	5–10
Gullet	mm	5–10
pas (des dents)	mm	5–10

Schränkung	mm	0,8–1,0
Set	mm	0,8–1,0
avoyage	mm	0,8–1,0

## Sélection des outils

Les outils en acier HSS (acier à coupe rapide) sont parfaitement adaptés à la mise en oeuvre de nos matériaux. On utilisera néanmoins des outils en carbure pour augmenter la productivité et la longévité des outils. On préférera les catégories K de métaux durs (K 10) en raison de leurs faibles coefficients de dilatation thermique et de leur bonne conductibilité thermique.

L'usinage des matières plastiques requiert des efforts de coupe spécifiques peu élevés. L'utilisation d'outils à la partie tranchante émoussée entraîne l'augmentation des efforts de fraisage et une diminution de la qualité de surface. La longévité est fonction notamment de la vitesse de coupe, de l'avance, de la largeur et de la profondeur de passe.

Les efforts de coupe diminuent avec l'augmentation de l'angle de dépouille et de coupe de l'outil. Pour ne pas endommager le tranchant d'une manière exagérée, il convient de fixer des limites dans le choix des angles de dépouille et de coupe. L'effort de sectionnement devrait être appliqué dans la direction de la coupe. En choisissant l'angle de coupe, on peut adapter la direction de coupe au matériau usiné. Les fraises cylindriques deux tailles à denture inclinée ont donné d'excellents résultats dans ce domaine. On veillera également à éviter la formation de rainures profondes et de raccords de section à angle aigu puisque ceux-ci peuvent entraîner une rupture prématurée du matériau en raison de l'effet de cisaillement lors de la mise sous contrainte. La qualité de surface du matériau usiné pourra être améliorée par rectification avec des disques polisseurs. Les arêtes provenant des opérations de sciage, perçage ou fraisage peuvent être rectifiées à l'aide de disques polisseurs ou d'outils d'ébavurage spécifiques, puis chanfreinées. Les tableaux ci-après contiennent les valeurs indicatives recommandées pour les différents procédés d'usinage. Vous trouverez tous les renseignements nécessaires sur l'usinage des matières plastiques en vous reportant aux directives VDI 2003.

## Usage par enlèvement de copeaux

### Sciage

Le sciage des thermoplastiques s'effectue avec des scies à ruban et des scies circulaires. Pour obtenir des surfaces de coupe très propres, les dents doivent être légèrement avoyées. Le polypropylène est le matériau qui tend le plus à encrasser les surfaces de coupe. C'est la raison pour laquelle on veillera à ce que les copeaux puissent être évacués rapidement. L'expérience a montré que les lames de scies dont le pas est supérieur à 15 mm assurent une meilleure coupe. Les lames en carbure améliorent la qualité du travail ainsi que la longévité des outils.

Schnittgeschw.	m/min	3.000
Cutting speed	m/min	3000
vitesse de coupe	m/min	3000

Vorschub	mm/Zahn	0,1–0,3
Feed	mm/tooth	0,1–0,3
avance	mm/dent	0,1–0,3

# Zerspanungstechniken Machining Methods Techniques d'usinage

## Hobeln

Die aus der Holzbearbeitung bekannten Abricht- und Dickenhobel sind auch für die thermoplastischen Kunststoffe geeignet. Die Oberflächengüte ist in starkem Maße abhängig von Vorschub, Schnittgeschwindigkeit, Frei- und Spanwinkel sowie Zustand der Bearbeitungsmesser. Die Maschinen sollten eine besonders starke Lagerung besitzen.

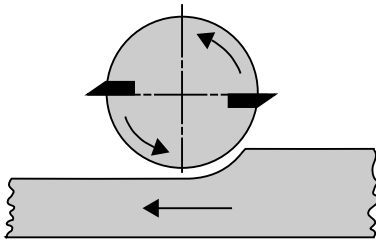


Abb./Fig. 24

## Fräsen

Beim Fräsen ist besonders darauf zu achten, daß der Spanquerschnitt möglichst groß gewählt wird, um die Zerspannungswärme abführen zu können. Dazu müssen Schnitttiefe und Vorschub groß sein, die Schnittgeschwindigkeiten dagegen niedrig. Schnelle Holzbearbeitungsmaschinen mit relativ hohen Vorschüben und hohen Drehzahlen haben sich ebenso durchgesetzt wie die Universal-Fräsen aus dem Maschinenbau.

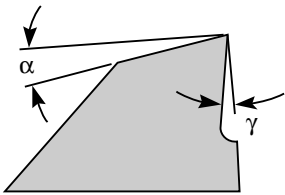


Abb./Fig. 25

## Bohren

Spiralbohrer können fast immer eingesetzt werden. Sie sollten einen Drallwinkel von 20–30° und einen Spitzenwinkel von 110–120° aufweisen. Beim Bohren entsteht infolge von Reibung eine große Wärmemenge. Diese Reibungswärme muß mit dem Span oder durch zusätzliches Kühlen abgeführt werden. Bei größeren Bohrungstiefen ist es hilfreich, den Bohrer manchmal aus dem Bohrloch herauszuziehen, um den Span zu entleeren. Wird eine hohe Genauigkeit gefordert, empfiehlt es sich, das Werkstück vorzubohren und gegebenenfalls zwischenzulagern. Für exakte Bohrungen sollte mit einer Reibahle gearbeitet werden.

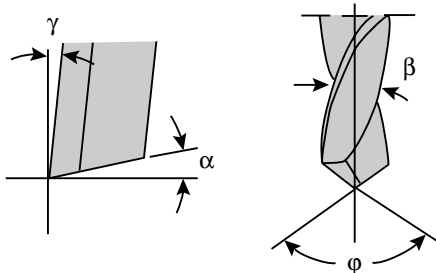


Abb./Fig. 26

## Planing

Surface and panel planers used in woodwork are also suitable for thermoplastics. Surface quality largely depends on feed, cutting speed, clearance and rake angle as well as the state of the cutters. The machines should have extra strong bearings.

Freiwinkel	Grad	15–30
Clearance	Degrees	15–30
angle de dépouille	degré	15–30
Spanwinkel	Grad	15–2
Rake angle	Degrees	15–2
angle de coupe	degré	15–2

## Milling

In milling, particular care should be taken to keep the machining cross-section as large as possible, to reduce heat generation. Cutting depth and feed also need to be large, and cutting speeds low. Fast woodworking machines with fairly high feed rates and rpm have been used as well as universal milling machines from mechanical engineering.

$\alpha$ Freiwinkel	Grad	5–15
Clearance	Degrees	5–15
angle de dépouille	degré	5–15
$\gamma$ Spanwinkel	Grad	5–15
Rake angle	Degrees	5–15
angle de coupe	degré	5–15

## Drilling

Spiral drills can almost always be used. Angle of fluting should be 20–30° and point angle 110–120°. A considerable level of heat is generated by drilling, which must be taken away with the swarf or by further cooling. For deeper drilling it is helpful sometimes to remove the drill from the hole to empty out the swarf. If high precision is required, it is advisable to pre-drill the item and put into intermediate storage as appropriate. A reamer should be used for precise drilling.

$\alpha$ Freiwinkel	Grad	10–12
Clearance	Degrees	10–12
angle de dépouille	degré	10–12
$\gamma$ Spanwinkel	Grad	15–25
Rake angle	Degrees	15–25
angle de coupe	degré	15–25
$\varphi$ Spitzenwinkel	Grad	60–90
Point angle	Degrees	60–90
????	degré	60–90

## Rabotage

Les raboteuses et machines à aplanir utilisées couramment pour l'usinage du bois sont également adaptées à l'usinage des thermoplastiques. La qualité de surface dépend dans une large mesure de l'avance, de la vitesse de coupe, de l'angle de coupe et de dépouille ainsi que de l'état des copeaux. Les machines doivent avoir une excellente suspension.

Schnittgeschw.	m/min	3.000
Cutting speed	m/min	3000
vitesse de coupe	m/min	3000
Vorschub	mm/Zahn	0,1–0,3
Feed	mm/tooth	0.1–0.3
avance	mm/dent	0.1–0.3

## Fraisage

Pour le fraisage, il convient de maintenir une grande capacité de coupe pour assurer une bonne dissipation de la chaleur. On choisira à cet effet une profondeur de coupe et une avance importantes tout en maintenant des vitesses de coupe peu élevées. On obtient également de bons résultats avec les machines à bois caractérisées par des avances relativement élevées et des régimes élevés, ainsi qu'avec les fraiseuses universelles utilisées en construction mécanique.

Schnittgeschw.	m/min	Bis 1.000
Cutting speed	m/min	up to 1000
vitesse de coupe	m/min	1000 maxi.
Vorschub	mm/Zahn	0,2–0,5
Feed	mm/tooth	0.2–0.5
avance	mm/dent	0.2–0.5

## Perçage

Les forets hélicoïdaux peuvent être utilisés dans pratiquement tous les cas de figure. L'inclinaison des rainures et l'angle du sommet devraient être de respectivement 20–30° et 110–120°. Le perçage est une opération qui dégage beaucoup de chaleur suite au frottement. Cette chaleur doit être évacuée avec les copeaux ou par refroidissement. En cas de perçages profonds, procéder à des dégagements de copeaux fréquents. Pour atteindre une grande exactitude de perçage, on procédera à des avant-trous et, le cas échéant, à l'entreposage des pièces. Utiliser de préférence un alésoir.

Schnittgeschw.	m/min	30–70
Cutting speed	m/min	30–70
vitesse de coupe	m/min	30–70
Vorschub	mm/U	0,2–1,0
Feed	mm/rpm	0.2–1.0
avance	mm/tr	0.2–1.0

# Zerspanungstechniken Machining Methods Techniques d'usinage

## Drehen

Thermoplaste lassen sich mit kunststoffgerecht geschliffenen Werkzeugen auf der Drehbank bei Schnittgeschwindigkeiten bis zu 550 m/min bearbeiten (siehe Tabelle). Dabei sollte bei Einhaltung eines kleineren Vorschubes je Umdrehung die Spantiefe möglichst groß gewählt werden (> 0,5 mm). Durch ein leicht abgerundetes Werkzeug wird die Schnittfläche sehr sauber.

Für gute Standzeiten und genauere Toleranzen sorgen hartmetallbestückte Stähle. HSS-Stähle bieten oft eine wirtschaftliche Lösung, besonders beim Einsatz von Formstählen.

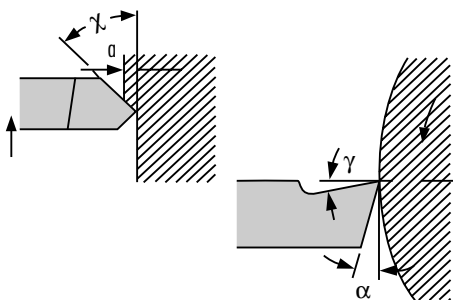


Abb./Fig. 27

## Turning

Thermoplastics can be turned on a lathe with tools ground for plastics at cutting speeds of up to 550 m/min. (refer to table). Feed speeds should be kept low with the maximum possible cutting depth per revolution (> 0.5 mm). If a tool with slightly rounded tip is used the cut surface will be very clean.

For good working life and more accurate tolerances, carbide tipped steels should be used. HSS steels are often a cost-effective solution, especially when form steels are used.

$\alpha$ Freiwinkel	Grad	5–15
Clearance	Degrees	5–15
angle de déviation	degré	5–15
$\gamma$ Spanwinkel	Grad	0–15
Rake angle	Degrees	0–15
angle de coupe	degré	0–15
$\varphi$ Schnittgeschw.	m/min	200–500
Cutting speed	m/min	200–500
vitesse de coupe	m/min	200–500

## Tournage

On procédera au tournage des thermoplastiques avec des outils adaptés aux plastiques ne devant pas dépasser des vitesses de coupe de 550 m/min (cf. tableau). Pour préserver une avance peu élevée, il est recommandé d'opter pour des profondeurs de passe d'au moins 0,5 mm. L'utilisation d'un outil légèrement arrondi permet d'obtenir une surface de coupe très propre.

Les aciers durs permettent de préserver la longévité des outils et d'obtenir des tolérances plus précises. Les aciers HSS constituent souvent une solution rentable, notamment lorsque l'on utilise des aciers de façonnage.

Vorschub	mm/U	0,1–0,5
Feed	mm/rpm	0.1–0.5
avance	mm/tr	0.1–0.5
$a$ Spantiefe	mm	0,5–6,0
Machining depth	mm	0.5–6.0
profondeur de coupe	mm	0.5–6.0

# Verarbeitungsverfahren Further Processing Methods Techniques de mise en oeuvre

## Kleben

Durch die hohe Chemikalienbeständigkeit der Polystone-Typen lassen sich ihre Oberflächen bei Raumtemperatur nicht anlösen, so daß nur adhäsive Bindungen möglich sind. Eine Vorbehandlung der Fügeflächen verbessert deutlich die Benetzungsfähigkeit. Eine solche Aktivierung kann durch Abflammen mit einer auf Sauerstoffüberschuß eingestellten Flamme, durch Eintauchen in ein 60 °C bis 80 °C warmes Chromschwefelsäurebad oder durch elektrische Oberflächenentladung erzielt werden. Ausführliche Anleitungen über das Kleben der Polyolefine (Polystone-Typen) enthält das DVS-Merkblatt 2204, Blatt 2, „Kleben von Polyolefinen“. Nach den bisher vorliegenden Erfahrungen eignen sich die folgenden Klebstoffsysteme zum Kleben der Polystone-Typen.

Klebstoffart	Basis
Haft-Klebstoff	Lösemittel- und Dispersionsklebstoffe
Kontakt-Kleber	Polyurethan
Zweikomponenten	Epoxidharz, Polyurethan
Schmelz-Klebstoff	Vinyl-Copolymere

Abb. 28 Klebstoffsysteme Polystone

Die erreichbaren Festigkeiten hängen von der Art des Kunststoffes, der Beschaffenheit der zu verklebenden Oberflächen und vom verwendeten Klebstoff ab. Bei kritischen Fällen ist es ratsam, dem Klebstoffhersteller die Festigkeitsanforderungen und Einsatzbedingungen zu nennen und Muster der zu verklebenden Werkstoffe einzusenden, damit durch Versuche der am besten geeignete Klebstoff ausgewählt werden kann.

Anschriften einiger Klebstoff-Hersteller (s. auch Anhang):  
Ardal-Klebstoffwerk, Werner & Metz, Mainz  
Ciba AG, Kunststoffabt., Wehr/Baden  
Deutsche Loctite GmbH, München  
Henkel Chemie, Hannover  
Pasco Handels-GmbH, Berlin

## Thermoformen

Platten aus Polystone-G und -P lassen sich nach dem Thermoformverfahren verarbeiten. Das Thermoformen oder auch Warmformen wird häufig als Tiefziehverfahren bezeichnet. Diese Bezeichnung ist nicht ganz richtig, denn der Begriff „Tiefziehen“ kommt aus dem Metallbereich und kennzeichnet ein Verformungsverfahren, bei dem die Plattenränder nicht fest eingespannt sind und noch fließen können. Bei dem Thermo- oder Warmverformen werden die Plattenränder dagegen fest eingespannt.

Mit den marktgängigen Thermoformanlagen für Druckluft- und Vakuumformung lassen sich aus Polystone-Platten Formteile mit guter Wanddickenverteilung herstellen.

Neben dem **Aufheizen – Formen – Kühlen** ist die Qualität des Halbzeuges von entscheidender Bedeutung für das Thermoformverfahren.

Das Heizungssystem sollte so ausgelegt und regelbar sein, daß von der Platte an jeder Stelle die gleich Wärmemenge aufgenommen werden kann. Zu starke Temperaturdifferenzen rufen Oberflächenfehler hervor. Plattendicken über 2,0 mm werden in der Regel mit einer doppelseitigen Heizung erwärmt.

Umformtemperaturbereich Polystone-G: 140 °C – 150 °C  
Umformtemperaturbereich Polystone-P: 160 °C – 170 °C

## Bonding

The high chemical resistance of the various types of Polystone means that there is no bite on the surfaces at room temperature and only adhesive joins are possible. Pre-treatment of joint surfaces notably improves wettability. This activation can be achieved by singeing with a flame set to excess oxygen by dipping in a bath of chromosulphuric acid at 60–80 °C or electric surface discharge. See DVS Information Sheet 2204 page 2 “Sticking Polyolefins” for detailed instructions on sticking polyolefins (Polystone types). Experience to date has shown that the following adhesive systems are suitable for bonding the various types of Polystone.

Type of adhesive	basis
Pressure-sensitive	Solvents and dispersion binders
Contact adhesives	Polyurethane
Two-package system	Epoxy resin, polyurethane
Holt-melt adhesive	Vinyl copolymers

Fig. 28

What strengths are achievable will depend on the type of plastic, the quality of the surfaces to be joined and the type of adhesive used. Where this is critical, it is advisable to tell the adhesive manufacturer the strength specifications and conditions of use, and send samples of the materials to be joined, so that the best adhesive can be selected by experiment.

Here are some addresses of adhesive manufacturers (more in appendix):  
Ardal-Klebstoffwerk, Werner & Metz, Mainz  
Ciba AG, Kunststoffabt., Wehr/Baden  
Deutsche Loctite GmbH, Munich  
Henkel Chemie, Hanover  
Pasco Handels-GmbH, Berlin

## Thermoforming

Polystone G and P sheets can be processed by thermoforming, which is often described-not entirely correctly-as a deep drawing process. “Deep drawing” is in fact a metalworking term and means a process of deformation whereby the sheets are not firmly clamped at the edges and can still flow. In thermoforming, on the other hand, the edges are firmly clamped.

With the pressure and vacuum thermoforming equipment now on the market, moulded parts with a good wall thickness distribution can be manufactured by using Polystone sheets.

**Heating, forming and cooling** are all vital stages, but the quality of the semi-finished product is vitally important for the thermoforming process.

A controllable heating system will be required, designed to provide even heat to each point of the sheet. Excessive differences of temperature cause surface flaws. Sheets over 2 mm thick are generally heated on both sides.

Temperature range for forming Polystone G:  
140 °C – 150 °C  
Temperature range for forming Polystone P:  
160 °C – 170 °C

## Collage

Les différentes catégories de Polystone présentent une grande stabilité chimique. C’est la raison pour laquelle leurs surfaces ne peuvent être détachées à température ambiante; seules des liaisons par adhésifs sont donc envisageables. Un traitement préalable des surfaces à assembler améliore considérablement la mouillabilité. Celle-ci est obtenue par flambage avec une flamme à excédent d’oxygène, par immersion dans un bain sulfochromique compris entre 60 °C et 80 °C ou par application en surface d’une décharge électrique. Vous trouverez de plus amples informations sur le collage des polyoléfines (Polystone) en vous reportant à la fiche technique du DVS 2204, fiche 2 «Collage des polyoléfines». Nous vous proposons ci-après une liste des différents adhésifs utilisés pour le collage des Polystone.

Types d’adhésifs	Base
Colle auto-adhésive	solvants et agents de dispersion
Colle de contact	polyuréthane
Bi-composant	résine époxyde, polyuréthane
Colle à fusion	copolymères de vinyle

Fig. 28 Types d’adhésifs compatibles avec les Polystone

La solidité de l’adhésion dépend du type de matériau mis en oeuvre, des caractéristiques des surfaces à assembler et de l’adhésif utilisé. Dans les cas critiques, il est préférable d’indiquer aux fabricants d’adhésifs les critères de solidité à atteindre ainsi que les conditions de mise en oeuvre. Il est également recommandé d’envoyer un échantillon des matériaux destinés à être collés afin de sélectionner l’adhésif le mieux adapté.

Adresses de quelques fabricants (cf. également en annexe):  
Ardal-Klebstoffwerk, Werner & Metz, Mayence  
Ciba AG, Kunststoffabt., Wehr/Baden  
Deutsche Loctite GmbH, Munich  
Henkel Chemie, Hanovre  
Pasco Handels-GmbH, Berlin

## Thermoformage

La technique du thermoformage s’applique aux plaques en Polystone G et P. Le thermoformage, appelé également formage à chaud, est souvent considéré comme un procédé d’emboutissage. Il s’agit d’un emploi abusif puisque l’expression „emboutissage“ provient du domaine des métaux et désigne un procédé de formage au cours duquel les bords des plaques ne sont pas solidement fixés, mais au contraire où ils peuvent encore se déplacer. En revanche, dans le cas du thermoformage, les bords des plaques sont solidement fixés.

Les installations de thermoformage par vide et par air comprimé permettent de produire des plaques de Polystone caractérisées par une bonne répartition des épaisseurs de parois.

Outre le **chauffage**, le **formage** et le **refroidissement**, la qualité du semi-produit est déterminante pour la procédure de thermoformage.

Le système de chauffage doit permettre une répartition homogène de la chaleur sur toute la surface de la plaque. Des différences de températures trop importantes provoquent des défauts de surface. En règle générale, les plaques dont l’épaisseur dépasse 2,0 mm sont chauffées par un système à deux faces.

# Verarbeitungsverfahren

## Further Processing Methods

### Techniques de mise en oeuvre

Nach dem Erhitzen der Platten erfolgt das Ausformen.

Grundsätzlich unterscheidet man dabei:

- Negativformen in einer Formhohlung
- Positivformen über eine erhabene Form

Welches Verfahren zum Einsatz kommt, hängt davon ab, wie die Wanddickenverteilung und die Kantenausformung beschaffen sind und welche Seite der Oberfläche für den Einsatz gewünscht wird. Um einen formstabilen Artikel zu erhalten, sollten die geformten Teile in der Form abkühlen. Die Abkühlung kann erfolgen durch ruhende Luft, bewegte Luft, Wassersprühung mit Luft oder gekühlte Formen.

Die zum Thermoformen bestimmten Halbzeuge dürfen nach der Warmlagerung (DIN 16925 Abs. 4.5) bei 170 °C längs und quer zur Extrusionsrichtung keine stark voneinander abweichenden Maßänderungen aufweisen, insbesondere keine positive Maßänderung in Querrichtung. Der Schrumpf ist abhängig von der Plattendicke. Die Praxis zeigt, daß z.B. eine 4,0 mm dicke Platte bei einem Längsschrumpf von ca. 50 % und einem Querschrumpf von ca. 20 % gute Ergebnisse beim Verformen zeigt. Die Homogenität des Halbzeuges ist entscheidend für die Güte der geformten Teile. Streifen, Stippen und Wellen, die beim Extrudieren durch die Glättwalzen beseitigt wurden, kommen nach dem Warmverformen wieder zum Vorschein. Die Prüfung der Homogenität wird mittels der Schrumpfprobe durchgeführt.

### Bedrucken

Die Oberflächen von Polystone-Teilen können nachträglich bedruckt werden. Dazu ist es erforderlich, die Oberflächen vorzubehandeln.

Die geringe Haftfähigkeit von Farben und Lacken auf Polystone-Teilen erfordert eine intensive Vorbehandlung der Oberfläche. Die üblichen Methoden sind zum einen die Behandlung und zum anderen die Corona-Entladung. Beide Verfahren erhöhen die Oberflächenspannung durch die Erzeugung polarer Gruppen in den Randschichten. Erst dadurch wird überhaupt eine Haftung der Farben ermöglicht. Die Vorbehandlung sollte direkt vor dem Bedrucken durchgeführt werden, da sie dann am wirksamsten ist. Vorbehandelte Teile sollten nach längerer Lagerung wiederholt behandelt werden.

Zum Bedrucken werden die gebräuchlichen Maschinen und Verfahren angewandt wie etwa Flexo-, Tief-, Offset- und Buchdruck. Eine gute Haftung sowie eine gleichmäßig dünne Verteilung der Farben sind abhängig von einer guten Vorbehandlung.

### Lackieren

Von Lackierungen raten wir ab. Die üblichen Lacke sind steifer und härter als der thermoplastische Werkstoff. Bei größeren Dehnungen platzt der Lack und löst sich vom Material. Falls Lackierungen erforderlich sind, empfehlen wir, direkt Kontakt mit den Lackherstellern aufzunehmen.

After heating the plates the next stage is forming.

In principle, there are two methods:  
Negative forming into a female mould  
Forming over a male mould.

The process used will depend on wall thickness distribution and finishing at the edges, and what side of the surface is designed for use. To obtain an item with a stable form, formed parts should cool in the mould. Various air cooling systems can be used, e.g. water spray with air or cooled moulds.

Semi-finished products for thermoforming may not have any major deviations of dimensions parallel to or across the direction of extrusion after maintaining at 170 °C (as per DIN 16925, Section 4.5). In particular there should be not positive change in dimensions in the cross direction. The level of shrinkage will depend on sheet thickness. In practice, a 4.0 mm thick sheet with approx. 50 % length shrinkage and cross shrinkage of approx 20 % gives good results in forming. The homogeneity of the semi-finished product is decisive for the quality of the formed parts. Streaks, exudation marks and corrugations, which can be overcome by smoothing rolls in the extrusion process, show up again after thermoforming. Homogeneity is tested by the shrinkage test.

### Printing

Surfaces of Polystone parts can be printed after correct pre-treatment.

Colours and paints do not adhere readily to Polystone parts. This necessitates intensive surface pre-treatment. Pre-treatment is possible by ordinary or Corona discharge methods. Both increase surface tension by producing polar groups within the sheet surface. Only this makes any form of colour adhesion possible. Pre-treatment should be carried out when at its most effective, i.e. immediately before printing. When parts are stored for any length of time, pre-treatment should be repeated.

To print, the usual machines and processes are used such as flexographic, rotogravure, offset and litho. Good adhesion and even spread of colour depends on good pre-treatment.

### Painting

We do not advise painting. Standard paints are more rigid and harder than the thermoplastic material. Large expanses of paint burst and come away from the material. If painting is required, we recommend direct contact with the paint manufacturers.

Températures de transformation du Polystone G:  
140 °C – 150 °C

Températures de transformation du Polystone P:  
160 °C – 170 °C

La plaque ramollie par la chaleur est ensuite soumise au procédé de formage. On distingue principalement deux techniques de formage:  
formage négatif: moule en creux  
formage positif: moule en relief

On choisira l'une ou l'autre des techniques en fonction de la répartition de l'épaisseur des parois, de la forme des bords et selon le côté destiné à être traité. Il est préférable que les pièces moulées refroidissent dans leur moule. Le refroidissement est obtenu avec de l'air statique, déplacé, par pulvérisation d'eau avec de l'air ou par refroidissement du moule.

Après stockage à 170 °C (DIN 16925, 4.5), les semi-produits destinés au thermoformage ne doivent présenter aucune déformation dimensionnelle trop importante longitudinalement et transversalement par rapport au sens d'extrusion, notamment aucune déformation dimensionnelle positive dans le sens transversal. Le retrait est fonction de l'épaisseur des plaques. Par expérience, on sait qu'une plaque de 4,0 mm d'épaisseur caractérisée par un retrait longitudinal de 50 % environ et un retrait transversal de 20 % environ, donne de bons résultats au formage. L'homogénéité du semi-produit est déterminante pour la qualité des pièces moulées. Les rainures, piqûres et ondes survenues lors de l'extrusion par les cylindres à polir réapparaissent après thermoformage. L'homogénéité est testée à l'aide de l'essai de retrait.

### Impression

Les surfaces des pièces en Polystone peuvent être imprimées, à condition d'avoir été préalablement traitées.

La faible adhérence des peintures et vernis sur les pièces en Polystone exige que les pièces soient préparées avec le plus grand soin. Les méthodes couramment mises en oeuvre sont le traitement et la décharge Corona destinés à améliorer la tension superficielle en générant des groupes polaires au niveau des couches superficielles. C'est grâce à ce procédé que les peintures peuvent adhérer. Ce traitement devrait intervenir directement avant l'impression (meilleur résultat). Les pièces traitées ayant été stockées pendant une période de temps assez longue devront être de nouveau traitées avant l'impression.

On utilisera les machines et procédés couramment mis en oeuvre tels que flexographie, héliogravure, impression offset et typographie. Le traitement préalable est déterminant pour obtenir une bonne adhérence et une répartition homogène des peintures.

### Vernissage

Nous vous déconseillons tout vernissage. Les vernis disponibles dans le commerce présentent une plus grande rigidité et dureté que les thermoplastiques. En cas d'allongements importants, le vernis risque de s'écailler et de se détacher du matériau sous-jacent. Si un vernissage s'avère néanmoins nécessaire, nous vous recommandons de prendre directement contact avec les fabricants de vernis.

# Verarbeitungsverfahren Further Processing Methods Techniques de mise en oeuvre

## Heißprägen

Für das Heißprägen ist eine Oberflächenvorbehandlung nicht erforderlich. Um ein gutes Prägebild zu bekommen, sind Prägedruck, -temperatur und Verweilzeit des Prägestempels von großer Bedeutung.

## Heizelement-Stumpfschweißen

Das Heizelementschweißen eignet sich zum Stumpfschweißen von Tafeln, Blöcken und anderen Halbzeugprofilen. Wie bei allen Schweißverfahren sind auch beim Heizelementschweißen für eine gute Schweißverbindung folgende Parameter maßgebend:

- Schweißdruck
- Temperatur
- Zeit

Die benötigte Wärme wird direkt vom Heizelement in die Schweißzone der Fügeflächen geleitet. Dadurch ist die Wärmeverteilung günstiger, so daß keine Werkstoffzone thermisch höher belastet wird. Darüber hinaus müssen die Stoßflächen des Heizelements sauber sein und völlig anliegen. Diese Schweißverbindung ist spannungsarm und nahezu so beanspruchbar wie der Grundwerkstoff.

## Hot stamping

Surface pre-treatment is not required for hot stamping. Good results are largely determined by print pressure, temperature and contact time of the hobbing punch.

## Butt-welding using the heated tool method

Heated tool welding is suitable for butt joints of slabs, blocks and other semi-finished profiles. As with all welding methods, in the case of heated tool welding the following is essential for a good weld:

- weld pressure
- temperature
- time.

The required heat is conducted straight from the element to the weld area of the joint surfaces. This improves heat distribution, so that no area of material has a heavier thermal load. In addition, the heating element contact surfaces must be clean and in complete contact. This weld connection is nearly stress-free and almost as durable as the basic material.

## Estampage à chaud

L'estampage à chaud ne requiert aucun traitement préalable. La qualité de l'estampage dépend du matricage, de la température et du temps de contact du poinçon.

## Soudage aux éléments chauffants – soudage bout à bout

La technique du soudage aux éléments chauffants est utilisée pour le soudage bout à bout de plaques, blocs ou autres profilés semi-finis. Les paramètres suivants sont aussi déterminants pour le soudage aux éléments chauffants que pour les autres procédés de soudage:

- pression de soudage
- température
- durée.

La chaleur requise passe directement de l'élément chauffant dans la partie à souder des surfaces d'assemblage. Ce procédé permet de diffuser la chaleur uniformément et d'éviter une surchauffe trop importante sur une partie du matériau. Les surfaces de contact de l'élément chauffant doivent être exemptes de toute impureté et adhérer parfaitement. La soudure présente une tension interne minimale et le matériau ainsi soudé peut être soumis à des contraintes pratiquement aussi élevées que le matériau de base.

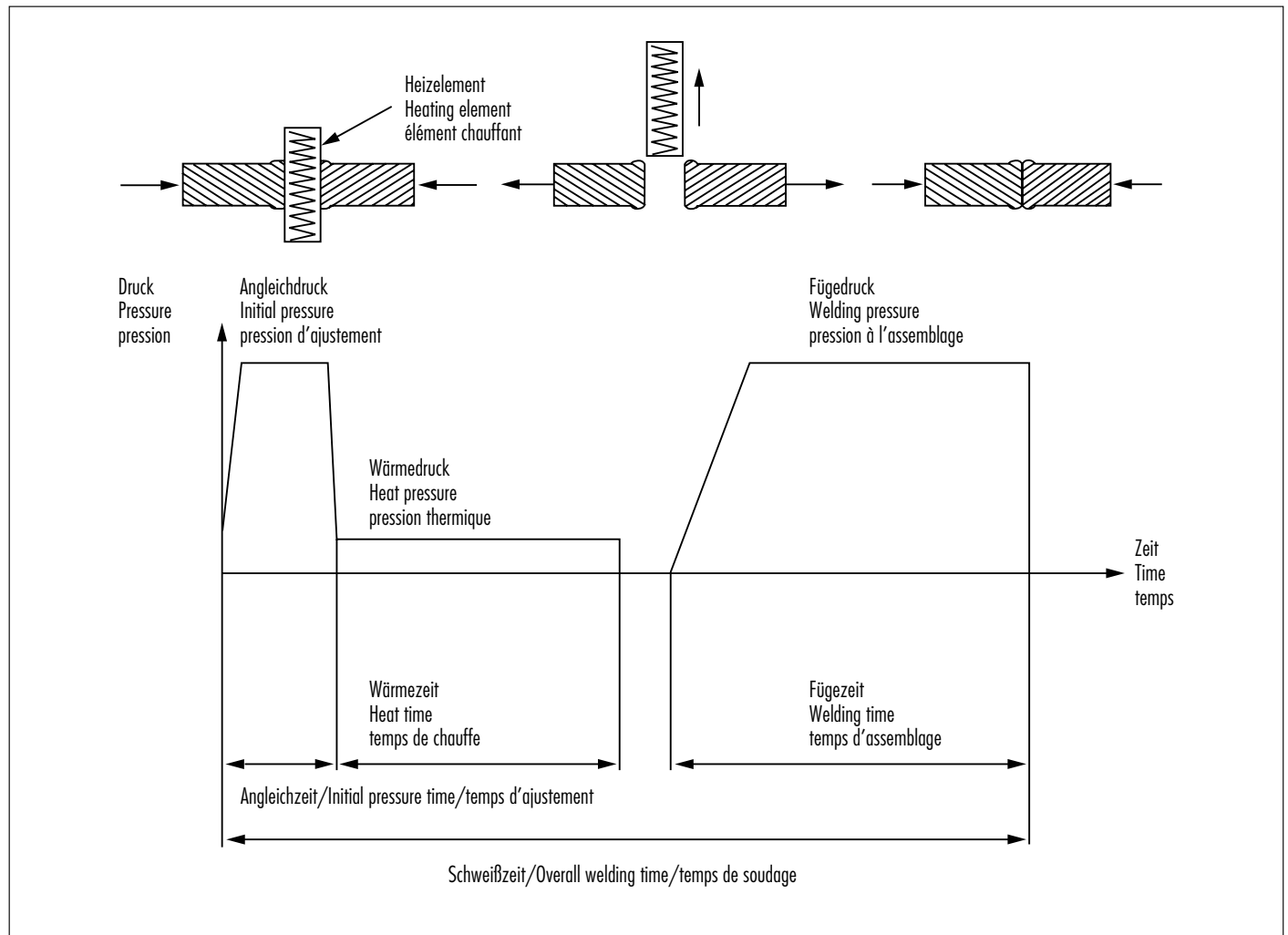


Abb. 29 Schematische Darstellung Stumpfschweißen  
Fig. 29 Diagram showing butt-welding  
Fig. 29 Représentation schématique du soudage bout à bout



# Verarbeitungsverfahren Further Processing Methods Techniques de mise en oeuvre

Material	Dicke	Heizelementtemperatur	Angleichdruck	Angleichzeit	Umstellzeit	Wärmedruck	Wärmezeit	Fügedruck	Fügezeit
Material Initial	Thickness	Heating element temperature	Initial pressure	Initial time	Commutation time	Heat pressure	Heat time	Weld pressure	Weld time
Matériau	Epaisseur	Température de l'élément chauffant	Pression d'ajustement	Temps d'ajustement	Temps de réglage	Pression thermique	Temps de chauffe	Pression d'assemblage	Temps d'assemblage
Polystone	(mm)	(°C)	(N/cm <sup>2</sup> )	(min)	(sec)	(N/cm <sup>2</sup> )	(min)	(N/cm <sup>2</sup> )	(min)
P-natur*/natural*/naturel* P-grau/grey/gris (PP)	3–4	215 ±5	10	Ca. 0,5	≤ 3	1	1	10	5
	5–8	210 ±5	10	Ca. 0,5	≤ 3	1	2	10	8
	10–12	205 ±5	10	Ca. 1,5	≤ 3	1	3	10	14
	15–20	200 ±5	10	Ca. 2	≤ 3	1	4,5	10	25
	25–30	190 ±5	10	Ca. 2	≤ 3	1	6	10	35
G-natur/natural/naturel-HD G-schwarz/black/G-noir-B G-schwarz/G-black/G-noir-HD (PE-HD)	3–4	195 ±5	15	Ca. 1	≤ 3	2	0,5	15	6
	5–8	190 ±5	15	Ca. 1,5	≤ 3	2	1,5	15	8
	10–12	185 ±5	15	Ca. 2	≤ 4	2	3	15	10
	15–20	185 ±5	15	Ca. 5	≤ 4	2	3–6	15	30
	25–30	185 ±5	15	Ca. 5	≤ 5	2	6–10	15	40
D (PE-HMW)	3–4	215 ±5	40	0,5	≤ 3	2	1	40	5
	5–8	210 ±5	40	0,5	≤ 3	2	2	40	8
	10–12	205 ±5	40	1,5	≤ 4	2	3	40	14
	15–20	200 ±5	40	2	≤ 4	2	4,5	40	25
	25–30	195 ±5	40	2	≤ 5	2	6	40	35
M (PE-UHMW)	10–12	210 ±5	500	1,5	≤ 5	2	3	500	14
	15–20	205 ±5	500	2	≤ 5	2	4,5	500	25
	25–30	200 ±5	500	2	≤ 5	2	6	500	35

Abb. 30 Schweißparameter (Richtwerte)

Fig. 30 Welding parameters (guidelines)

Fig. 30 Paramètres de soudage (valeurs indicatives)

\* Für PP-Copolymer haben die Werte von P-grau Homopolymer Gültigkeit.  
For PP copolymer, the values for P-grey homopolymer shall apply.  
Pour les valeurs du copolymère PP, se reporter à l'homopolymère P-gris.

## Extrusionsschweißen

Im Behälter- und Apparatebau werden dickwandige Teile durch das Extrusionsschweißen gefügt.

Dabei wird die Schweißfuge kontinuierlich mit Warmluft auf Schweißtemperatur erwärmt. Aus dem Schweißextruder tritt plastifizierter Schweißzusatz aus, der in die Schweißfuge unter Druck eingefügt wird. Man erhält bei guter Ausführung eine hohe Nahtgüte mit einem Langzeitschweißfaktor zwischen 0,6 und 0,8.

Die Schweißparameter entsprechen den Werten für das Warmgasschweißen – Abbildung 31. Die Schweißgeschwindigkeit hängt ab von der gewählten Nahtform und der Leistung des Schweißextruders.

Nahtformen/Types of seams/Formes de joints de soudure:

## Extrusion welding

Extrusion welding is used for joining parts of containers and other thick walled installations.

The groove is maintained at weld temperature with hot air and the plastified bead extruded from the nozzle is injected into the weld groove under pressure. When the job has been done well a high quality seam results with a weld duration factor of between 0.6 and 0.8.

The weld parameters correspond to those of hot gas welding, Fig. 31. The speed of welding depends on the type of seam required and performance of the welding equipment.

## Extrusion-soudage

Dans le secteur de la production de réservoirs et d'appareillages, les pièces aux parois épaisses sont assemblées par extrusion-soudage.

La température de soudage doit être maintenue à un niveau constant au niveau des joints de soudure par l'apport d'air chaud. Le matériau d'apport ramolli sort de l'extrudeuse et est introduit sous pression à l'intérieur des joints. Un facteur de tenue de la soudure dans le temps compris entre 0,6 et 0,8 permet d'obtenir une bonne qualité de soudure.

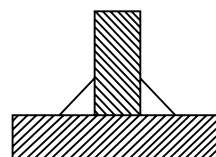
Les paramètres de soudage correspondent aux valeurs indiquées en figure 31 pour le soudage au gaz chaud. La vitesse de soudage dépend de la forme de la soudure et de la puissance de l'extrudeuse.



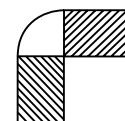
X-Naht  
X groove  
Soudure en X



V-Naht  
V groove  
Soudure en V



Kehlnaht  
Fillet weld  
Soudure en congé



Ecknaht  
Corner weld  
Soudure en angle

# Verarbeitungsverfahren Further Processing Methods Techniques de mise en oeuvre

## Warmgasschweißen

Bei diesem Verfahren werden durch ein erwärmtes Gas (meist Luft) der Grundwerkstoff und der Zusatzwerkstoff plastifiziert und unter einem Anpreßdruck an den Fügeflächen verschweißt. Die Schweißluft wird durch elektrisch beheizte Elemente auf die zum Schweißen benötigte Temperatur erwärmt. Um optimale Schweißverbindungen zu erhalten, sollte man folgende Regeln beachten:

- Die Fügeflächen und der Schweißdraht sollten vor der Verarbeitung gereinigt werden
- Gleichmäßige und glatte Oberflächen erhöhen die Qualität der Schweißnaht
- Richtige Schweißdüse mit entsprechendem Profilschweißdraht
- Die Schweißnaht darf keine Kerbstellen bzw. Bindefehler enthalten
- Schweißdraht und Grundwerkstoff sollten aus dem gleichen Material hergestellt sein
- Beachten und Einhalten der Schweißparameter

## Hot gas welding

The process uses heated gas (usually air) to plasticise the original material and filler and weld them to the joint surfaces under a given pressure. The air is heated to the required temperature by electric elements. The following rules should be followed for optimum welding:

- Joint surfaces and weld rod should be cleaned before working
- Smooth, even surfaces improve seam quality
- Use correct welding nozzle with correct profile weld rod
- Seam should have no notches or fusion defects
- Weld rod and original material should be made of the same material
- Take care to keep to the welding parameters

## Soudage au gaz chaud

Ce procédé de soudage consiste à ramollir le matériau de base et le matériau d'apport à l'aide d'un jet de gaz chaud (la plupart du temps de l'air) et à souder leurs surfaces en contact par la force d'une pression. L'air est amené à la température requise par des éléments chauffés à l'électricité. Pour obtenir une bonne qualité de soudure, il convient de respecter les consignes suivantes:

- Avant de procéder au soudage, vérifier l'état de propreté des surfaces à assembler et du fil de soudage.
- Des surfaces régulières et lisses augmentent la qualité du cordon de soudure.
- Utiliser une buse de soudure correspondant à la section du fil à souder.
- Le cordon de soudure ne doit présenter aucune fissure ni défaut de fusion.
- Le fil à souder et le matériau de base doivent être fabriqués à partir du même matériau.
- Respecter les paramètres de soudage.

Material Material Matériau Polystone	Schweißgastemperatur Weld gas temperature Température du gaz (°C)	Werkstofftemperatur Material temperature Température du matériau (°C)	Luftmenge Air flow Débit d'air (l/min)	Schweißgeschwindigkeit Weld speed Vitesse de soudage (cm/min)	Schweißart Method of welding Méthode de soudage
G-natur/natural/naturel G-schwarz/black/noir G-schwarz/black/noir (HD) G-gefärbt/coloured/teint	300–350	Min. 150	40–60	15–20	WF*
	300			50–70	WZ*
P-natur/natural/naturel P-grau/grey/gris P-gefärbt/coloured/teint	280	Min. 175	40–60	15–20	WF*
	280–300			40–60	WZ*

Abb. 31 Schweißparameter (Richtwerte)

Fig. 31 Welding Parameters (Guidelines)

Fig. 31 Paramètres de soudage (valeurs indicatives)

Ø Schweißdraht: 3 und 4 mm

Ø weld rod: 3 or 4mm

Ø du fil à souder: 3 et 4mm

\*WF = Warmgas-Fächelschweißen

\*WF = Hot gas fan welding

\*WF = soudage par balayage

\*WZ = Warmgas-Ziehschweißen

\*WZ = Hot gas extraction welding

\*WZ = soudage à droite

Für die Prüfung der Schweißverbindungen empfehlen wir, die DVS-Richtlinien zu berücksichtigen.

For testing welds, we suggest following the DVS guidelines.

Pour le contrôle de la qualité des soudures, se reporter aux recommandations du DVS, Deutscher Verband für Schweißtechnik.

# Ökologische Aspekte Ecological Aspects of Polystone Thermoplastiques et écologie

## Recycling

Reststücke aus Polystone können wiederverarbeitet werden. Bei Beachtung der Sortenreinheit können sie in zerkleinerter Form als Mahlgut dem Verarbeitungsprozeß zugeführt werden. Die Qualitäten, die Recyclingware enthalten oder die zum größten Teil daraus hergestellt werden, bezeichnen wir als Polystone-Regenerat. Versuche haben bestätigt, daß die mechanischen Eigenschaften der Regenerate gegenüber neuer Ware nur geringfügig verändert sind. So nehmen durch den Anstieg der Dichte die Härte und Steifheit bei Polyethylen zu. Das Polypropylen wird oft thermisch geschädigt und neigt daher zu einem spröden Verhalten. Der Grad der Verunreinigungen durch Staub, Sand oder Papier ist ein direktes Maß für die Qualität.

Sortenreine Abfälle von Halbzeugen aus Polystone-M, -D, -G und -P können nach Rücksprache von uns zurückgenommen werden.

## Entsorgung

Die von der Röchling Haren KG hergestellten Polystone-Typen können unter Beachtung der örtlichen behördlichen Vorschriften zusammen mit Hausmüll abgelagert oder verbrannt werden (unter Ausschluß von Sonnenlicht treten kaum Zersetzungsreaktionen auf).

Bei der vollständigen Verbrennung entstehen Kohlendioxid und Wasser. Bei der unvollständigen Verbrennung wird zusätzlich Kohlenmonoxid gebildet. Die Toxizität der Brandgase wird durch den Gehalt an Kohlenmonoxid bestimmt.

## Recycling

Polystone waste can be recycled. Provided the different types are not mixed, they can be reintroduced to the manufacturing process in granulated form as grist. The types which contain recycling products or are largely manufactured from these are described as regenerated Polystone. Experiments have proved that the mechanical properties of the recycled products are only slightly different from new goods. In the case of polyethylene, increased density gives greater hardness and stiffness. Polypropylene is often damaged by heat and therefore tends to become brittle. The degree of impurity from dust, sand or paper is a direct indication of quality.

Graded waste from Polystone M, D, G and P semi-finished products can be returned to us after consultation.

## Disposal

The Polystone materials manufactured by Röchling Haren KG can be dumped or burned with household rubbish, provided official regulations are complied with (if sunlight is excluded, there are hardly any decomposition reactions).

Complete burning produces carbon dioxide and water. Partial burning also produces carbon monoxide. The toxicity of the waste gases is determined by the carbon-monoxide content.

## Recyclage

Les résidus de Polystone peuvent être valorisés. Après avoir été soigneusement triés et broyés, ils peuvent être introduits dans le processus de transformation. Nous qualifions les produits contenant des matériaux recyclés ou fabriqués à partir de matériaux recyclés de „régénérés“ de Polystone. Des essais ont confirmé que les régénérés ont des propriétés mécaniques sensiblement identiques aux autres matériaux non recyclés. Ainsi plus la masse volumique est élevée, plus la dureté et la rigidité des polyéthylènes augmentent. Le polypropylène subit souvent une altération thermique et tend, de ce fait, à se fragiliser. La qualité du matériau est également fonction de la teneur en impuretés pouvant provenir de poussières, sable ou papier.

La reprise des déchets soigneusement triés de semi-produits en Polystone M, D, G et P s'effectue en accord avec nos services compétents.

## Elimination

Les différents types de Polystone produits par la Société Röchling Haren KG peuvent être stockés ou incinérés avec les ordures ménagères dans le respect des consignes locales (aucun phénomène de décomposition si les matériaux ne sont pas au soleil).

L'incinération complète des matériaux dégage du dioxyde de carbone et de l'eau. L'incinération incomplète produit en plus du monoxyde de carbone. La toxicité des gaz d'incendie est fonction de la teneur en monoxyde de carbone.

# Stichwortregister

## Index

## Index

Stichwort	Seite	Index	Page	Mot-clé	Page
Abkühlprozeß	18	Additives	16	absorbant U.V.	14
Additive	16	Ageing resistance	12	acides boriques	13
Amorph	4	Amorphous	4	acier à coupe rapide/acier HSS	19
Antistatika	16	Angle of clearance	20	additifs	16
Bedrucken	23	Antistatics	16	agents antistatiques	16
Behälterbau	8	Bonding	22	air comprimé	18
Benetzungsfähigkeit	22	Boric acid mix	13	allongement	10
Bohren	20	Boron carbide	13	allongement à la rupture	13
Borcarbide	13	Boron compounds	13	amorphe	4
Borsäuremischung	13	Burning	27	angle de coupe	19
Borverbindung	13	Carbon black	15	angle de dépouille	19
Brandverhalten	15	Chemical resistance	7	capteurs de radicaux	14
Chemikalienbeständigkeit	7	Chip	18	carbures de bore	13
Corona-Entladung	23	Choice of tool	19	changement de couleur	13
Dehnung	10	Compressed air	18	coefficient de dilatation thermique	19
Diffusionswiderstand	7	Coolants	18	collage	22
Drehen	21	Cooling process	18	comportement au feu	15
Druckluftformung	22	Copper	12	composé du bore	13
Eigenspannung	18	Corona discharge	23	conductibilité thermique	18
Elektr. Eigenschaften	15	Corrosion	15	construction de réservoirs	8
E-Modul	7	Cross shrinkage	23	contrainte de traction	10
Entsorgung	27	Crystallite melting range	4	corrosion	13
Erstarrungstemperatur	18	Cut	18	cuivre	12
Erweichungstemperatur	5	Cutting force	19	décharge Corona	23
Fräsen	20	Cutting material	19	découpe/forme des bords	22
Fräskräfte	20	Cutting speed	18	dégagement des copeaux	19
Freiwinkel	20	Decomposition reactions	27	densité d'hydrogène	13
Härte	7	Deep drawing	22	diagramme d'état	5
Heizungssystem	22	Depth of machining	18	diffusion	16
Hobeln	20	Diagram of state	5	dureté	7
Isolatoren	15	Diffusion resistance	7	effet d'entaille	19
Kantenausformung	23	Discoloration	13	effort/force de sectionnement	19
Kerbschlagzähigkeit	10	Disposal	27	efforts de coupe	19
Kerbwirkung	19	Drilling	20	efforts de fraisage	19
Kleben	22	Electrical properties	15	élimination	27
Korrosion	13	Elongation	10	emboutissage	22
Kristallitschmelztemperatur	5	Elongation at break	14	émulsion de refroidissement	18
KTW-Empfehlung	17	Embrittlement	13	étuvage (après cuisson)	18
Kühlemulsion	18	Female moulding	23	exposition	13
Kunststoff	3	Fire behaviour	15	fissuration sous contrainte	12
Kupfer	12	Forced air forming	23	formage à chaud/thermoformage	22
Längsschrumpf	23	Hardness	7	formage négatif	23
Maschinenteknik	18	Heat build-up	18	formage par air comprimé	22
Metalldesaktivatoren	12	Heat resistance	12	formage par vide	22
Nachdiffundieren	16	Heating system	22	formage positif	23
Negativformen	23	High speed steel	19	formation du réseau	15
Netzwerkbildung	16	Hydrogen density	13	fragilisation	14
Neutronenresistenz	13	Impact strength	7	fraisage	20
PE-HD-Eigenschaften	7	Impact strength, notched	10	impression	23
Permeation	13	Increased density	27	incinération	27
Polyethylen	7	Insulators	15	isolants	15
Polypropylen	9	Internal strains	18	longévité	19
Polystone	7	KTW recommendation	17	lumière solaire	13
Positivformen	23	Longitudinal shrinkage	23	machines	18
Preßluft	18	Machine technology	18	matière synthétique	3
Querschrumpf	23	Machining methods	18	module d'élasticité	7
Radikalfänger	14	Male mould	23	mouillabilité	22
Recycling	27	Metal disactivators	12	perçage	20

# Stichwortregister

## Index

## Index

Stichwort	Seite	Index	Page	Mot-clé	Page
Reißdehnung	14	Milling	20	perçage	20
Ruß	16	Modulus of elasticity	7	perméation	13
Rußsorten	13	Network formation	15	polyéthylène	7
Sägen	19	Neutron-resistance	13	polypropylène	9
Sauerstoffanteil	15	Notch effect	19	Polystone	7
Schlagzähigkeit	7	Oxygen proportion	15	processus de recommandation KTW	17
Schneidkeil	19	PE-HD properties	7	profondeur de coupe	18
Schneidwerkstoff	19	Permeation	13	profondeur de passe	19
Schnellarbeitsstahl	19	Planing	20	propriétés du PE-HD	7
Schnittgeschwindigkeit	21	Plastic	3	propriétés électriques	15
Schnittkräfte	19	Polyethylene	7	robotage	20
Schnittiefe	19	Polypropylene	9	réactions de transformation	27
Schrumpf	23	Polystone	7	recyclage	27
Schweißtechnik	24	Pre-treatment	22	refroidissement	18
Spanabfuhr	18	Printing	23	répartition des épaisseurs de parois	22
Spannungsrißbildung	12	Radiation dose	13	résilience sur éprouvette entaillée	10
Spantiefe	18	Radiation resistance	13	résistance à la diffusion	7
Spanwinkel	19	Radical interceptors	14	résistance à la traction	7
Sonnenlicht	13	Rake angle	19	résistance aux chocs	7
Standzeit	19	Recycling	27	résistance aux intempéries	14
Strahlendosis	13	Sawing	19	résistance aux neutrons	13
Strahlenbeständigkeit	13	Semi-crystalline	4	résistance aux rayons	13
Teilkristallin	4	Shrinkage	23	retrait	23
Tempern	18	Softening range	5	retrait en longueur	23
Thermoformen	22	Solidification temperature	18	retrait transversal	23
Thermoplaste	4	Standing time	19	sciage	19
Tiefziehverfahren	22	Stress cracking	12	sélection des outils	19
Toleranzanforderung	18	Sunlight	13	semi-cristallin	4
Toxizität	27	Swarf removal	18	soudage	24
Trennkraft	19	Tank construction	8	stabilisant U.V.	14
UV-Absorber	14	Tempering	18	stabilité chimique	7
UV-Stabilisatoren	14	Tensile strength	7	stabilité thermique	12
Vakuumformung	22	Tensile stress	10	suie	15
Verbrennung	27	Thermal conductivity	18	système de chauffage	22
Verfärbung	13	Thermal expansion coefficient	19	température de fusion des cristallites	5
Versprödung	13	Thermoforming	22	température de ramollissement	5
Vorbehandlung	22	Thermoforming process	22	température de solidification	18
Wanddickenverteilung	23	Thermoplastics	4	teneur en oxygène	15
Wärmeausdehnungskoeffizient	19	Tolerance requirement	18	tension interne	18
Wärmebeständigkeit	12	Toxicity	27	test xénon	14
Wärmeleitfähigkeit	18	Turning	21	thermoformage	22
Warmformverfahren	22	UV-absorbers	14	thermoplastiques	4
Wasserstoffdichte	13	UV-stabilisers	13	tolérance	18
Werkzeugauswahl	19	Vacuum forming	22	tournage	21
Witterungsbeständigkeit	13	Wall thickness distribution	22	toxicité	27
Xenotest	14	Welding	24	traitement préalable	22
Zersetzungsreaktionen	27	Wettability	22	tranchant	19
Zerspanungstechnik	18	Xenotest	14	types/catégories de suies	15
Zugfestigkeit	9			vitesse de coupe/de passe	19
Zugspannung	10			usinage par enlèvement de copeaux	19
Zustandsdiagramm	5				

# Abbildungsverzeichnis

## List of figures

## Sommaire des figures

Abb.-Nr.	Titel	Seite	Fig.-No.	Title	Page	Fig. n°	Libellé	Page
1	Amorpher Molekülverband . . . . .	4	1	Amorphous molecular structure . . . . .	4	1	Réseau moléculaire amorphe . . . . .	4
2	Teilkristalliner Molekülverband . . . . .	4	2	Semi-crystalline thermoplastics . . . . .	4	2	Réseau moléculaire semi-cristallin . . . . .	4
3	Zustandsdiagramm teilkristalliner Thermoplaste . . . . .	5	3	States of semi-crystalline thermoplastics . . . . .	5	3	Diagramme d'état des thermoplastiques semi-cristallins . . . . .	5
4	Eigenschaftsbereiche von PE und PP . . . . .	6	4	Ranges of features of PE and PP . . . . .	6	4	Propriétés du PE et du PP . . . . .	6
5	Molekülstruktur PE . . . . .	7	5	Molecular structure of PE . . . . .	7	5	Structure moléculaire du PE . . . . .	7
6	Abhängigkeit der PE-HD-Eigenschaften von der Dichte . . . . .	7	6	Relationship of PE-HD properties to density . . . . .	7	6	Propriétés du PE-HD en fonction de la masse volumique (schématiquement) . . . . .	7
7	Molekulargewicht PE . . . . .	8	7	Molecular weight of PE . . . . .	8	7	Poids moléculaire du PE . . . . .	8
8	Zeichen . . . . .	8	8	Externing monitoring symbol . . . . .	8	8	Logo de la société chargée du contrôle externe de nos matériaux . . . . .	8
9	Molekülstruktur PP . . . . .	9	9	Molecular structure of PP . . . . .	9	9	Structure moléculaire du PP . . . . .	9
10	Spannungs-Dehnungs-Diagramm PP . . . . .	10	10	Graph of tension against elongation for two types of PP . . . . .	10	10	Diagramme contrainte-allongement de deux types de PP . . . . .	10
11	Temperaturabhängigkeit der Kerbschlagzähigkeit von PP . . . . .	10	11	Notched impact resistance against temperature for PP . . . . .	10	11	Courbe d'évolution de la résilience sur éprouvette entaillée du PP en fonction de la température; conformément à la norme DIN 53453 avec entailles V . . . . .	10
12	Tabelle Eigenschaftsvergleich PE zu PP . . . . .	10	12	Comparison of PE and PP properties . . . . .	10	12	Comparaison des propriétés du PE et du PP . . . . .	10
13	Die technischen Werte im Überblick . . . . .	11	13	Summary of technical data . . . . .	11	13	Tableau synoptique des caractéristiques techniques . . . . .	11
14	Alterung von PP . . . . .	12	14	Ageing of PP . . . . .	12	14	Vieillissement du PP dans un four à 110 °C . . . . .	12
15	Bewitterungsergebnisse . . . . .	14	15	Results after weathering . . . . .	14	15	Résultats de l'exposition aux intempéries . . . . .	14
16	Alterung unter Temperatureinfluß . . . . .	14	16	Ageing due to effect of temperature . . . . .	14	16	Vieillissement en fonction des températures . . . . .	14
17	Tabelle Brandverhalten . . . . .	15	17	Table of fire behaviour . . . . .	15	17	Comportement au feu du Polystone . . . . .	15
18	Leitfähigkeit bei gepreßtem Material . . . . .	16	18	Conductivity with pressed material . . . . .	16	18	Réseau conducteur dans le cas d'un matériau moulé par compression . . . . .	16
19	Spez. Durchgangswiderstand . . . . .	16	19	Specific insulation resistance . . . . .	16	19	Résistance intérieure spécifique . . . . .	16
20	Widerstandsbereiche . . . . .	16	20	Resistance range . . . . .	16	20	Différentes zones de résistance en $\Omega/cm$ de la résistance intérieure . . . . .	16
21	Tabelle elektrische Eigenschaften . . . . .	17	21	Table of electric properties . . . . .	17	21	Propriétés électriques . . . . .	17
22	Lebensmittelkontakt . . . . .	17	22	Contact with foodstuffs . . . . .	17	22	Applications alimentaires . . . . .	17
23	Skizze Sägen . . . . .	19	23	Sketch of sawing . . . . .	19	23	Schéma du processus de sciage . . . . .	19
24	Skizze Hobeln . . . . .	20	24	Sketch of planing . . . . .	20	24	Schéma du processus de rabotage . . . . .	20
25	Skizze Fräsen . . . . .	20	25	Sketch of milling . . . . .	20	25	Schéma du processus de fraisage . . . . .	20
26	Skizze Bohren . . . . .	20	26	Sketch of drilling . . . . .	20	26	Schéma du processus de perçage . . . . .	20
27	Skizze Drehen . . . . .	21	27	Sketch of turning . . . . .	21	27	Schéma du processus de tournage . . . . .	21
28	Klebstoffsysteme Polystone . . . . .	22	28	Table of adhesion . . . . .	22	28	Types d'adhésifs compatibles avec les Polystone	22
29	Schematische Darstellung Stumpfschweißen . . . . .	24	29	Diagram showing butt-welding . . . . .	24	29	Représentation schématique du soudage bout à bout . . . . .	24
30	Tabelle Schweißparameter (Stumpfschweißen) . . . . .	25	30	Table of welding parameters (hot tool welding) . . . . .	25	30	Paramètres de soudage (valeurs indicatives) . . . . .	25
31	Tabelle Schweißparameter (Warmgas) . . . . .	26	31	Table of welding parameters (hot gas welding) . . . . .	26	31	Paramètres de soudage (valeurs indicatives) . . . . .	26

# Weitere Hinweise Further advice Informations complémentaires

## Weitere Informationen der Röchling Haren KG

### Produktspezifische Prospekte

- Polystone®-Produktionsprogramm
- Polystone® – der Werkstoff mit Zukunft (Anwendungen)
- Polystone® in der Fördertechnik
- Polystone® – Beständigkeit gegen Chemikalien und andere Medien

### Reports – beispielhafte Werkstoffanwendungen

- Kaschierte PP- und PE-Platten im chemischen Apparate- und Behälterbau
- Kunststoffplatten (PE) als Bande in Eisstadion
- Polystone-Platten in der Auskleidungstechnik

### Literaturverzeichnis

1. Dominginghaus: Die Kunststoffe und ihre Eigenschaften, 2. Auflage, Düsseldorf, VDI-Verlag, 1986
2. Firmeninformation der Hoechst, BASF und der Degussa
3. Franck/Biederbick: Kunststoff-Kompendium, 2. Auflage, Würzburg, Vogel Verlag, 1988
4. Mair/Roth: Elektrisch leitende Kunststoffe, München/Wien, Hanser Verlag, 1986
5. Schwarz: Kunststoffkunde, 2. Auflage, Würzburg, Vogel Verlag, 1988
6. VDI-Richtlinie 2003: Spanende Bearbeitung von Kunststoffen, Beuth Verlag
7. Zickel, H.: Das spanende Bearbeiten der Kunststoffe, München/Wien, Hanser Verlag
8. Taschenbuch DVS Merkblätter und Richtlinien, Kunststoffe, Schweißen und Kleben 1991, Düsseldorf, Deutscher Verlag für Schweißtechnik DVS-Verlag GmbH

### Kontaktadressen

Klebstoff-Hersteller:  
Ardal-Klebstoffwerk, Werner & Metz, Mainz  
Beiersdorf & Co. AG, Hamburg  
Ciba AG, Kunststoffabt., Wehr/Baden  
Deutsche Loctite GmbH, München  
Henkel Chemie, Hannover  
Pasco Handels.-GmbH, Berlin

## Further Information from Röchling Haren KG

### Product-Specific Literature

- Polystone® Production Range
- Polystone® Thermoplastic looks forward to a great future
- Polystone® for materials handling
- Polystone® Resistance to Chemicals and other Media

### Reports: Examples of the material at work

- Laminated PP and PE sheets in chemical apparatus and tanks
- Plastic sheets (PE) as surrounds in ice stadiums
- Polystone sheets in lining technology

### Bibliography

1. Dominginghaus: Die Kunststoffe und ihre Eigenschaften, 2. Auflage, Düsseldorf, VDI-Verlag, 1986
2. Firmeninformation der Hoechst, BASF und der Degussa
3. Franck/Biederbick: Kunststoff-Kompendium, 2. Auflage, Würzburg, Vogel Verlag, 1988
4. Mair/Roth: Elektrisch leitende Kunststoffe, München/Wien, Hanser Verlag, 1986
5. Schwarz: Kunststoffkunde, 2. Auflage Würzburg, Vogel Verlag, 1988
6. VDI-Richtlinie 2003: Spanende Bearbeitung von Kunststoffen, Beuth Verlag
7. Zickel, H. Das spanende Bearbeiten der Kunststoffe. München/Wien, Hanser Verlag
8. Taschenbuch DVS Merkblätter und Richtlinien, Kunststoffe, Schweißen und Kleben 1991, Düsseldorf, Deutscher Verlag für Schweißtechnik DVS-Verlag GmbH

### Contact addresses

Adhesive manufacturers:  
Ardal-Klebstoffwerk, Werner & Metz, Mainz  
Beiersdorf & Co. AG, Hamburg  
Ciba AG, Kunststoffabt., Wehr/Baden  
Deutsche Loctite GmbH, München  
Henkel Chemie, Hannover  
Pasco Handels.-GmbH, Berlin

## Complément d'informations de la Société Röchling Haren KG

### Brochures spécifiques aux produits

- Polystone®-gamme de produits
- Polystone® dans le convoyage
- Polystone® – le matériau d'avenir (applications)
- Polystone® – résistance aux agents chimiques et autres produits

### Reports – applications idéales des matériaux

- Plaques laminées en PP et PE destinées aux appareils et réservoirs utilisés dans le secteur de la chimie
- Plaques en thermoplastiques (PE) pour les balustrades de patinoires
- Plaques de Polystone utilisées dans le secteur du revêtement

### Bibliographie

1. Dominginghaus: Die Kunststoffe und ihre Eigenschaften, 2. Auflage, Düsseldorf, VDI-Verlag, 1986
2. Firmeninformation der Hoechst, BASF und der Degussa
3. Franck/Biederbick: Kunststoff-Kompendium, 2. Auflage, Würzburg, Vogel Verlag, 1988
4. Mair/Roth: Elektrisch leitende Kunststoffe, München/Wien, Hanser Verlag, 1986
5. Schwarz: Kunststoffkunde, 2. Auflage Würzburg, Vogel Verlag, 1988
6. VDI-Richtlinie 2003: Spanende Bearbeitung von Kunststoffen, Beuth Verlag
7. Zickel, H. Das spanende Bearbeiten der Kunststoffe. München/Wien, Hanser Verlag
8. Taschenbuch DVS Merkblätter und Richtlinien, Kunststoffe, Schweißen und Kleben 1991, Düsseldorf, Deutscher Verlag für Schweißtechnik DVS-Verlag GmbH

### Adresses utiles

Fabricants d'adhésifs:  
Ardal-Klebstoffwerk, Werner & Metz, Mayence  
Beiersdorf & Co. AG, Hamburg  
Ciba AG, Kunststoffabt., Wehr/Baden  
Deutsche Loctite GmbH, Munich  
Henkel Chemie, Hanovre  
Pasco Handels.-GmbH, Berlin

## Technische Kunststoffe und Ideen mit Zukunft.

## Engineering plastics and ideas for the future.

## Matériaux techniques et des idées pour l'avenir.

Röchling, eine führende Unternehmensgruppe in der Welt der technischen Kunststoffe.

Röchling, a leading group of companies in the world of engineering plastics.

Röchling, une groupe d'entreprises dirigeantes au monde des matériaux techniques.

### Lieferprogramm:

Halbzeuge (Platten, Zuschnitte, Rundstäbe, Profile) und spanabhebend bearbeitete Fertigteile hoher Präzision aus

- thermoplastischen Kunststoffen
- glasfaserverstärkten Kunststoffen
- Kunstharzpreßholz

### Range of products:

Semi-finished products (sheets, panels, rods, profiles) as well as highly precise machined items of

- thermoplastics
- glass fibre reinforced plastics
- laminated compressed wood

### Programme de livraison:

Les demi-produits (plaques, blocs, joncs, profilés) ainsi que des pièces usinées de haute précision en

- Matières thermoplastiques
- Stratifiés fibre de verre
- Bois bakélinisé



Die Unternehmen der Röchling Haren Gruppe:  
Companies within the Röchling Haren group:  
Sociétés dans le groupe Röchling Haren:

### EUROPE

Röchling Haren KG, Haren/Germany  
Röchling Trovidur KG, Troisdorf/Germany  
Röchling Technische Kunststoffe KG, Lützen/Germany  
Hydroma Technische Kunststoffe GmbH, Ruppertsweiler/Germany  
Röchling Rimito Plast Oy, Rusko/Finland  
AB Formaterm, Virserum/Sweden  
Leripa Kunststoff GmbH & Co. KG, Rohrbach/Austria  
Röchling Materials Ltd., Gloucester/Great Britain  
Resarm Engineering Plastics S.A., Barchon/Belgium  
Permal Composites S. A., Maxéville, Lyon/France  
Röchling Engineering S.à.r.l., Maxéville, Lyon/France  
Röchling Engineering Plastics S.A.S., Décines/France  
Röchling Engineering Plastics Italia s.r.l., Arcisate (Varese)/Italy  
Röchling Plastpur S. A. Unipersonal, Bocairant (Valencia)/Spain

### USA

Röchling Engineered Plastics, Gastonia (NC), Ontario (CA)  
Röchling Machined Plastics, Mount Pleasant (PA)  
Leripa Papertech LLC, Kimberly (WI)

### ASIA

Roehling Engineering Plastics Pte. Ltd., Singapore  
Roehling International (Shanghai) Co., Ltd., Shanghai/China  
Röchling Engineering Plastics (India) Pvt. Ltd., Mumbai/India



Röchling Haren KG  
Geschäftsbereich Thermoplaste  
Röchlingstr. 1, D-49733 Haren/Germany  
Postfach 14 60, 49726 Haren/Germany  
Tel. + 49 (0) 59 34/7 01-0  
Fax + 49 (0) 59 34/7 01-3 00  
www.roechling-haren.de  
info@roechling-haren.de