OPTIMOLD II®: Tooling System für den Polyester-Formenbau

Durch den Einsatz des schrumpfreien Tooling Systems OPTIMOLD II® können innerhalb eines Tages sehr maßhaltige und steife Formen mit sehr guten Oberflächen hergestellt werden. In Verbindung mit VE Formenbau Gelcoat und VE Pufferschicht haben die Formen eine Temperaturbeständigkeit von bis zu 135 °C. Die Herstellungskosten einer Form können somit um bis zu 60 %, die Bauzeit von 5 auf 1 Tag reduziert werden.
Die folgende Anleitung soll Ihnen als Leitfaden für den Formenbau mit dem Lange + Ritter Tooling System dienen.

1. Optimale Arbeitsbedingungen

Eine Form sollte nur unter optimalen Produktionsbedingungen gebaut werden.
- Raum-, Modell- und Materialtemperatur: 19 – 23 °C
- Gute Absaugung, aber keine Zugluft
- Staubfreie Umgebung

2. Modellvorbereitung

Die Oberflächengüte der herzustellenden Form hängt entscheidend von der Oberflächenbeschaffenheit und der Art des verwendeten Modellwerkstoffs ab.

2.1 Auswahl des Modellwerkstoffs

Empfehlenswert sind gefräßte Modelle aus Ureol- oder Epoxy-Paste oder verklebten Platten sowie ausgesteifte GFK-Teile. Modellwerkstoffe aus Metall sind aufgrund der hohen Wärmeleitfähigkeit nicht so gut geeignet, da sie den Harzsystemen zuviel Exothermie entziehen. Bei Ureol oder EP Blockmaterial muss darauf geachtet werden, dass die Dichte nicht unter 550 kg/m³ liegt, da sonst die Poren im Schaum zu groß sind. In diesem Fall muss das Modell mit einem styrolbeständigen 2 K Füller lackiert und geschliffen werden. Die Modelloberfläche muss styrolbeständig sein. Im Zweifelsfall an einer später unsichtbaren Fläche einen styrolgetränkten Lappen ca. 1 Stunde auflegen. Sollte sich die Oberfläche des Füllers verändern, muss dieser entfernt und ein styrolbeständiger Füller aufgebracht werden.

2.2 Vorbehandlung der Modelloberfläche

Im Regelfall reicht eine mit Korn 600 geschliffene Oberfläche aus, um eine gute und sichere Entformung zu gewährleisten. Die feinen Schleifriefen im Modell sind nach dem Abformen erhabene Härchen, die problemlos mit einem 1500 Korn verschliffen werden können, um die Form anschließend auf Hochglanz zu polieren. Polierte Modelle bieten der Formenbaudeckschicht keinerlei mechanischen Halt, so dass die Gefahr von Frühentformung und Langwelligkeit relativ groß ist. Das Modell sollte nur an Außenkonturen (in der Form: Innenkontur) auf Endoberfläche poliert werden, da es dort kaum möglich ist, später in der Form zu polieren.

2.3 Füller

Bei Modellwerkstoffen mit einem Raumgewicht von unter 550 kg/m³ sollte ein styrolbeständiger 2K-Spritzfüller auflackiert und anschließend verschliffen werden. Wenn es Bereiche am Modell gibt, die auf Hochglanz poliert werden müssen, muss ebenfalls mit solch einem Füller gearbeitet werden.

- Hochglanz polierfähig: 15.71 Spraying Filler
- Mattglanz polierfähig: 15.6Gravi1353.Gravispret

2.4 Trennmittel

Modelloberfläche gründlich reinigen mit Mold Cleaner #1. Bei geschliffenen und gefüllerten Modellen reicht 5 maliges Wachsen mit Honeywax + 1 mal Trennwachs W70 (um die Oberflächenspannung zu nehmen und fischaugenfreies Auftragen der Formenbaugelcoat zu ermöglichen). Bei einer ungefüllerten Oberfläche bei Modellwerkstoffen mit einem Raumgewicht über 600 kg/m³ muss 4 – 5 mal Tooling Sealer satt und schlierenfrei aufgetragen werden, um die feinen Poren zu versiegeln. Danach 5 x Honeywax und 1 x Trennwachs W70 auftragen. Trennwachs W70 mindestens 3 Stunden aushärten lassen (besser über Nacht), bevor mit dem Auftragen der Formenbaugelcoat begonnen wird.

3. Materialauswahl: Gelcoat und Pufferschichtlaminat

Wärmefestigkeit bis 85 °C:

- **Gelcoat:**
  VIAPAL® 936BE (spritzfähig) – besonders elastische Formenbaugelcoat, keine Haarrisse, gut schleif- und polierfähig.
- **Pufferschicht:**
  DISTITRON® VE-100 ST – sehr gute Styrolbeständigkeit, für Prozesstemperaturen bis 90 °C.

Wärmefestigkeit bis 125 °C (Vinylester = VE):

- **Gelcoat:**
  NORPOL® GM (spritzfähig) – temperaturbeständige und harte Deckschicht. Formen müssen steif aufgebaut sein, um Haarrisse zu vermeiden. Aufgrund der Härte etwas schwieriger zu schleifen, gut zu polieren.
- **Pufferschicht:**
  EPOVIA® KRF 1001 TAS – sehr gute Styrolbeständigkeit, für Prozesstemperaturen bis 130 °C

3.1 Formenbaugelcoat spritzen

- **Härterzugabe 936BE:** 1,8 % BUTANOX M50
- **Härterzugabe GM:** 1,8 – 2,0 % BUTANOX M-50

Wir empfehlen die Formenbaudeckschicht mit einer handelsüblichen Becherpistole wie unter 3.2 beschrieben zu spritzen. Die Verarbeitung mit Airless Anlagen ist nicht zu empfehlen, da aufgrund des hohen Spritzdruckes und der kleinen Tröpfchen die Gefahr von Mikroporenbildung besteht. Die Formenbaugelcoat muss in 2 Spritzgängen gespritzt werden.

- **1. Spritzgang:** 350 – 450 µm
- **2. Spritzgang:** 450 – 550 µm

Jeder Spritzgang besteht aus mehreren dünnen Kreuzspritzgängen, bis die Schichtstärken erreicht sind. 1. Spritzgang entlüften und angelieren lassen

Spritzen der Formenbaugelcoat mit Becherpistole.

Messen und Kontrollieren der Nassfilmdicke:
Sie sollte bei jedem Spritzauftrag zwischen 350 – 450 µm liegen.

(Fingerprobe: Es darf keine Farbe mehr am Finger sein (nach 20 – 40 Min.)). Erst dann mit dem 2. Spritzgang beginnen. Bei Fischaugenbildung infolge von Übertrennung die Modellfläche nicht mit dick gespritzter Gelcoat zuschwemmen! Statt dessen Gelcoat zuerst fein vornebeln, 1 Minute warten, bis die Tröpfchen angetrocknet sind, danach deckend spritzen. Vor dem 2. Spritzgang sicherstellen, dass die Deckschicht ausreichend gut angehärtet ist. Hierzu an mehreren Stellen der Form Fingerprobe durchführen (beim Betupfen darf keine Farbe am Finger hängen bleiben). Vorsicht: eine unzureichend angehärtete Gelcoatschicht kann sich beim Überspritzen kräuseln („Elefantenhaut“).

Tipp:

- Für den 2. Spritzgang kann die Formenbaugelcoat mit weißer Farbpaste leicht getönt werden. Die hellere Farbe dient bei späteren Schleif- oder Polierarbeiten als Warnsignal und verhindert das unbeabsichtigte Durchschleifen auf das Laminat.

3.2 Spritzpistole

- Zerstäuberluft: 3 – 4 bar
- Durchmesser Materialdüse: min. 2,5 mm besser 3 mm
- Spritzabstand: 30 – 50 cm
- Beispiele und Hersteller: SATA® LMTM 2000 B RP™ – Bedüsung von 0,8 – 5 mm möglich.
- Walther Pilot, Graco, Devilbis usw.

3.3 Styrolresistente Pufferschicht

Unmittelbar nach dem Angelieren der Formenbaugelcoat (Fingerprobe) sollte mit dem Pufferschichtlaminat begonnen werden. Das Pufferschichtlaminat wird mit dem Harz DISTITRON VE-100 ST oder KRF 1001 TAS laminiert, es ist vorbeschleunigt und kann mit 1,5 % BUTANOX® M-50 verarbeitet werden. Die Verarbeitungszeit liegt bei 15 – 25 Minuten. Daher sollten nur kleinere Mengen angesetzt werden. Bei höheren Temperaturen oder großen Flächen empfiehlt es sich, die Gelierzeit mit 0,1 % INHIBITOR NLC-10 zu verlängern. Im Pufferschichtlaminat dürfen nur pulvergebundene Glasmatten (M113A-225 g/m^2) verwendet werden. Die für das Laminat benötigten Zuschnitte sollten so weit wie möglich vorbereitet werden. Bitte beachten, dass die Matten gerissen und nicht geschnitten werden, um im Überlappungsbereich keine Abzeichnungen zu bekommen.

Bläschen im Pufferschichtlaminat vorsichtig aufschleifen.

Anschleifen mit Korn 80 von Hand.

1. und 2. Lage Pufferschichtlaminat

- Zuerst Harz mit Laminierrolle gleichmäßig auf der Fläche verteilen. Glasmatte M113A-225 g/m² auflegen, trocken und luftblasenfrei auslaminieren. Die 2. Lage nass in nass auflegen und ebenfalls trocken und luftblasenfrei auslaminieren. Die 2. Lage kann so überschüssiges Harz aus der 1. Lage aufnehmen, so daß es keine Harzpfützen mehr gibt. Harzpfützen müssen mit Pinsel ausgetupft werden.
- Nach der Härtung Laminat nach Luftbläschen absuchen, und ggf. mit Kugelschschleifer vorsichtig aufschleifen.
- Bevor mit dem Hinterbau (Toolinglaminat) begonnen wird, muß das Laminat mit Korn 80 vollflächig angeschliffen und hinterher abgesaugt oder abgefegt werden (kein Aceton).

Überlaminierzeit 2 bis max. 20 Stunden.

4. Hinterbau mit schrumpffreiem Toolingharz OPTIMOLD II®

Vor Beginn des Toolinglaminates nochmals Sichtkontrolle des Pufferschichtlaminates, evtl. vorhandene Luftbläschen anschleifen. Danach ebenfalls die gesamte Fläche mit Korn 80 von Hand abschleifen und Schleifstaub gründlich entfernen.

4.1 Verarbeitung OPTIMOLD II®

4.1.1 Anwendung und Funktion

OPTIMOLD II® ist ein schrumpffreies Toolingharz zur statischen Versteifung von GFK-Formen hinter der Gelcoat und dem Pufferschichtlaminat. Ein thermoplastisches Additiv dehnt sich bei der Aushärtung des Laminates aus und kompensiert den Schrumpf des Polyesterharzes. Dieser Effekt tritt bei OPTIMOLD II® bereits ab 43 °C ein. Dies ist besonders vorteilhaft bei temperaturempfindlichen Modellen (Ureol, GFK-/

Holz-/ Spachtelmischung). Hier sollte die Reaktionstemperatur möglichst niedrig sein. Modellwerkstoffe wie Aluminium sind ungeeignet, da sie dem System zuviel Wärme entziehen.

Materialverbrauch OPTIMOLD II® und Wandstärken

Verstärkungsmaterial	Verbrauch OPTIMOLD II	Wandstärke	Fasergewichtsanteil
450 g/m² Glasmatte	ca. 1,75 kg/m²	ca. 1,7 mm	ca. 26 %
600 g/m² Glasmatte	ca. 2,4 kg/m²	ca. 2,4 mm	ca. 26 %

Die erste Lage Glasmatte muss mit einem Rillenroller luftblasenfrei entlüftet werden. Sie ergibt eine gleichmäßige Wandstärke und ebene Flächen. In der ersten Lage hinter der Pufferschicht sollten die Glasmatten nur gerissen (nicht geschnitten) werden, um Abzeichnungen zu vermeiden. Es eignen sich pulver- und emulsionsgebundene Matten. Stapelfasergewebe ist ungeeignet, da durch das Aufquellen des saugfähigen Gewebes kein kontrollierter Harzauftrag möglich ist und damit die Gefahr der örtlichen Überhitzung sehr groß ist.

Temperatur °C	Peroxid Gew.%
17	–
18	1,7
19	1,6
20	1,5
21	1,5
22	1,5
23	1,4
24	1,3
25	1,3
26	–

Richtwerte für ein 5 – 7 mm Laminat auf einem GFK-Modell.

- zu kalt (unter 17 °C)
- möglich
- optimal (20 – 22 °C)
- zu warm (über 26 °C)

Werte beziehen sich auf Hallen-, Modell- bzw. Laminat-Temperatur.

4.1.2 Verarbeitungsvorschriften und Rezepturen
Verhältnis von Umgebungstemperatur und Härterdosierung

- Optimale Temperatur im Produktionsraum: 20 – 24 °C
- Härtersystem: BUTANOX® M-50
- Härterdosierung (bezogen auf die fertige Harzmischung): 1,25 – 1,75 % (Gewicht)

Um die Mindestreaktionswärme zu erreichen, muss in einem Arbeitsgang eine Wandstärke zwischen 5 mm und 7 mm laminiert werden. D. h. beim Handlaminat 3 – 4 Lagen 450 g/m² Glasmatte oder beim Faserspritzen 2 Spritzdurchgänge nass in nass von jeweils 2,5 – 3 mm Wandstärke mit einem Faseranteil von 26 %. Bei großflächigen Formen empfiehlt es sich, die Laminatstärke mit 3 x 600 g Matte aufzubauen, wenn keine Faserspritzanlage vorhanden ist.

- Originalgebinde gründlich und homogen aufrühren! Härter sorgfältig einrühren, um eine gleichmäßige Vermischung und Aushärtung zu gewährleisten!
- Erster Arbeitsgang: 4 x 450 g Matte: 1,5 % BUTANOX® M-50, Verarbeitungszeit ca. 45 Minuten. Die Exothermie während der Härtung liegt zwischen 50 – 60 °C.
- Zweiter Arbeitsgang: 3 x 450 g Matte: Vor jedem weiteren Laminiervorgang warten, bis die Form wieder auf ca. 25 °C (besser 22 °C) abgekühlt ist. Je wärmer die Form, desto kürzer die Verarbeitungszeit. Es wird empfohlen, vor jedem Arbeitsgang das Laminat mit Korn 80 grob anzuschleifen, um einen besseren Verbund zu erhalten.

Empfehlung:

- Im Sommer früh beginnen. Sollten die Temperaturen in der Halle bei über 26 °C liegen, so dass das Laminat für den 2. Arbeitsgang nicht mehr weit genug abkühlen kann, empfielt es sich, diesen Arbeitsschritt auf den nächsten Vormittag zu verschieben!
- Überlappungen in den Lagen stufenweise versetzen, so dass keine Aufdoppelung des Laminats auftritt, die zu Überhitzung führen könnte.
- Peak Temperatur sollte auf ca. 50 °C ansteigen

(mindestens jedoch 43 °C), damit die Expansion der Füllstoffe eintritt! Sollte die Temperatur an Überlappungsbereichen über 90 °C ansteigen, sollte mit Druckluftpistole lokal geblasen und gekühlt werden.
- Zugluft in der Halle muss vermieden werden!
- Weitere Arbeitsgänge: Wiederholung von Schritt 2 bis zum Erreichen der gewünschten Laminatstärke.

4.1.3 Herstellung eines Faserspachtels aus OPTIMOLD II®

OPTIMOLD II®: 100 GWT
Gemahlenes Glas: 30 GWT (Textilglas-Kurzfaser RC gemahlen)

Bei Sandwichkonstruktionen mit Holzplatten muss auf der Auflageseite mit einer Zahnspachtel ein Faserspachtel aufgezogen werden. Die Holzplatte sollte mit Bohrungen (5 mm) im Abstand von 100 mm versehen werden. Für den besseren Kontakt wird das Holz vorher mit OPTIMOLD II® (katalysiert) vorgestrichen, danach erst den Faserspachtel mit einer 10 mm Zahnspachtel aufziehen.

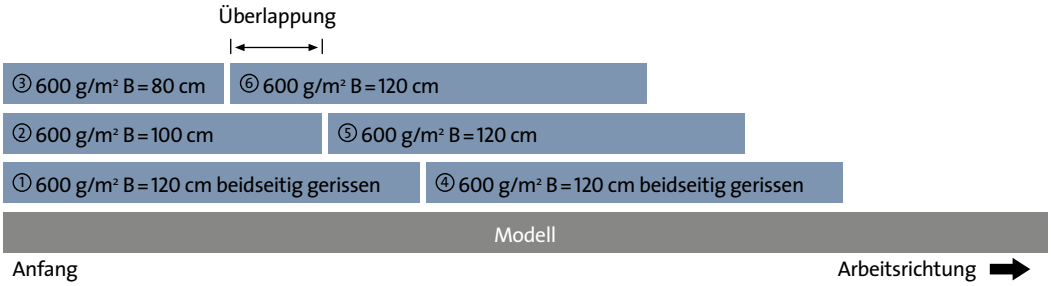
Empfehlung:
Vor Entformung vom Modell, 24 Stunden Tempern bei 45 – 50 °C!

4.2 Herstellung großflächiger Formen

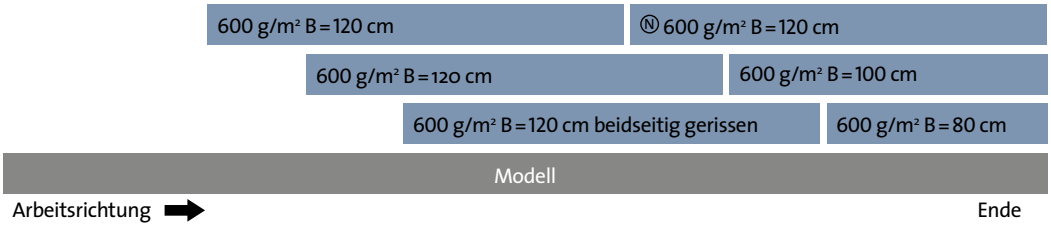
Um die nötige Exothermie durch Eigenreaktionswärme bei OPTIMOLD II® Laminaten zu erreichen, benötigt man eine Mindestwandstärke von 5 – 6 mm. Da diese bei Formen über 8 m² nicht mehr innerhalb einer Stunde aufgebaut werden kann, muss man stufenweise wie unten dargestellt arbeiten.

Die Arbeitsschritte müssen abschnittsweise so eingeteilt werden, dass die Arbeitsflächen von Kante zu Kante laufen. Im Falle eines Schwimmbeckens zuerst mit der Treppe beginnen (bis zur Außenwand), danach den Boden und als letztes die Außenwände laminieren.

Arbeitsunterbrechungen in der Flächenmitte müssen vermieden werden.
Zugluft unbedingt vermeiden!



Achtung: Reihenfolge ① ② ③ ... Ⓝ unbedingt einhalten!



Bei großflächigen Formen Laminat stufenweise aufbauen.

4.3 Technische Daten OPTIMOLD II®

- **Technische Daten:**

Dichte	1,27 g/cm³
Viskosität	1100 – 1600 mPas

- **Mechanische Eigenschaften:**

Wärmeformbeständigkeit (HDT / ISO 75)°	140 °C
Zugfestigkeit (ISO 527)	92 MPa
Reißdehnung (ISO 527)	1,8 %

- **Lagerung:**

Lagertemperatur	18 – 25 °C
Lagerfähigkeit (originalverschlossen)	4 Monate

- **Verpackungseinheiten:**

Hobbock	25 kg
Fass	250 kg

5. Formaussteifung mit OMEGA-Profilen

Anstelle von zeitaufwändig angepassten Stahl- oder Holzrahmen können diese OMEGA-Profile mit Heißkleber auf der Form fixiert und zugeschnitten werden. Da OPTIMOLD II® nicht schrumpft und sich nichts auf der Formoberfläche abzeichnen kann, können diese Versteifungsprofile bereits vor dem letzten OPTIMOLD II®-Laminierdurchgang eingebracht werden. Somit erspart man sich zusätzliche Einlaminierarbeiten.

Mit Heißklebepistole werden die OMEGA-Profile fixiert.

OMEGA-Profile sind leicht zu schneiden und aneinanderzufügen.

Zum Schluss nochmals mit 3 Lagen Glasmatte 450 g und OPTIMOLD II® überlaminieren – fertig.

6. Anpassen und Anbringen eines Metallrahmens

Für große Werkzeuge wird als Aufnahme ein Rahmengestell aus Vierkantrohren empfohlen, an dem Schwenkzapfen, Entformungshilfen und Rollen für das spätere Handling angebracht werden können. Die Rohre müssen an den Konturverlauf der Formrückseite angepasst werden. Nachdem der Rahmen fertig geschweißt ist, wird er nochmals aufgelegt und der Verlauf auf der Formrückseite angezeichnet.

Vierkantrohre konturgenau auf der Formenrückseite anpassen.

Auf den markierten Auflageflächen wird jetzt ausreichend Klebeharz oder Faserspachtel aufgetragen. Der Stahlrahmen wird wieder vorsichtig aufgelegt. Das überschüssige Klebeharz sauber mit einem Spachtel oder Pinsel verstreichen. Anschließend werden die Auflagepunkte nochmals mit 3 Lagen 450 g Glasmatte und OPTIMOLD II® überlaminiert, um Abzeichnungen durch Schrumpfmarkierungen zu vermeiden.

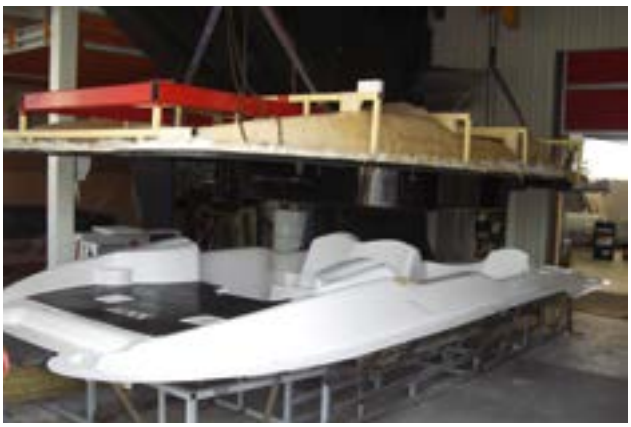
Auflagepunkte mit Klebeharz fixieren ...

... und mit Glasmatte und OPTIMOLD II® überlaminieren.

7. Tempern

Die so versteifte Form muss jetzt 24 h bei 50 °C getempert werden. Wenn keine geeignete Temperkammer vorhanden ist, kann dies auch unter einer Abdeckplane geschehen. Zur besseren Wärmeverteilung empfiehlt es sich, einen geeigneten Lüfter (explosionsgeschützter Antrieb) einzusetzen.

Form abdecken und mit Warmluftgebläse tempern.



Dann kann endlich entformt werden!

8. Materialbedarfsliste für Formenbau

Arbeitsschritt	Artikel-Nr.	Bezeichnung	Verbrauch
Füllern und Vorbereiten	15.79	Spraying Filler hochglanzpolierfähig	1200 g/m²
	15.01	Modelliermasse KAWEPLAST	VPE: 1 kg
Reinigen	04.25	Mold Cleaner #1	0,2 l/m²
Trennen	04.24	Tooling Sealer	0,05 l/m²
	04.10C	Honey Wax	10–15 g/m²
	04.10.K6	Spacewax 300	10 g/m²
	04.01D	Trennwachs LARIT W-70	10 g/m²
	04.02	Trennlack PVA blau	50 g/m²
	04.50	Spritzverdünner für PVA	5–10 % von PVA
	01.40	Trennmittelschwamm für PVA	–
bis 85 °C			
Formenbau Gelcoat	15V936BE9127	VIAPAL 936 BE 9127 knopfschwarz, spritzfähig	1000 g/m²
Pufferschicht	06.6DVE100ST	DISTITRON VE-100 ST	900 g/m²/mm
bis 130 °C			
Formenbaugelcoat	15.GM9000S	NORPOL GM 9000 schwarz spritzfähig	1000 g/m²
Pufferschicht	06.6KRF1001TAS	EPOVIA KRF 1001 TAS	900 g/m²/mm
Härter für GM 9000	16A.BUTLPTIN	BUTANOX M-50	1,8–2 %
Härter für KRF 1001 TAS	16A.BUTLPTIN	BUTANOX M-50	1,5–1,8 %

Textilglasmatten	03. M113225	Glasmatte M113-225g/m²	–
	03.M123450	Glasmatte M123-450g/m²	–
Toolingharz	06.6OPTIMOLD	OPTIMOLD II	0,8–0,9 kg/m²/mm
	03.28	gemahlene Glasfaser FG 400/300	–
Additive	16A.INHNLC10	INHIBITOR NLC-10	–
Versteifungsprofile	40.01A	Verstärkungsprofil PE OMEGA 30	–
	40.01B	Verstärkungsprofil PE OMEGA 40	–
	40.01E	Verstärkungsprofil PR OMEGA 50	–
	40.01F	Verstärkungsprofil PE OMEGA 70	–
	40.01D	Verstärkungsprofil PE OMEGA 100	–
Dichtungsprofile	40.03A10.2	Silikon-Dichtschnur 10/8	–
	40.02A	Moosgummi-Dichtlippe EPDM	–
Nutprofile für Dichtungen	40.03M08	Nutprofil 8 x 8 für Dichtschnur 10/8	–
	40.02M15	Nutprofil 10 x 15 für Dichtlippe EPDM	–
	40.02M25	Nutprofil mit Eintauchkante, für Dichtlippe 40.02A	–
RTM-Anschluss	40.10A	Injektionsstutzen, 3-teilig	–

Die Angaben auf diesem Merkblatt entsprechen dem heutigen Stand unserer Kenntnisse und sollen über die Produkte und deren Anwendungsmöglichkeiten informieren. Sie haben nicht die Bedeutung, bestimmte Eigenschaften oder deren Eignung für einen konkreten Einsatzzweck zuzusichern.