

Fallstudie: 3D-gedruckte Formen für Orthese

In Kooperation von adViva, Teton Simulation, Ultimaker und LEHVOSS Group



Ultimaker



Einleitung

Verfahren des Additive Manufacturing, umgangssprachlich 3D-Druck, sind prädestiniert zur Herstellung von Absicherungsbauteilen und Kleinserien, insbesondere aber zur Fertigung bei „Losgröße eins“. Bei der Produktion orthopädischer Hilfsmittel, die stets patientenbezogen sind, liegt quasi immer der Fall Losgröße eins vor. Ziel ist es, eine optimale Passform zu erzeugen, welche die besonderen ergonomischen Anforderungen erfüllt. Hierbei fließt bei der Modellierung der 3D-gescannten Strukturen des Patienten, das Know-How des Orthopädietechnikers bzw. des spezialisierten Biomechanikers ein, um ein oberflächenoptimiertes Modell zu erzeugen.

Das Ganze verfolgt letztlich ein Ziel: Die Erstellung kosten- und handhabungsoptimierter Laminiernormale (Laminierformen oder Laminierwerkzeuge), zur Fertigung hochentwickelter Orthesen aus CFK-Laminaten. Es gilt, den Aufwand auf ein minimales Maß wertschöpfender Schritte zu reduzieren und die Durchlaufzeiten zu verkürzen.

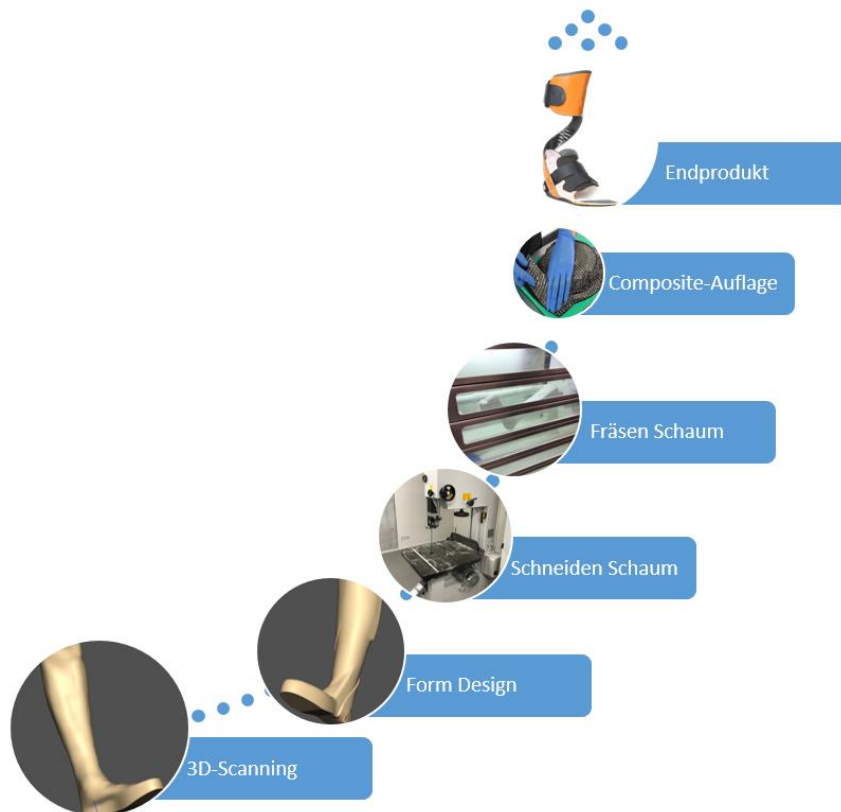


Abbildung1. Klassische Herstellung von Orthesen

Ein Verfahren zur Herstellung solcher Werkzeuge ist das Fräsen aus Halbzeugen, in der Regel Blockware aus Werkzeugbauschäumen. Dieses Verfahren ist in der Praxis etabliert und seit vielen Jahren bewährt. Nimmt man jedoch eine differenzierte Prozessanalyse vor, lassen sich Optimierungsschritte ableiten, die sich ökonomisch wie ökologisch bemerkbar machen.

Angesprochene Werkzeugbauschäume bestehen in der Regel aus duroplastischem Polyurethan. Deren Zerspanung ist unkritisch, allerdings entstehen große Mengen feiner und feinsten Stäube, die zu erheblichem Reinigungsaufwand in Räumlichkeiten und bei Filteranlagen führen. Des Weiteren können diese leichten Stäube, durch Verschleppung in die CFK-Prepregverarbeitung, zu Qualitätseinbußen durch Fremdmaterialeinschluss an laminierten Bauteilen führen. Partikelverschleppungen sind im Allgemeinen schwer beherrschbare Verunreinigungen der Arbeitsumgebung.

Die zu zerspanenden Formblöcke müssen zur Vorbereitung des Fräsprozesses zugeschnitten werden. Hier entsteht, neben weiteren Staubanteilen, auch Blockabschnitt. Beim Staub, als auch bei den Blockabschnitten und später bei der zu entsorgenden Laminierform, handelt es sich um Sonderabfälle. Der 3D-Druck mittels Filament eröffnete in diesem Fall die Möglichkeit, die Prozess- und Fertigungskette deutlich zu entzerren. Durch dieses generative Verfahren entstehen im Prinzip keine Produktionsabfälle- und Reststoffanteile. Der Materialeinsatz beschränkt sich ausschließlich auf das zu fertigende Werkzeug. Kontaminationen der Umgebung sind nahezu ausgeschlossen. Zusatzkosten infolge Qualitätsminderung oder aber durch aufwändige Reinigung der Arbeitsumgebung entfallen.

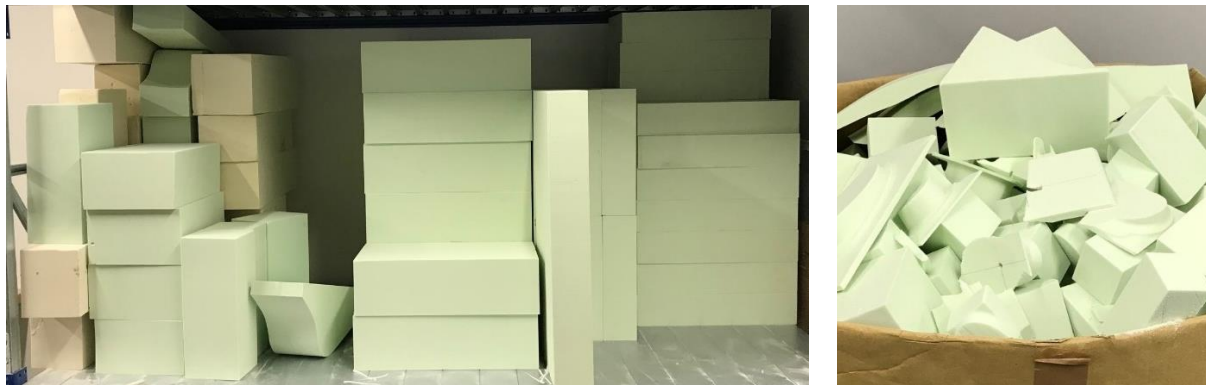


Abbildung 2 und 3. Schaumlager und Schaumabfälle

Die Fallstudie

Für eine Fallstudie wurde mit dem Unternehmen adViva der Werkstoff LUVOCOM 3F PET CF 9780 BK ausgewählt. Dieser zeichnet sich durch hohe Festigkeit und Temperaturbeständigkeit aus. Zudem ist er chemisch gut beständig und einfach zu verdrucken. Die Festigkeit und auch die Oberflächenhärte des Formwerkzeugs aus diesem Material bedingen einen weiteren großen Vorteil. Das Bauteil ist sehr handhabungsfreundlich, da unempfindlich gegenüber Beschädigungen. Dies begünstigt einen ungestörten Laminierprozess, aber auch das Transportieren und Verwahren des Artikels.

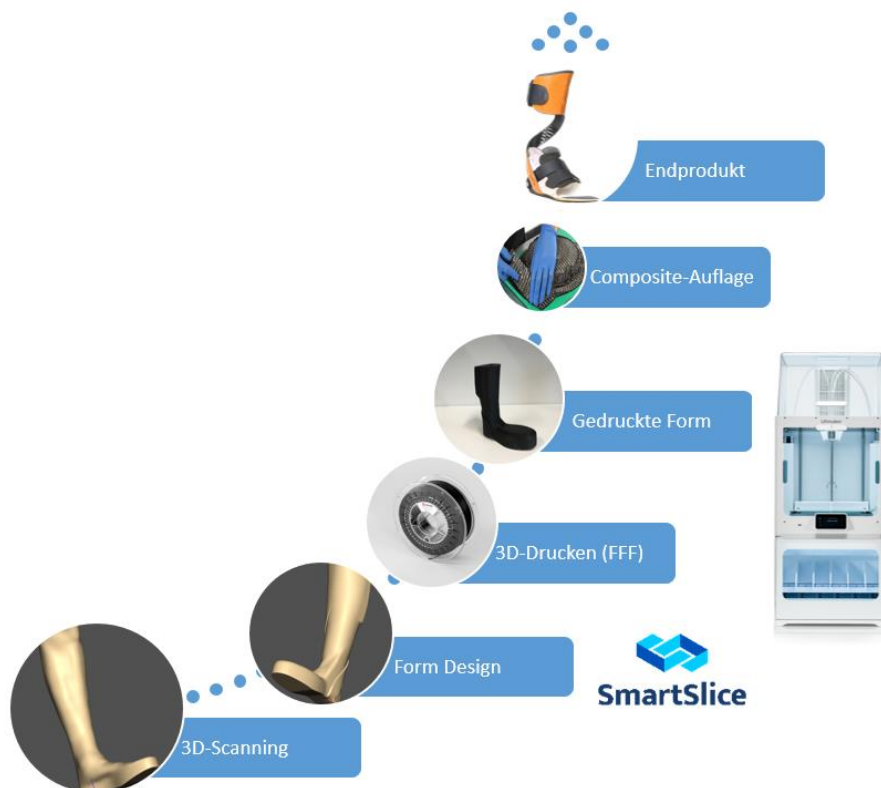


Abbildung 4. Neuer Produktionsprozess für Formen

Verfahrensbedingte Anforderungen, wie die erforderliche Wärmeformbeständigkeit und Feuchtfreiheit für den Aushärtprozess im Ofen-Vakuumverfahren, erfüllen die gedruckten Laminierformen uneingeschränkt. Zur Erfüllung von Sonderanforderungen, wie beispielsweise erhöhter Vernetzungstemperaturen bei Verwendung reaktiverer Harz-Systeme, stehen weitere LUVOCOM 3F-Materialien zur Verfügung.



Abbildung 5. 3D-gedruckte Form, Form mit Griff, fertige CFK-Orthese

Das Lebenszeitende der Laminierform ist der Ablauf der gesetzlich vorgeschriebenen Verwehrzeit. PU-Schaumteile würden nun der getrennten und teuren Reststoffentsorgung für Sonderabfälle zugeführt. Da bereits in der Konstruktion des Modells auf minimalen Materialeinsatz geachtet wird – unterstützt durch die hohen Festigkeiten des gewählten 3D-Druckmaterials –, kann mit geringem Infill (Stützstruktur im Bauteil) gearbeitet werden. Dadurch fällt ein noch geringes Materialvolumen als Reststoff an. Da es sich bei LUVOCOM 3F PET CF 9780 BK um einen technisch anspruchsvollen thermoplastischen Kunststoff handelt, kann dieser getrennt gesammelt und dem technischen Kunststoffrecycling zugeführt werden. Nach dem Vermahlen der Bauteile können zum Beispiel über das Spritzgießen neue technische Teile entstehen. Bei Etablierung des Verfahrens in dieser Anwendung kann ein sortenreiner Materialrücklauf organisiert werden und dem Recycling steht nichts im Weg.

Optimierung der Bauteilmechanik

SmartSlice für Ultimaker Cura, ein von Teton Simulation entwickeltes Software-Plugin, wurde verwendet, um die Leistung im Betrieb zu überprüfen und die Druckeinstellungen für die Form zu optimieren. SmartSlice verwendet experimentelle Materialdaten, um die strukturelle Leistung von gedruckten FFF-Teilen zu analysieren, und berücksichtigt Variablen wie die Ausrichtung des Teilebaus, die Materialanisotropie, die Belastung und die Einschränkungen sowie Druckeinstellungen wie Fülldichte, Füllmuster und Schalendicke. Der Hauptzweck von SmartSlice besteht darin, sicherzustellen, dass das gedruckte Teil die Leistungsanforderungen erfüllt und gleichzeitig die Druckzeit und der Materialverbrauch minimiert werden.

Der SmartSlice-Workflow begann mit der Auswahl von LUVOCOM 3F PET CF 9780 BK aus der SmartSlice-Materialdatenbank und der Definition der Leistungsanforderungen und Anwendungsfälle. Da die gefrästen

Schaumformen empfindlich gegenüber Oberflächenbeschädigungen sind, besteht eine wichtige Anforderung an das gedruckte Teil darin, dass es während der Handhabung nicht beschädigt wird. Um dies zu gewährleisten, wurde ein Sicherheitsfaktor von 3,5 definiert. Dies bedeutet, dass das Teil stark genug sein muss, um dem 3,5-fachen der angenommenen Belastung standzuhalten, bevor es sich dauerhaft verformt oder nachgibt. In Bezug auf Lasten und Einschränkungen wurde die Oberfläche, an welcher das Einspannhilfsmittel befestigt ist, fixiert (nicht beweglich) und drei verschiedene Lasten wurden auf Oberflächen auf der Form aufgebracht.

Als nächstes wurde eine Build-Orientierungsstudie durchgeführt, um zu bestimmen, welche Build-Orientierung die beste Leistung bei Verwendung der geringsten Materialmenge bietet. In dieser Phase wurde das Standarddruckprofil für CF 9780 verwendet. Wie in Abbildung 6 gezeigt, wurden drei Bauausrichtungen berücksichtigt: Seite, Rücken und aufrecht. SmartSlice berechnet einen Mindestsicherheitsfaktor von mehr als 3,5 für jede Build-Ausrichtung. Dies bedeutet, dass alle Teile die Festigkeitsanforderungen überschreiten, was wiederum bedeutet, dass die Teile überdimensioniert sind. Da Druckzeit und Materialverbrauch im Mittelpunkt stehen, ist die aufrechte Ausrichtung die beste Wahl, da nur wenig Druckzeit und Material benötigt werden.

Die Ausrichtung des aufrechten Aufbaus wurde dann von SmartSlice weiter untersucht, um zusätzliche Druckzeit und zusätzliches Material zu reduzieren. Insbesondere wurde eine Validierung mit zwei Wänden und 20% Füllungsdichte (Infill) durchgeführt, den empfohlenen Mindestwerten für diese zwei Parameter, und die Ergebnisse zeigten, dass zwei der drei Anwendungsfälle einen Mindestsicherheitsfaktor von weniger als 3,5 aufwiesen. Regionen, in denen der Sicherheitsfaktor niedrig war, wurden in SmartSlice aufgezeichnet (Abbildung 7a), und es wurde festgestellt, dass der Bereich nahe dem Ende des Einspannstabes das Potenzial hatte, nachzugeben, sodass in diese Bereiche ein Modifikatornetz (Abbildung 7b) eingefügt wurde, um Material hinzuzufügen und das Teil lokal zu verstärken. Wie in 7c und 7d gezeigt, wird das Teil nur in den Schichten, die sich innerhalb des Modifikatornetzes befinden, voll (100 % Infill) gedruckt. Außerhalb des Modifikatornetzes beträgt die Füllungsdichte 20%. Nach dem Hinzufügen des Modifikatornetzes und einer weiteren Validierungsrunde erfüllte das Teil die Festigkeitsanforderungen und verwendete eine minimale Menge an Material und Druckzeit.

Insgesamt wurde das Teil etwa eine Stunde in SmartSlice validiert und optimiert, um Druckzeit und Materialverbrauch zu minimieren. Im Vergleich zum Standarddruckprofil und dem Wissen, dass adViva etwa 100 Formen pro Monat druckt, spart SmartSlice 50 Tage Druckzeit pro Jahr und 13,2 kg Material pro Jahr. Eine Druckzeit von 50 Tagen entspricht einer Steigerung des Maschinendurchsatzes um 70 zusätzliche Formen pro Jahr.

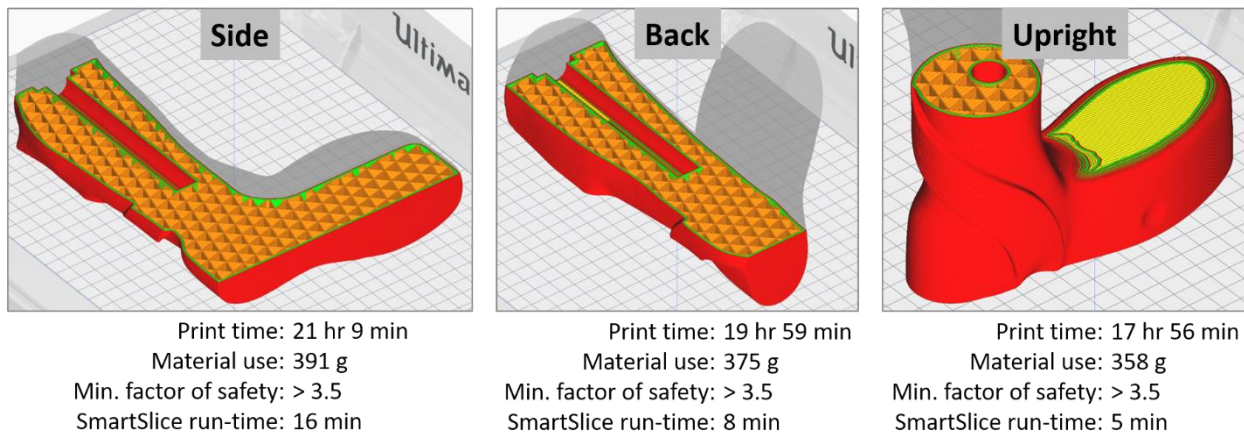


Abbildung 6. adViva-Form in drei verschiedenen Bau-Ausrichtungen mit Ergebnissen aus jeder SmartSlice-Validierungsstudie.

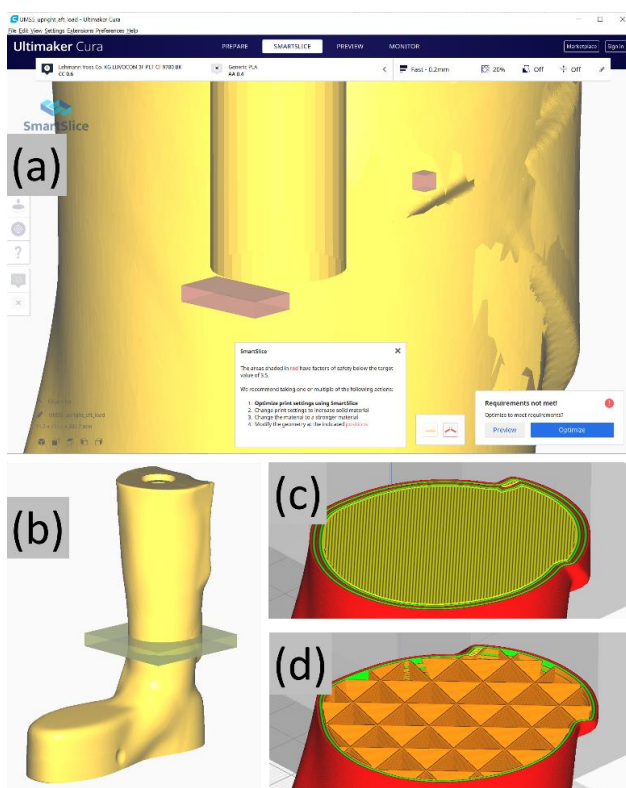


Abbildung 7. (a) Bereiche (rot), in denen der berechnete Sicherheitsfaktor geringer als die Anforderung von 3,5 ist, (b) Modifikatornetz, (c) Schnittansicht, die die Schicht im Modifikatornetz zeigt, und (d) Schnittansicht, die die Schicht außerhalb des Modifikatornetzes zeigt.

LEHVOSS Group:

Die LEHVOSS Gruppe unter der Führung von Lehmann&Voss&Co. ist eine Unternehmensgruppe der Chemie, welche chemische und mineralische Spezialitäten für diverse Abnehmerindustrien entwickelt, produziert und vermarktet. Lehmann&Voss&Co., Hamburg, wurde 1894 als Handelshaus gegründet. In seiner rund 125-jährigen Erfolgsgeschichte hat sich das inhabergeführte Unternehmen zu einer leistungsstarken globalen Organisation entwickelt - mit langjährigen Verbindungen zu namhaften Lieferanten und mit eigenen Produktionsstandorten in Europa, den USA und Asien. Weitere Informationen unter www.lehvoss.de.

Mit den Produktlinien LUVOSINT® und LUVOCOM® 3F bietet die LEHVOSS Group innovative und maßgeschneiderte Kunststoffe für den 3D-Druck. Diese sind auf die gängigsten Fertigungsverfahren, wie Powder Bed Fusion, Fused Filament Fabrication (FFF) und Fused Granulate Fabrication (FGF), abgestimmt. Die Materialien zeichnen sich durch eine gute Verarbeitbarkeit und exzellente Materialeigenschaften aus. <https://www.luvocom.de/en/products/3d-printing-materials/>

adViva:

adViva ist ein privates Gesundheitsunternehmen, das 1997 in Heidelberg gegründet wurde und Sanitätsprodukte, Orthopädie- und Reha-Technik anbietet. Schwerpunkte der Beratungs- und Serviceleistungen sind orthopädische Einlagen, Orthesen, Prothesen und Lagerungssysteme, eine große Auswahl an Sanitäts-, Rehabilitationsprodukten und Rollstühlen sowie die videogestützte adViva-Bewegungsanalyse.

Anfang 2019 wurde die adViva® AKADEMIE ins Leben gerufen, mit dem Ziel der Kompetenz des Unternehmens in Gesundheitsthemen eine professionelle Plattform zu bieten. 2020 startete adViva mit adVPHYSIO ein ganzheitliches Versorgungskonzept, das auf das Bewegen mit Hilfsmitteln ausgerichtet ist. Ebenfalls seit 2020 verpflichtet sich das Unternehmen dem Ethik-Kodex Gehen Verstehen® und ist zertifiziertes OT Kompetenzhaus. adViva ist nach DIN EN ISO 9001:2000 und DIN EN ISO 13485 zertifiziert.

Teton Simulation:

Teton Simulation entwickelt Softwareprodukte, die die Produktivität bei der Herstellung von 3D-Druckteilen steigern. SmartSlice vereinfacht das Optimieren eines Teils für minimale Druckzeit und minimalen Materialverbrauch und stellt gleichzeitig sicher, dass die Leistungsanforderungen für den Endverbrauch erfüllt werden. Das Markenzeichen des Unternehmens ist die Bereitstellung von Software, die einfach zu verwenden ist und gleichzeitig sehr schnelle und zuverlässige Ergebnisse liefert. www.tetonsim.com

Ultimaker:

Seit 2011 entwickelt und bietet Ultimaker ein offenes und einfach zu bedienendes System, bestehend aus Drucker, Software und Materialien, welches Konstrukteuren und Ingenieuren jeden Tag neue Innovationen ermöglicht. Ultimaker ist heute ein Marktführer im professionellen 3D-Druck. In Niederlassungen in den Niederlanden, New York, Boston und Singapur – und Produktionsstätten in Europa und den USA arbeitet ein globales Team von 400 Mitarbeitern gemeinsam daran, den Übergang zu digitaler und lokaler Produktion zu beschleunigen. www.ultimaker.com



Europa und Zentrale

Lehmann&Voss&Co. KG
Alsterufer 19
20354 Hamburg
Tel +49 40 44 197 250
Fax +49 40 44 198 250
E-mail luvocom@lehvoss.de

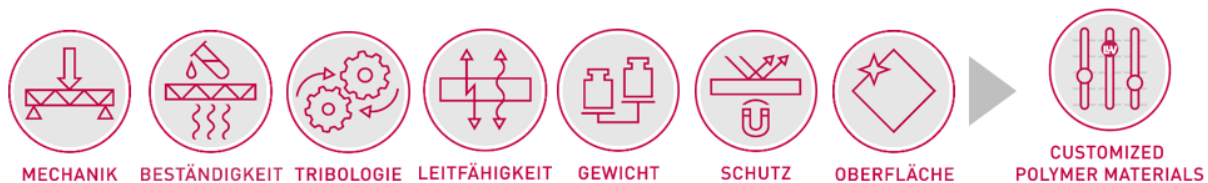
Nordamerika

LEHVOSS North America, LLC
185 South Broad Street
Pawcatuck, CT 06379
USA
Tel +1 855 681 3226
Fax +1 860 495 2047
E-mail info@lehvoss.com

Asien

LEHVOSS (Shanghai) Chemical Trading Co., Ltd.
Unit 4805 Maxdo Centre
8 Xingyi Road, Changning District
Shanghai 200336
China
Tel +86 21 6278 5186
E-mail info@lehvoss.cn

Unsere Materialkompetenzen



www.luvocom.de

We  it.

LUVOCOM® und LUVOSINT® sind eingetragene Warenzeichen der Lehmann&Voss&Co. KG

Any recommendations made for use of Seller's materials are made to the best of Seller's knowledge and are based upon prior tests and experience of the Seller believed to be reliable; however, Seller does not guarantee the results to be obtained and all such recommendations are non-binding – also with regard to the protection of third party's rights –, do not constitute any representation and do not affect in any way Buyer's obligation to examine and/or test the Seller's goods with regard to their suitability for Buyer's purposes. No information given by the Seller is to be construed in any way as a guarantee regarding characteristics or duration of use, unless such information has been explicitly given as a guarantee.

05/2021