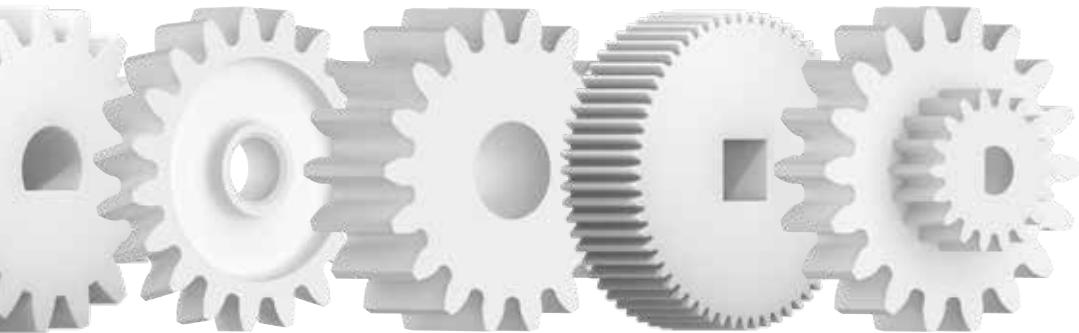


3D-Druck



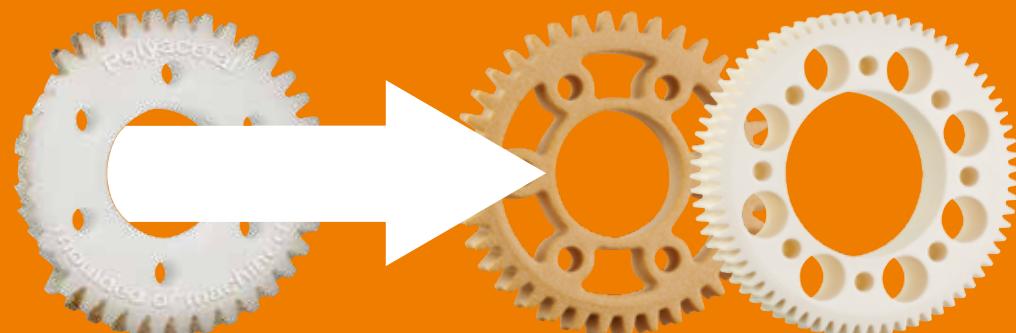
Leitfaden für den industriellen 3D-Druck:
Konstruktion ... Materialauswahl ... Druck

Kunststoff Zahnräder

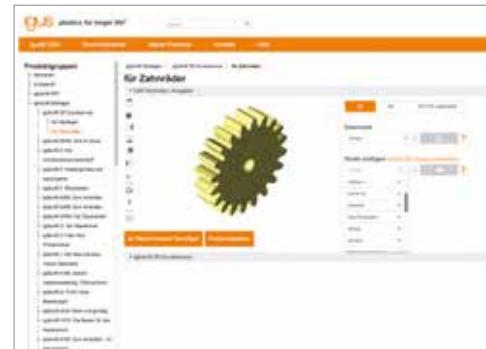
igus®

3D printing ...
polymer gears ...
design ... material ... print

Individuelles Zahnrad in 60 Sekunden konfigurieren und in 3 Tagen versandbereit ... bis zu 40 % Kostensparnis ... Configure your custom gear in 60 seconds, ready for shipment in 3 days ... cost savings of up to 40% ...



www.igus.de/zahnrad
www.igus.eu/gear



- Kein aufwändiges Konstruieren von Zahnrädern
- Evolventenverzahnung nach Norm
- Individuelles Zahnmodul ab 0,5
- Gleichwertige oder höhere Lebensdauer gegenüber gefrästen Zahnrädern aus POM
- Keine Werkzeugkosten
- Effizient ab Stückzahl 1

- No complex designing of gears
- Involute gear according to standard
- Custom tooth module from 0.5
- Equivalent or better service life than machined gears made of POM
- No tool costs
- Efficient, no minimum order quantity

... im Einsatz in action ...



Alt (Originalteil) ... ► Neu per SLS

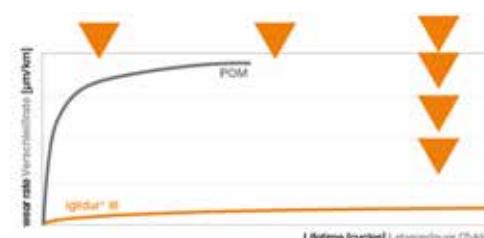
Previous wear-resistant part... ► New part produced by SLS

Wie praktisch der 3D-Druck ist, zeigt dieses Beispiel: Als ein Zahnrad im Getriebe eines alten Rasenmäher-Traktors gebrochen und kein Ersatzteil in Sicht war, winkte als Endstation der Schrottplatz. Damit wollten sich die Ingenieure aber nicht abfinden. Also haben sie das gebrochene Zahnrad digital rekonstruiert, mit dem 3D-Drucker ausgedruckt und eingebaut. Das Ergebnis: Der Traktor läuft wieder perfekt. Genau wie das E-Bike eines Kunden, dem das Gefährt zu laut war. Er hat deshalb das Standard-Ritzel aus Metall von igus® nachkonstruiert und ausdrucken lassen. Das E-Bike ist dank des Ritzels aus Hochleistungskunststoff nun deutlich leiser.

This example shows the advantages of 3D print: when the gear of an old lawn tractor was broken and no spare part was available, the tractor ended up on the scrap yard. However, the engineers did not want to accept this. That is the reason why they digitally recreated the broken gear, printed it using a 3D printer and installed it again. The result: the tractor is now working perfectly. Just like a customer's e-bike, which created too much noise. The standard metal pinion was generated and printed by igus®. The e-bike is significantly quieter due to the high-performance plastic pinion.



... robust robust ...



Sie sind es satt, dass Kunststoffzahnräder zu schnell verschleiß? Dann setzen Sie auf 3D-gedruckte Zahnräder aus dem Hochleistungskunststoff iglidur® I6. Labortests haben bewiesen: Die Zahnräder sind auch nach einer Million Rotationszyklen noch voll funktionstüchtig. Anders als ihre gefrästen Pendant aus Polyoxymethylene (POM). Sie waren im Test nach 321.000 Zyklen verschlissen, die Zähne wurden stumpf und brachen schließlich nach 621.000 Zyklen. Im Alltag hätte das den Anlagen-

stillstand bedeutet. Doch dazu muss es nicht kommen.

► Nutzen Sie für den industriellen 3D-Druck von Zahnrädern Hochleistungskunststoffe, die hohe Verschleißbeständigkeit sicherstellen.

Have you had enough of plastic gears becoming worn too quickly? If yes, change over to 3D-printed gears made of the high-performance plastic iglidur® I6. Laboratory tests have shown that the gears are fully functioning even after one million rotation cycles. Unlike their machined equivalents made of polyoxymethylene (POM). When tested, they were worn after 321,000 cycles, the teeth became blunt and finally broke off after 621,000 cycles. In everyday life, this would have meant shutdown of the machine. But this does not have to happen.

► For the industrial 3D printing of gears, use high-performance plastics that ensure high resistance to wear.

... kostengünstig cost-effective...

Zahnräder aus dem 3D-Drucker sind kostengünstig. Ein Beispiel: Zahnräder mit 12 mm Durchmesser und 16 mm Tiefe kosten bei igus® in 100er-Auflage 1,70 Euro pro Stück – ein gefrästes Pendant des Wettbewerbs hingegen 2,80 Euro. Generell gilt: Je komplexer die Geometrie und je kleiner die Serie, desto größer der Preisvorteil des 3D-Drucks. Warum? Weil der 3D-Drucker für seine Arbeit nur Kunststoffpulver und eine CAD-Datei mit dem digitalen Bauplan des Zahnrads benötigt. Teure Spezialwerkzeuge, aufwendige Gussformen und lange Vorbereitungsphasen sind überflüssig. Eine Kostenersparnis, die igus® an seine Kunden weiterreicht.

► **Je komplexer die Geometrie und je kleiner die Serie, desto größer der Preisvorteil des 3D-Drucks – kleinere Zahnradgeometrien sind tendenziell günstiger.**

... Prinzip principle ...

Ein Laser statt mehrere teure Spezialwerkzeuge

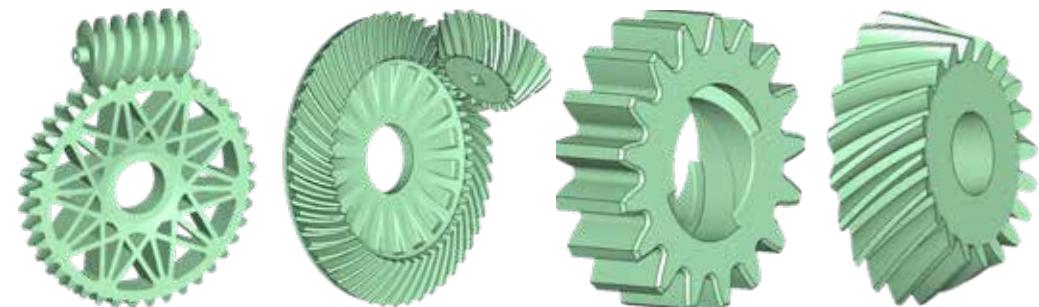
One laser instead of several expensive special tools

Um Zahnräder mit komplexen Geometrien mit traditionellen Verfahren herzustellen, ist oftmals ein Arsenal an Spezialwerkzeugen notwendig. Viel wirtschaftlicher ist das sogenannte Selektive Lasersintern (SLS) der industriellen 3D-Drucker. Ein Beschichter breitet dabei eine 0,1 mm dünne Kunststoffpulverschicht auf einer Bauplattform aus. Der Laser verschmilzt das Pulver überall dort, wo das Zahnrad entstehen soll – auf den Bruchteil eines Millimeters ($\pm 0,1$ mm) genau. Anschließend senkt sich die Plattform um eine Schichtstärke ab und der Prozess beginnt erneut. Schicht für Schicht entstehen im 170x220x300 mm großen Bauraum pro Tag bis zu 3000 Zahnräder. Sie sind versandfertig in 24 Stunden bis drei Tagen.

Gears from the 3D printer are cost-effective. An example: gears from igus® with a diameter of 12mm and depth of 16mm, batch of 100, cost 1.70 euros each. A machined equivalent from a competitor, in contrast, costs 2.80 euros. In general, the more complex the geometry and the smaller the batch size, the greater the price advantage of 3D printing. Why? Because the 3D printer only needs plastic powder and a CAD file with the digital structural design of the gear. Expensive special tools, complicated moulds and long preparatory phases are superfluous. A cost saving that igus® passes on to its customers.

► **The more complex the geometry and the smaller the batch size, the greater the price advantage of 3D printing. Smaller gear geometries tend to be more cost-effective.**

... Freiheit freedom ...



Die klassische subtraktive Fertigung, per Drehen oder Fräsen, hat Nachteile für die Zahnraderherstellung. Design engineers often have to make compromises in order to remain within their budget. The consequence: simplified gear geometries with somewhat less-than-perfect operating characteristics. Additive manufacturing without tools, in contrast, opens up new possibilities of design. You no longer have to design components to meet production requirements but can concentrate fully on the gear's feature. Greater complexity does not cause any additional costs. You can rest assured: the 3D printer can also handle extremely complex geometries and minimum wall thicknesses of 0.7mm. And you never have to provide space-wasting supporting structures as the powder that is not melted holds the gears being made in position.

Subtraktiv versus additiv

Subtractive vs. additive



Subtraktiv gefertigt:

Kompromiss zwischen Design und Kosten wegen vereinfachter Zahnradeigometrie

Subtractive manufacturing:

Compromise between design and cost due to simplified gear geometry

Additiv gefertigt: Kein Kompromiss

- Größere Kontaktfläche
- Niedrigere Flächenpressung
- Hohe Lebensdauer

Additive manufacturing: without compromise

- Larger contact area
- Lower surface pressure
- Long service life

... **Leichtbau** lightweight constructions ...

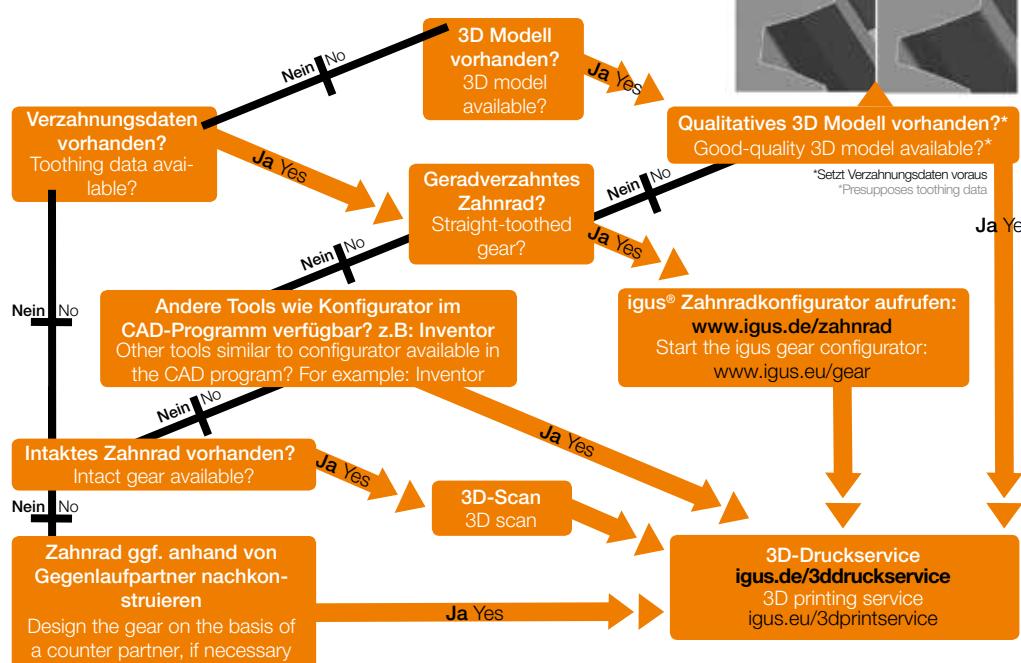
Immer mehr Konstrukteure nehmen die Natur als Vorbild – setzen beim Leichtbau zum Beispiel auf bienenwabenartige Materialaussparungen. Diese bionischen Strukturen lassen sich in der klassischen subtraktiven Fertigung per Drehen oder Fräsen nur aufwendig realisieren. Und mit hohem Materialverlust. Die Menge des abgetragenen Materials ist dabei proportional zu den Kosten. Genau umgekehrt stellt sich der Sachverhalt in der additiven Fertigung dar. Die Kosten für den 3D-Druck sind proportional zum Bauteilvolumen, je mehr Materialaussparungen, desto günstiger der Druck. Ein Beispiel: Durch Bohrungen lässt sich das Gewicht eines Kunststoffzahnradls um 45 % senken, was zu einer Kostensparnis von 12 % führt.

► Je mehr Materialaussparungen Sie einplanen, desto günstiger wird der 3D-Druck.

More and more design engineers are modelling their work on nature, e.g. using honeycomb-like materials for lightweight construction. In classical subtractive manufacturing based on lathing or machining, these bionic structures can only be created cost-intensively with a lot of work. And with great waste of material. The amount of removed material in such cases is proportional to the costs. The situation is completely the reverse in additive manufacturing. The costs for 3D printing are proportional to the component volume, i.e. the more material recess, the more cost-effective is printing. An example: if a plastic gear has holes in it, the weight of the gear can be reduced by 45%, an advantage that leads to a cost saving of 12%.

... schnell quick...

In wenigen Schritten zum gedruckten Verschleißteil In just a few steps to the printed wear-resistant parts



Online-Konfigurator

Online configurator

Ein perfektes 3D-Modell des Zahnrads ist die Basis für einen erfolgreichen 3D-Druck. Denn der Drucker setzt es 1:1 in die Realität um. Das setzt einiges an manueller Arbeit in einem CAD-Programm voraus. Zähne sollten perfekt ausmodelliert und das Modell auf Toleranzmittel sein ($10 \pm 0,1$ mm). Ansonsten leiden Laufeigenschaften und Langlebigkeit.

Oder einfacher: Sie nutzen den Online-Konfigurator von igus®, um geradverzahnte Stirnräder mit und ohne Absatz sowie geradverzahnte Doppelzahnräder zu konfigurieren. Sie müssen lediglich das Zahnmodul (ab 0,5 mm), die Anzahl der Zähne und die Art der Drehmomentübertragung festlegen (runde oder angeflachte Bohrung, Passfeder oder Nut oder Innenvierkant). Sie können sogar eine eigene Methode zur Kräfte-Übertragung konstruieren – etwa einen Sechs-Kant-Stab. Einen Klick später erstellt der Online-Konfigurator automatisch Ihr individuelles Zahnräder. Es hat eine perfekt ausmodellierte Evolventenverzahnung, die einen geräuscharmen Lauf und eine lange Lebensdauer verspricht. Ganz ohne aufwendige und fehleranfällige Handarbeit. Das Modell geben Sie anschließend mit wenigen Klicks an den 3D-Druckservice von igus® weiter. Wenige Tage später halten Sie das Zahnräder in den Händen.

- Achten Sie darauf, dass das 3D-Modell perfekt ausmodelliert und auf Toleranzmitte ist.

Sie wollen ein Zahnrad duplizieren, haben aber keine CAD-Datei? Kein Problem! Schicken Sie ein intaktes Exemplar des Bauteils einfach an igus®. Die Experten erstellen das digitale Modell mithilfe eines 3D-Scanners. Falls kein intaktes Exemplar vorhanden ist, besteht gegebenenfalls sogar die Möglichkeit, das Zahnrad anhand seines Gegenlaufpartners zu konstruieren.

A perfect 3D gear model is the basis of a successful 3D print. Because the printer turns it like to like into reality. This requires a lot of manual work in a CAD program. The teeth should be accurately modelled and the model should use averaged tolerances ($10 \pm 0.1\text{mm}$). Otherwise the running properties and the long service life would suffer.

To put it simple: you can use the igus® online configurator to configure single and double helical or straight toothed gears. You only need to select the appropriate gear module (from 0.5mm), determine the number of teeth and the torque transfer (rounded or flattened hole, keyway or square bore). You can even design your own power transmission (an hexagonal rod for example) and the online configurator automatically generates your gear in just one click. The gear has a perfectly modelled involute gearing which ensures a low-noise operation and a long service life. Completely without complex and error-prone manual work. With only a few clicks you can then send the model to the igus® 3D printing service. Only a few days later, you will hold the gear in your hands.

- Make sure that the 3D element is perfectly modelled with averaged tolerance.



ius.de/3ddruckservice ius.eu/3dprintservice

igus®.de/20h

Bestellen bis zur Tagesschau. Wer täglich bestellen von 7.00–20.00 Uhr,

Sa. 8.00–12.00 Uhr. Keine Mindestbestellmenge, keine Zuschläge.

Prompte Auslieferung.

www.igus.de Tel. +49-2203 9649-145 Fax -334

igus.eu/20hrs

Orders can be placed until 8pm. Ordering and deliveries weekdays from

7am to 8pm, Saturday from 8am to 12pm. No minimum order quantities, no surcharges.

Quick delivery.

www.igus.eu Phone: +49 2203 9649-145 Fax -334

/9001:2015

/16949:2016



Tom Krause

Leiter Geschäftsbereich
Additive Fertigung
igus® GmbH
Fon: +49 2203 9649-975
Fax: +49 2203 9698-975
E-Mail: tkrause@igus.de

Tom Krause

Head of Business Unit
Additive manufacturing
igus® GmbH
Phone: +49 2203 9649-975
Fax: +49 2203 9698-975
e-mail: tkrause@igus.de

igus®

igus® GmbH Spicher Str. 1a 51147 Köln Cologne

Tel. Phone +49 2203 9649-975 Fax +49 2203 9649-975

info@igus.de www.igus.de www.igus.eu

© 2018 igus® GmbH

Technische Änderungen vorbehalten. MAT0074203.25
Subject to technical alterations.