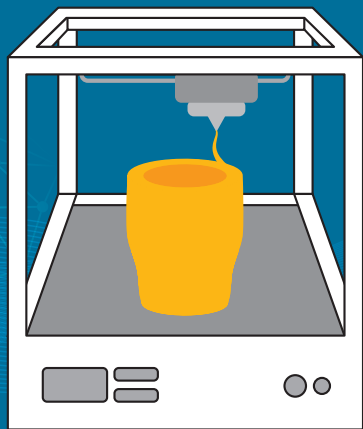


Make: *kompakt*

3D-Druck



Kurzübersicht

- Druckparameter
- Filament-Tabellen
- Maschinen-Codes

MAKE

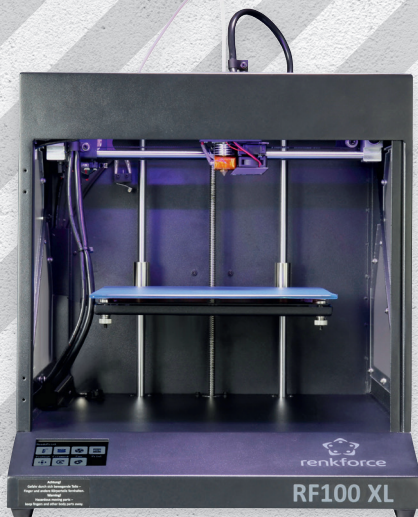
► start
next
level



renkforce

Renkforce RF100 XL

Druckmaterial: PLA, Elastic,
PLA Compounds · Druck-Breite:
200 mm · Druck-Tiefe: 200 mm ·
Druck-Höhe: 200 mm.
Art.-Nr. 1592620



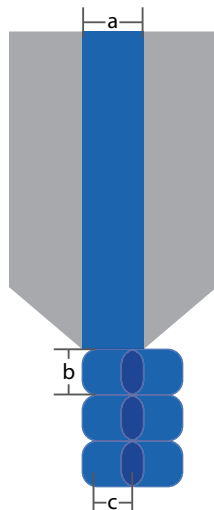
Beratung, Produkte und Services
für Deine Projekte unter
conrad.de/maker

CONRAD

Düsenbohrung

Die Bohrung a der Düse eines 3D-Druckers bestimmt zum einen die maximale Schichtdicke b und zum anderen die horizontale Linienbreite c , mit der die Maschine drucken kann. Beides ist etwas kleiner als der Bohrungsdurchmesser, damit die Fäden aufgetragenen Materials überlappen und aneinander haften.

Je feiner die Bohrung ist, desto feiner kann man drucken. Andererseits verstopft eine feine Düse schneller. Außerdem verlängert sich die Druckzeit. Für die Tabelle haben wir das am Beispiel eines massiven Würfels von einem Kubikzentimeter Größe durch die Slicer-Software Cura berechnen lassen, jeweils für eine typische Schichtdicke und für die maximal mögliche für den jeweiligen Düsendurchmesser.



Bohrung und Druckzeiten

a	b	c	Druckdauer ¹
0,25mm	0,06mm	0,22mm	1h 3min
0,25mm	0,20mm	0,22mm	19min
0,40mm	0,15mm	0,35mm	14min
0,40mm	0,32mm	0,35mm	6min
0,80mm	0,25mm	0,70mm	3min
0,80mm	0,60mm	0,70mm	1min

¹bei 50mm/s

3D-Druckparameter

Die Tabelle zeigt Drucktemperaturen für die gängigsten Druckfilamente. Im ersten Teil handelt es sich um Filamente, die vorwiegend aus einem Rohstoff bestehen. Der zweite

Teil behandelt Spezial-Filamente, die neben einer Kunststoffart noch eine weitere oder Fasern und Metallpartikel enthalten. Alle Temperaturen sind lediglich Empfehlun-

Einstellungen für einfache Filamente

Kürzel	Material	Drucktemperatur
ABS	A crylnitril- B utadien- S tyrol-Copolymer	210 bis 250°C
ASA	A crylester- S tyrol- A crylnitril	240 bis 265°C
HDPE	H igh D ensity P oly e thylen	225 bis 230°C
HIPS	H igh I mpact P olystyren	220 bis 245°C
PA	P oly a mid (Nylon)	220 bis 265°C
PCL	P oly c aprolacton	60 bis 80°C
PET	P oly e thylenterephthalat	230 bis 250°C
PETG	P oly e thylenterephthalat- G lykol	220 bis 240°C
PLA	P oly l actid a cid	190 bis 210°C
PMMA	P oly m ethyl m eth a crylat (Plexiglas)	235 bis 265°C
PP	P oly p ropylen	210 bis 250°C
PVA	P oly v inyl a lkohol	185 bis 200°C
TPE	T hermo p lastisches E lastomer	245 bis 255°C
TPU	T hermo p lastisches P oly u rethan	210 bis 230°C

gen. Die optimalen Werte sind unter anderem von den Zusatzstoffen des Filaments wie Weichmacher oder Farbstoffen und dem verwendeten Drucker abhängig und müs-

sen individuell ermittelt werden (Herstellerangaben beachten).

Manche Materialien erfordern Mittel zur Verbesserung der Haftung auf dem Druck-

Betttemperatur	Kühlung	Hinweis
90 bis 110°C	nein	Gehäuse empfohlen
90 bis 110°C	nein	Gehäuse empfohlen
kalt bis 70°C	ja	–
100 bis 115°C	ja	Gehäuse empfohlen
70 bis 100°C	ja	–
kalt	nein	für Druckstifte
kalt bis 60°C	ja	–
kalt bis 40°C	ja	–
kalt bis 60°C	ja	–
100 bis 130°C	ja	Haftmittel auf Druckplatte erforderlich
80 bis 100°C	k.A.	PP-Druckbett erforderlich
kalt bis 60°C	ja	Haftmittel auf Druckplatte empfohlen
50 bis 60°C	k.A.	Druckgeschwindigkeit je nach Härte 80mm/s (hart), 30mm/s (weich)
45 bis 60°C	ja	Haftmittel/Extruder mit Direktantrieb empfohlen

bett. Das reicht von einfachen Mitteln (zum Beispiel Haarspray oder Klebestift) bis hin zu Spezial-Druckbetten.

Filamente mit Faser- oder Partikelanteil können die meistbenutzten, einfachen Messingdüsen stark verschlei-

Einstellungen für Spezial-Filamente

Handelsname	Grundmaterial	Drucktemperatur
3dk-Top	k.A.	250 bis 260°C
Bendlay	k.A.	220 bis 245°C
Bronzefill	PLA mit Bronzepartikeln	195 bis 220°C
Cleansing	k.A.	200 bis 230°C
Glow in the Dark	PLA/nachleuchtendem Farbstoff	190 bis 220°C
igidur	k.A.	220 bis 250°C
IR-schwarz	IR-durchlässiges, schwarzes PLA	190 bis 210°C
LayCeramic	k.A.	165 bis 245°C
LayFomm	TPE mit PVA	220 bis 230°C
conductive	PLA mit leitfähigem Industrieruß	215 bis 230°C
magnetic	PLA mit Eisenpartikeln	185 bis 195°C
XT-CF20	Polymer mit Carbonfaser	240 bis 260°C
Thermochrome	PLA mit temperatursensiblen Farbstoff	190 bis 210°C
Thibra3D SKULP	k.A.	195 bis 215°C
Willoflex	TPE	180 bis 200°C
Wood	PLA mit Holzfasern	180 bis 245°C

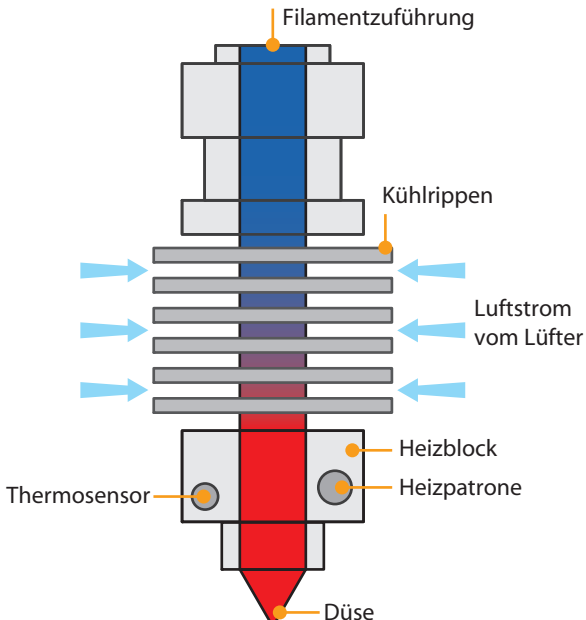
ßen (Aufbohren des Durchmessers) oder verstopfen. Bei häufigerem Gebrauch sollten daher Düsen mit größerem Durchmesser (0,8mm statt 0,4mm), Stahldüsen oder sogar solche mit Rubinspitzen benutzt werden.

Betttemperatur	Kühlung	Hinweis
100°C	ab Layer 2	nach dem Druck bei 110°C backen
90 bis 110°C	ja	–
k.A.	k.A.	hoher Düsenverschleiß
kalt	nein	nur zur Reinigung
kalt bis 60°C	ja	–
90 bis 110°C	k.A.	–
kalt bis 60°C	ja	–
kalt bis 40°C	ja	Filament-Wärmer, Vollmetall-Hotend notwendig, muss nach dem Drucken gebrannt werden (1200°C)
45 bis 60°C	ja	–
kalt bis 50°C	k.A.	–
kalt bis 50°C	nein	verstärkte Düse nicht unter 0,4mm empfohlen
60 bis 70°C	k.A.	verstärkte Düse (Stahl) empfohlen
kalt bis 60°C	ja	–
45 bis 60°C	ja	Flow auf 110 bis 120%
kalt bis 70°C	ja	Geschwindigkeit auf Bowden-Extrudern max. 40mm/s, sonst 60mm/s
kalt bis 60°C	ja	Verstopfungsgefahr bei kleinen Düsen (mind. 0,8mm empfohlen)

Extruder-Typen

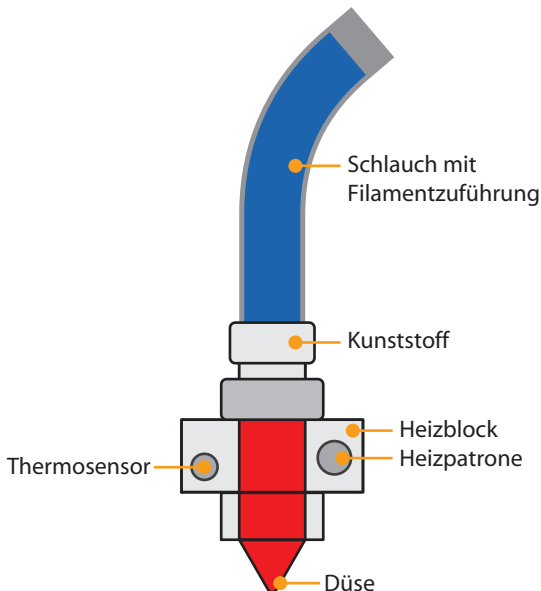
Heute arbeiten viele 3D-Drucker mit Ganzmetall-Extrudern vom Typ E3D oder seinen Klonen (links). Die einzelnen Teile des Extruders sind dabei fest ineinander geschraubt und leiten die Wärme gut weiter, die unten

im Heizblock durch die elektrische Heizpatrone entsteht, sich auf die Düse ausbreitet und durch den Thermosensor kontrolliert wird. Damit das Filament nicht schon oben an der Zuführung aufgeheizt und weich wird, besitzt der Extruder



der Kühlrippen, die durch einen Lüfter aktiv gekühlt werden müssen. Alternativ können Extruder die Ausbreitung der Wärme nach oben durch eine Thermo-Sperre aus Kunststoff verhindern (rechts), so etwa in Ultimaker-2-Dru-

ckern zu finden. Unter Umständen kommen solche Extruder ohne aktive Kühlung aus, aber der Kunststoff der Sperre hat selbst einen Schmelzpunkt und begrenzt darüber die maximale Temperatur der Düse.



G-Code für 3D-Drucker

Diese Tabelle enthält die wichtigsten Steuerbefehle für 3D-Drucker. Sie können in Druckdateien verwendet oder mit einem Terminalprogramm direkt zum Drucker gesendet werden. Viele Befehle erfordern Parameter, etwa Punkt-Koordinaten. Diese Parameter werden nach dem Befehl

G-Code-Befehle, Teil 1

Befehl	Parameter	Funktion	Beispiel
G0	X Y Z F E	Druckkopf schnellstmöglich zu den angegebenen Koordinaten X Y Z mit der Geschwindigkeit F bewegen, dabei das Filament um E bewegen	G0 X100 Y50 Z2,15
G1	X Y Z F E	wie G0, aber Druckkopf geradlinig so exakt wie möglich zu den angegebenen Koordinaten bewegen	G0 X200 Y30 Z0,1 F1000 E1,5
G10	keine	Filament-Rückzug, um Nachtropfen oder Fädenziehen zu verhindern	–
G11	keine	Filament-Vorschub, um nach G10 weiterdrucken zu können	–
G20	keine	Umschaltung auf Maße in Zoll	–
G21	keine	Umschaltung auf Maße in Millimeter	Standardeinstellung auch bei amerikanischen Geräten
G26	keine	druckt ein Testmuster	–

durch je ein Leerzeichen getrennt von einem Großbuchstaben eingeleitet. Unmittelbar danach folgt der Parameterwert. Beispiel: G1 X100 Y150 Z10 steht für den Befehl, den Druckkopf in X-Richtung um 100mm, in Y-Richtung um 150mm, in Z-Richtung um 10mm zu bewegen.

Aktion des Beispiels	Bemerkung
setzt die Düsenspitze auf die Koordinaten 100mm/50mm in 2,15mm Höhe	mindestens ein Parameter notwendig, bei einigen Druckern muss die schnellste Bewegung nicht immer geradlinig sein (Delta-Drucker)
bewegt die Düsenspitze vom aktuellen Standort in gerader Linie nach den Koordinaten 200mm/30mm in 0,1mm Höhe mit einer Geschwindigkeit von 1000mm/min und extrudiert dabei 1,5mm Filament	bei vielen, aber nicht allen Druckern ist der Befehl G1 funktionsgleich mit G0
–	Länge des Rückzugs einstellbar mit M207
–	Länge des Rückzugs einstellbar mit M208
–	Einstellung muss zum Druckprogramm (Slicer) passen
–	Einstellung muss zum Druckprogramm (Slicer) passen
–	zur Beurteilung der Druckbeteinstellung

G-Code-Befehle, Teil 2

Befehl	Parameter	Funktion	Beispiel
G28	X Y Z	fahre zur Home-Position der angegebenen Achse(n). Falls keine Achsenamen angegeben wurden, fahre nach 0,0,0	–
G29	keine	misst das Druckbett-Level an mehreren Punkten und beachtet beim nachfolgenden Druckauftrag das so erstellte Höhenprofil des Bettes	–
G90	keine	Umschaltung auf absolute Positionierung	–
G91	keine	Umschaltung auf relative Koordinaten	–
M0	S	stoppe für S Sekunden	M0 S30
M1	keine	Stopp	–
M17	keine	Strom für alle Motoren einschalten	–
M18	X Y Z E	Strom für alle (ohne Parameter) oder den jeweiligen Achsenmotor(en) ausschalten	–
M104	S	setze Extruder-Temperatur auf S Grad und arbeite sofort weiter	M104 S200
M105	keine	gibt aktuelle Extruder- und Bett-Temperatur über den seriellen Port aus	–
M106	S	Extruder-Lüfter mit der als Parameter (0 bis 255) gewählten Geschwindigkeit einschalten	M106 S128
M107	keine	Extruder-Lüfter ausschalten	–

Aktion des Beispiels	Bemerkung
–	muss nach dem Einschalten des Druckers vor dem ersten Druck einmal ausgeführt werden
–	nur bei Geräten mit Hözensensor am Druckkopf und geeigneter Firmware
–	ab jetzt beziehen sich alle Koordinaten auf den Punkt 0,0,0
–	ab jetzt beziehen sich alle Koordinaten auf den aktuellen Standort des Druckkopfes
30 Sekunden lange Pause	die im Pufferspeicher vorhandenen Befehle werden noch abgearbeitet. Danach stoppt der Drucker
–	der Drucker stoppt. Motoren und Heizungen werden abgeschaltet
–	blockiert Bewegungen von Hand
–	lässt Bewegungen von Hand zu
heizt Extruder auf 200 Grad, wartet aber nicht auf Erreichen der Temperatur	zulässiger Temperatur-Bereich vom Gerät abhängig
–	–
Lüfter mit halber Geschwindigkeit einschalten	–
–	–

G-Code-Befehle, Teil 3

Befehl	Parameter	Funktion	Beispiel
M109	S	setze Extruder-Temperatur und warte, bis Temperatur S erreicht ist	M109 S200
M114	keine	gibt die aktuelle Position über den seriellen Port aus	–
M117	Text	gibt den angegebenen Text auf dem Drucker-Display aus	M117 Filament wechseln
M140	S	setze Bett-Temperatur auf S Grad und arbeite sofort weiter	M140 S60
M190	S	setze Bett-Temperatur auf S Grad und warte, bis Temperatur erreicht ist	M190 S60
M207	S	setze Retract-Länge	M207 S3
M209	S	schaltet automatischen Retract ein (S1) oder aus (S0)	M209 S1
M413	S	schaltet Recovery-Funktion ein (S1) oder aus (S0), um Druck nach Stromausfall fortsetzen zu können	M413 S1
M500	keine	speichert geänderte Geräteeinstellungen dauerhaft im EEPROM	–
M501	keine	holt Einstellungen aus EEPROM und überschreibt damit noch nicht gespeicherte Änderungen	–
M502	keine	ersetzt die aktuellen Geräteeinstellungen durch die Firmware-Grundeinstellungen	–
T	Werkzeugnummer	Extruder-Wechsel	T1

Aktion des Beispiels	Bemerkung
arbeitet erst weiter, wenn der Extruder 200 Grad heiß ist	–
–	–
auf dem Display erscheint „Filament wechseln“	für Kommentare zum Beispiel bei Druckpausen
heizt Bett auf 60 Grad, wartet aber nicht auf Erreichen der Temperatur	zulässiger Temperatur-Bereich vom Gerät abhängig
arbeitet erst weiter, wenn das Bett 60 Grad heiß ist	–
Retractlänge auf 3mm setzen	in mm Filamentlänge vor dem Extruder
schaltet Retract ein	Retract erfolgt automatisch bei Bewegung ohne Filamentvorschub
Recovery-Funktion einschalten	nur, wenn Firmware des Druckers dies unterstützt, muss vor dem Start des Druckauftrags eingeschaltet werden
–	funktioniert bei einigen Geräten auch während eines Drucks
–	funktioniert bei einigen Geräten auch während eines Drucks
–	Grundeinstellungen müssen nicht mit den EEPROM-Werten übereinstimmen
arbeite von nun an mit dem zweiten Extruder	nur bei Druckern mit mehreren Extrudern, der erste Extruder hat die Nummer 0

Quellen für 3D-Modelle

Online-Plattformen für kostenlose 3D-Druckvorlagen werden oft von Druckerherstellern betrieben – meist kann man dort auch eigene 3D-Kreationen anderen zur Verfügung stellen. Marktplätze für 3D-Druckvorlagen funktionieren ähnlich, jedoch kosten dort manche Dateien Geld. Auf allgemeinen 3D-Datei-Marktplätzen findet man zwischen einer Fülle von Dateien etwa für Spiele und Animationssequenzen auch druckfertige

Modelle, etwa als STL- oder OBJ-Datei. 3D-Suchmaschinen durchforsten die Datenbestände verschiedener Online-Marktplätze und Communities parallel nach 3D-Modellen, verraten manchmal aber nicht, welche Quellen genau. Meist finden sie sowohl kostenlose als auch kommerzielle Vorlagen; oft kann man nach dem Preis filtern. Nicht immer sind ihre Funde ohne Dateikonvertierung und Aufbereitung 3D-druckreif.

Kostenlose 3D-Druckvorlagen

URL	Anbieter	Modelle ¹	Reg. ²
thingiverse.com	MakerBot	1.300.000	–
youbagine.com	Ultimaker	15.000	–
repables.com	Repables LLC	700	–
libre3d.com	Open-Source-Proj.	400	–
3d-gallery.xyzprinting.com	XYZprinting	400	✓
library.zortrax.com	Zotrax	k.A.	✓
makeprintable.com/printables	MakePrintable	k.A.	✓

¹ Angabe des Anbieters

² Download nur nach Registrierung

3D-Suchmaschinen

URL	Modelle ¹	Quellen	Gratisfilter ²
3dmdb.com	3.000.000	mehr als 30	✓
stlfinder.com	2.500.000	mehr als 20	✓
yeggi.com	1.700.000	k.A.	✓
printmeasheep.com	100.000	k.A.	–
tridimensia.com	k.A.	k.A.	✓

¹ Angabe des Anbieters

² blendet kostenpflichtige Dateien aus

3D-Druckvorlagen-Marktplätze

URL	Modelle ¹	davon gratis	Reg. ²
myminifactory.com	60.000	manche	–
cults3d.com/en	45.000	manche	✓
b2b.partcommunity.com/ community/partcloud	11.000	alle	–
3dshook.com	6000	70	✓
redpah.com	2000	800	–
3dagogo.com	400	18	✓
stlhive.com	100	30	✓
3dupndown.com	k.A.	manche	✓
fab365.net	k.A.	manche	✓
fabbly.com	k.A.	manche	✓
pinshape.com	k.A.	manche	✓
threeding.com	k.A.	manche	✓
trippy.com	k.A.	wenige	✓

¹ Angabe des Anbieters

² Download nur nach Registrierung

3D-Datei-Marktplätze

URL	Modelle ¹	druckfertig	gratis	Reg. ²
sketchfab.com	3.000.000	manche	manche	✓
cgtrader.com	760.000	manche	manche	✓
turbosquid.com	700.000	33.000 (STL)	20.000	✓
de.3dexport.com	200.000	manche	5000	✓
clara.io/library	100.000	manche	100.000	✓
free3d.com	76.000	manche	16.000	–
hum3d.com	15.000	manche	40	–

¹ Angabe des Anbieters

² Download nur nach Registrierung

3D-Spezialitäten

- ▶ Kostenlose CAD-Modelle von Zuliefererteilen
traceparts.com
- ▶ CAD-Community mit kostenlosen Dateien verschiedener Formate
grabcad.com
- ▶ 3D-Modelle aus und für die 3D-Software SketchUp
3dwarehouse.sketchup.com
- ▶ 3D-Modelle aus und für Tinkercad
tinkercad.com/things
- ▶ Ersatzteilverlagen für Haushalt und Unterhaltungselektronik
happy3d.fr/en/
- ▶ 3D-Druckvorlagen aus Chemie, Medizin, Prothetik; betrieben von staatlichen Stellen der USA
3dprint.nih.gov
- ▶ Druckvorlagen der NASA: Raumfahrzeuge, Krater, Asteroiden
nasa3d.arc.nasa.gov/models/printable
- ▶ Fossilien aus Afrika
africanfossils.org

NEU
+portofrei

Jetzt durchstarten mit dem ESP32!

Als Heft oder Digital: shop.heise.de/esp-special



INKLUSIVE:



Original
ESP32-
Modul



shop.heise.de/esp-special



service@shop.heise.de

Auch als eMagazin erhältlich unter:

shop.heise.de/esp-special-pdf

Generell **portofreie Lieferung** für Heise Medien- oder Maker Media Zeitschriften-Abonnenten oder ab einem Einkaufswert von 15 €.

Impressum

Redaktion

Make: Magazin

Postfach 61 04 07, 30604 Hannover

Karl-Wiechert-Allee 10, 30625 Hannover

Telefon: 05 11/53 52-300

Telefax: 05 11/53 52-417

Internet: www.make-magazin.de

Chefredakteur: Daniel Bachfeld (dab)

(verantwortlich für den Textteil)

Stellv. Chefredakteur: Peter König (pek)

Redaktion: Heinz Behling (hgb), Helga Hansen (hch), Carsten Meyer (cm), Florian Schäffer (fls), Elke Schick (esk)

Verlag

Maker Media GmbH

Postfach 61 04 07, 30604 Hannover

Karl-Wiechert-Allee 10, 30625 Hannover

Telefon: 05 11/53 52-0

Telefax: 05 11/53 52-129

Internet: www.make-magazin.de

Herausgeber: Christian Heise, Ansgar Heise

Geschäftsführer: Ansgar Heise, Dr. Alfons Schröder

Verlagsleiter: Dr. Alfons Schröder

Stellv. Verlagsleiter: Daniel Bachfeld

Anzeigenleitung: Michael Hanke (-167)

(verantwortlich für den Anzeigenteil),

www.heise.de/mediadaten/make

Leiter Vertrieb und Marketing: André Lux (-299)

Service Sonderdrucke: Julia Conrades (-156)

Druck: Quensen Druck + Verlag GmbH, Utermöhlestraße 9, 31135 Hildesheim

Layout-Konzept: Martina Bruns (Junior Art Director)

Published and distributed by Maker Media GmbH under license from Maker Media, Inc., United States of America. The 'Make:' trademark is owned by Maker Media, Inc.
© Copyright 2019 by Maker Media GmbH

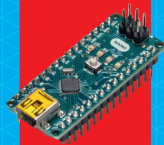
Make:

DAS KANNST DU AUCH!



* Für die Laufzeit des Angebotes.

GRATIS!



2× Make testen und 6 € sparen!

Ihre Vorteile:

- ✓ **GRATIS dazu:** Arduino Nano
- ✓ Zugriff auf Online-Artikel-Archiv*

- ✓ **NEU:** Jetzt auch im Browser lesen!
- ✓ Zusätzlich digital über iOS oder Android lesen

Für nur 15,60 Euro statt 21,80 Euro.

Jetzt bestellen: make-magazin.de/miniabo