

3D-Drucken



suva

Mehr als eine Versicherung

Patrick Steinle
EKTAS Arbeitstagung, 10.11.2016, Biel/Bienne

3D-Drucken

Was ist das?

Was bringt das?

Wie geht das?

Was kümmert das die Suva?

Was emittiert das?



3D-Drucken: Was ist das?

Synonyme: Rapid Prototyping / Additive Manufacturing

- Überbegriff für verschiedene Verfahren, bei denen rasch und mit wenig Materialverlust Objekte ohne Werkzeuge/Formen direkt aus CAD-Modellen erstellt werden.
- Aufbauend (nicht abtragend)



3D-Drucken: Was bringt das?

- Keine/geringere Materialverluste, Leichtbauweise
- CAD-Modelle direkt ausdruck- und testbar
- Keine Lagerhaltung, weniger Transport:
"Print in time" industriell, zu Hause oder in Copy-Shops
- Kreativität, Konsument -> Prosument ("Maker")

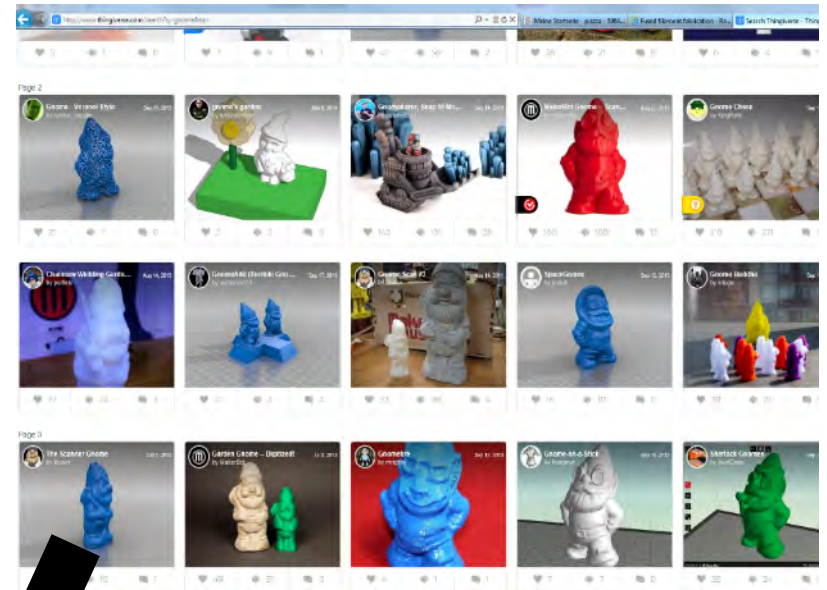
Geeignet (derzeit) für Prototypen, Kleinserien, Ersatzteile, individualisierte Objekte, Design, Kunst, Gadgets...



3D-Drucken: Wie geht das?



CAD



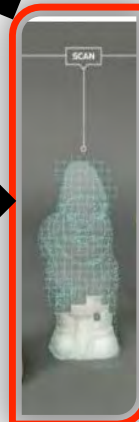
thingiverse



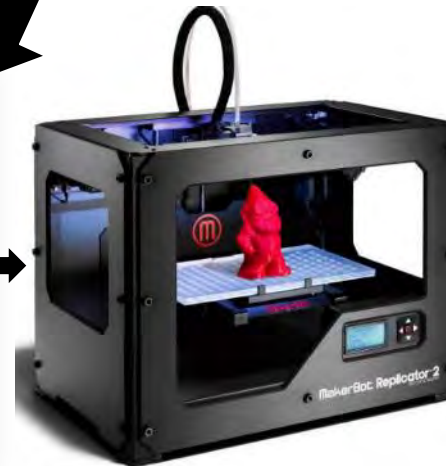
Original
suva



3D-Scanner



Modell



3D-Drucker



Objekt

Häufige Verfahren:

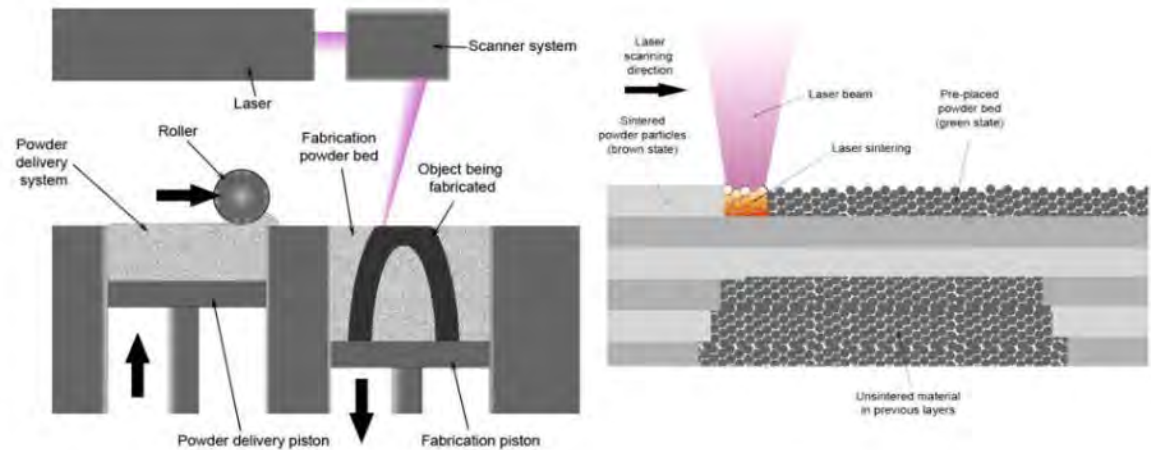
Selektives Laser-Sintern/Schmelzen

3D-Pulverdruck

Stereolithographie

Multijet/Polyjet

Fused deposition modeling (FDM)



Häufige Verfahren:

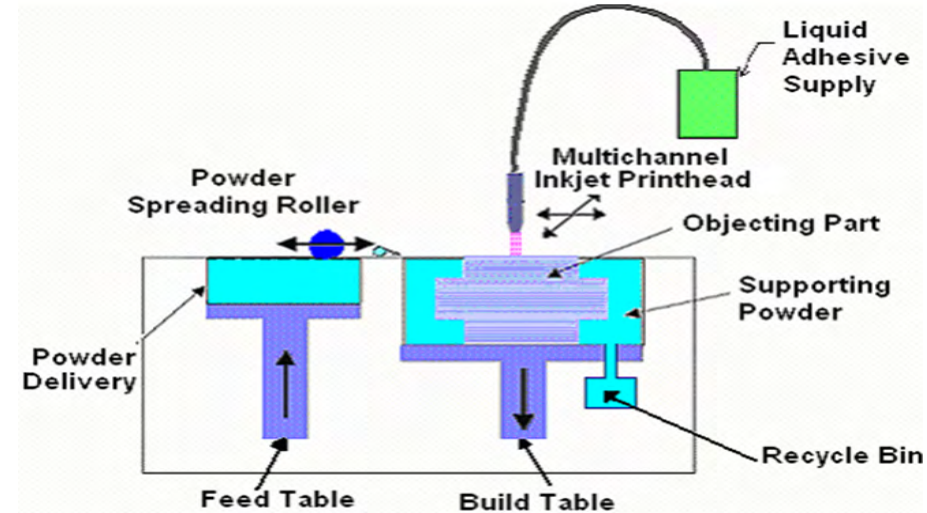
Selektives Laser-
Sintern/Schmelzen

3D-Pulverdruck

Stereolithographie

Multijet/Polyjet

Fused deposition modeling
(FDM)



Häufige Verfahren:

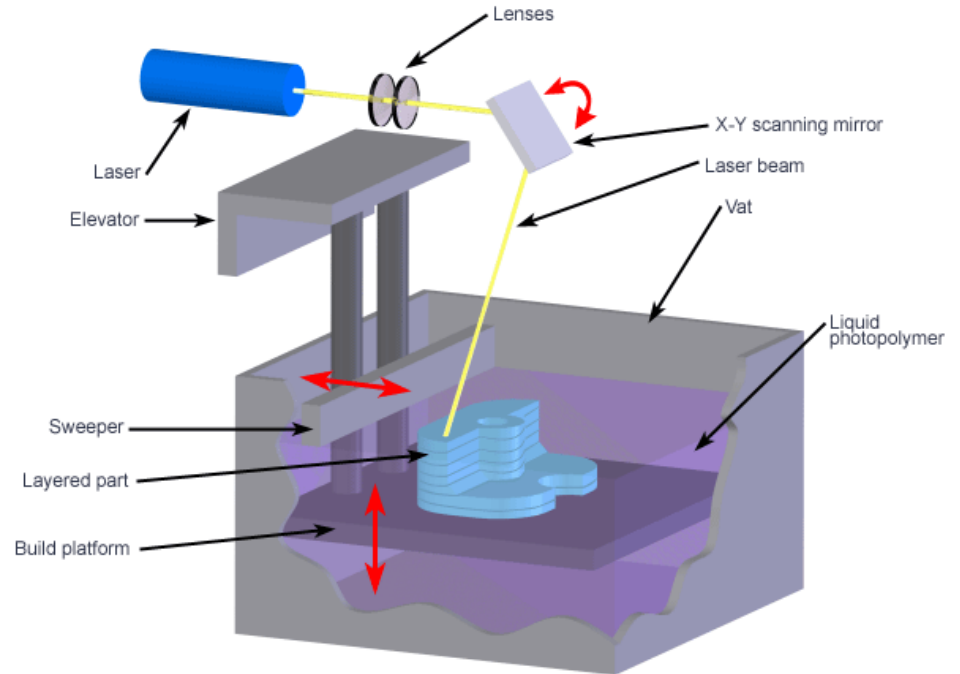
Selektives Laser-
Sintern/Schmelzen

3D-Pulverdruck

Stereolithographie

Multijet/Polyjet

Fused deposition modeling
(FDM)



Häufige Verfahren:

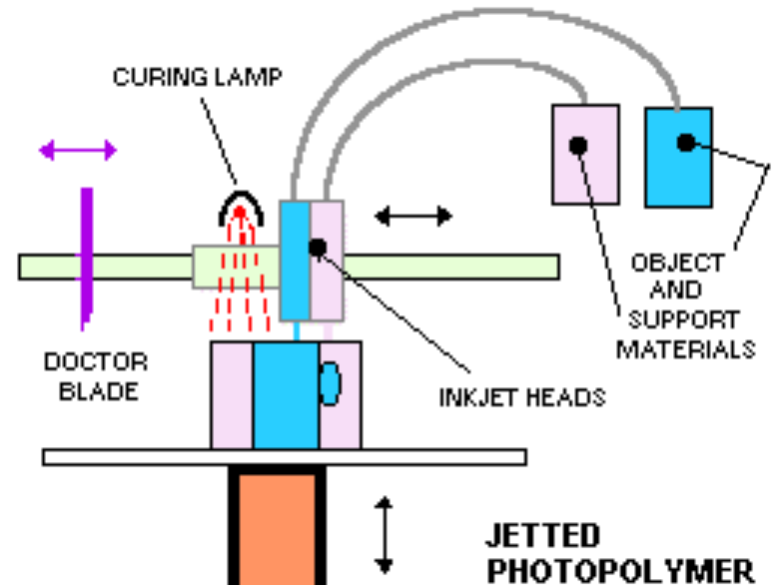
Selektives Laser-Sintern/Schmelzen

3D-Pulverdruck

Stereolithographie

Multijet/Polyjet

Fused deposition modeling (FDM)



Häufige Verfahren:

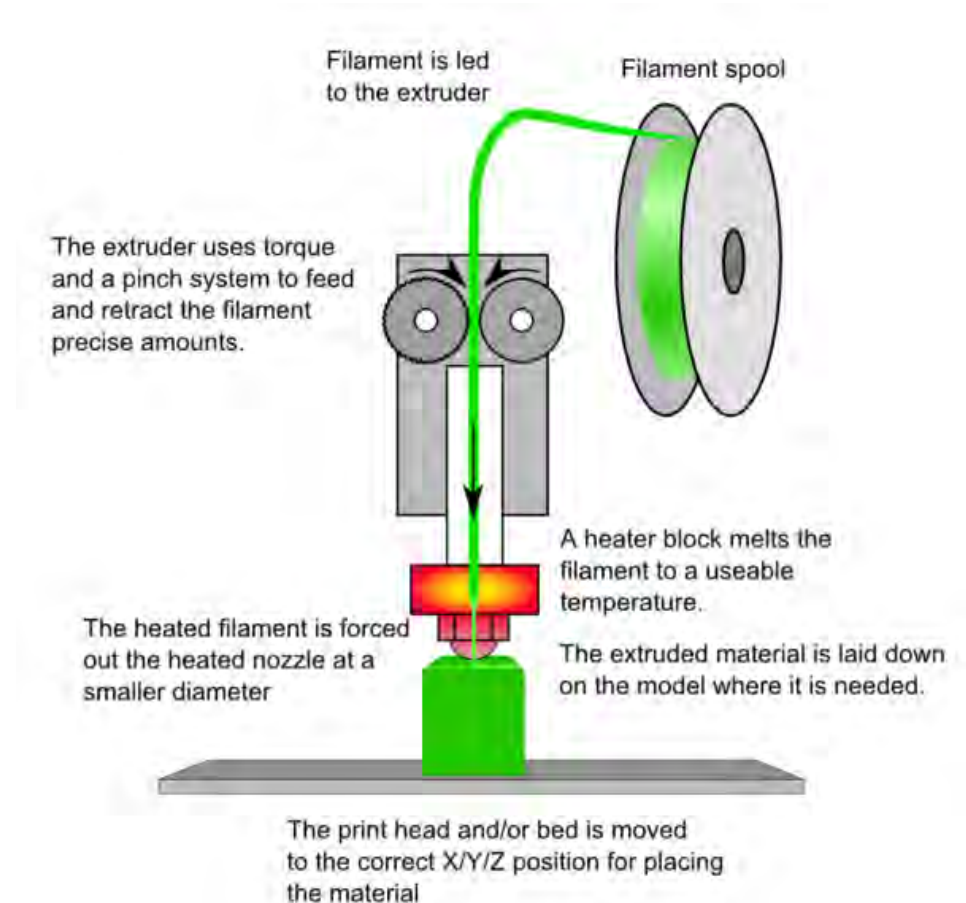
Selektives Laser-Sintern/Schmelzen

3D-Pulverdruck

Stereolithographie

Multijet/Polyjet

Fused deposition modeling
(FDM)



3D-Drucken: Was kümmert das die Suva?

Langfristig: Grössere Veränderungen in vielen Industriezweigen denkbar (Transport/Logistik, Bau, Produktion einfacher Güter als "print at home" oder in Copy-Shops)

Stereolithographie, Lasersintern und –schmelzen:
In Industrie schon länger verwendet, mit besseren und günstigeren Maschinen zunehmende Verbreitung.
Neue Materialien (Keramik) -> evt. neue Risiken.

Fused deposition Modeling, Multijet-Verfahren:
Günstige Drucker, Potenzial für massenhafte Verbreitung in Büros, Werkstätten, aber auch Heim und Hobby.

Aufgrund Erfahrung mit Laserdruckern **"issue"-Potenzial:**
Gesundheitliche Bedenken wegen möglicher Emissionen

Laserdrucker

DGUV vs. nano-Control Sind Laserdrucker gefährlich?

Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung (DGUV):

Laserdrucker in separaten Räumen betreiben
Aber, es gibt keine Hinweise darauf, dass Emissionen aus Laserdruckern messbare Gesundheitsschäden hervorrufen.



NEIN!



nano-Control, Internationale Stiftung:

DGUV-Studie verharmlost Gefahren
Aufgrund der zu kurz angelegten Exposition und Prüfung erbrachte die Studie keine belastbaren Ergebnisse.



JA!



Krank durch Toner – fatale Folgen!
Ergebnisse der Auswertung von 1.750 Verdachtsfällen und einer online-Umfrage deuten auf ein immenses Problem.

Immer mehr Menschen, darunter Ärzte, Wissenschaftler, Ingenieure, Journalisten, Anwälte und Polizisten, informieren die ITG schriftlich über den Verdacht, dass ihre Erkrankungen durch Tonerstäube aus Laserdruckgeräten verursacht werden. Aktuell sind es über 1.800 Fälle. Die größte Berufsgruppe mit 160 Fällen bildet die Polizei. Fast jeder zweite Polizist berichtet über gleiche Erkrankungen im Kollegenkreis. Die Risiken betreffen den normalen Druckbetrieb, besonders gefährdet sind Servicetechniker, von denen neun unter Krebs leiden. Oft sind halbe Belegschaften betroffen. Diese und Diskussion konzentriert auf die Innenraumluft die größten Risiken aus. Die ungeklärten Kopierern, die millionenfach die Atemluft belasten, sind jedoch kaum bekannt ist.

Die ITG hat Verdachtsfälle von Erkrankungen durch Aufklärung bemüht. Die Auswertung von 1.000 Fällen

Der Frage nach Feinstaub im Büro und der Gefährlichkeit von Laserdruckern ist jetzt die Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung (DGUV) nachgegangen. Das Fazit: Es gäbe keine Hinweise darauf, dass Emissionen aus Laserdruckern messbare Gesundheitsschäden hervorrufen würden. Aber, Laserdrucker sollen in separaten Räumen betrieben werden. In der Pressemitteilung vom 26. Mai 2014 schreibt die DGUV:

Nach einer veröffentlichten Studie der Ludwig-Maximilians-Universität München (LMU) und der Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM) zu Laserdruckeremissionen gäbe es keine Hinweise darauf, dass Emissionen aus Laserdruckern Gesundheitsschäden hervorrufen würden.

Vormalbare Belastigungen wären aber der Betrieb der Drucker direkt in den Büros. Deshalb rufen sie den Betreibern, Laserdrucker und Kopiergeräte in einem separaten Raum zu betreiben. Somit wären die Beschäftigten vor der Belastung geschützt.

Menschen, die über gesundheitliche Probleme durch Laserdrucker berichten.

In dem Abschlussbericht, kommen die Forscher der LMU und der BAM zu dem Ergebnis, dass es keine belastbaren Hinweise gäbe, dass Laserdruckeremissionen objektiv messbare Erkrankungsprozesse verursachen. So seien keine auf die Emissionen zurückführbaren Änderungen der Lungenfunktion oder von Markern für Entzündungen beobachtet worden. Dies sei trotz der großen Zahl von Probanden, der Berücksichtigung von besonders empfindlichen Personen und des Einsatzes aufwändiger und genauer Messmethoden der Fall gewesen.

Die Wissenschaftler weisen einseitig darauf hin, dass ihre Untersuchungen nur einen relativ kurzen Zeitraum sowohl der Exposition als auch der Nachbeobachtung abdeckten. Andererseits überstiegen die Partikelkonzentrationen bei den Untersuchungen die an Arbeitsplatz üblichen Werte deutlich, so dass die Wahrscheinlichkeit für eine Wirkung gesteigert war.

Erinnerungen an Asbest
Gesundheitsgefahr durch Toner / Emission Laserdruckern und Kopierern

Gentoxische Wirkung
Bei Inhalation von Laserdruckeremissionen (Laserdrucker, Kopierer) 1 Milliarde Partikel pro Liter Luft

Laserdrucker können Ihre Gesundheit schädigen

Wie gefährlich ist Toner aus Laserdruckern?
5:21 min, aus Puls vom 30.4.2012

Schon lange schwellt die Diskussion um die Schadstoffbelastung in Innenräumen durch Drucker und Kopierer. Eine neue Studie der Universität Freiburg im Breisgau konnte eine Krebsgefahr durch diese Geräte nicht ausschließen.

Gesundheitsrisiken
Tonerstaubexponierte klagen häufig über eine laufende Nase, Bindehautentzündung, Hautreizung, Husten, Atemnot, Kopfschmerzen und allergische Reaktionen. Möglicherweise reagieren Personen mit

WIE LAND digital solutions
Wie Land digital solutions

suva

[illegible]

[Stellen](#) [Immo](#) [weitere Anzeigen](#)



© 2007 Pearson Education, Inc. All rights reserved. Printed in the United States of America. This publication is protected by copyright. Permission is granted to reproduce copies for personal or internal reference use only. No other reproduction, distribution, or transmission in any form or by any means electronic or mechanical, including photocopying, recording, or by any information storage or retrieval system, is permitted without written permission from Pearson Education, Inc.

**suva**

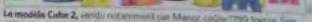
Leitungsangestellten und schließlich der Bedarf an neuen Hardwaredesigns ist zu gering. Diese Ereignisse, insbesondere, aber nicht ausschließlich, werden zu überhöhten Kosten für Unternehmen im Vergleich zu anderen, wenn sie die Produktion von Komponenten auslagern. Wenn es um komplexe Produkte geht, implizieren

bedeutend und An der überhöhten Kosten für Unternehmen ist die mangelnde Flexibilität bei der Integration von Komponenten in die Produktion. Die Kosten für die Integration von Komponenten in die Produktion sind zu hoch, um sie zu akzeptieren. Die Kosten für die Integration von Komponenten in die Produktion sind zu hoch, um sie zu akzeptieren.

Die Lösungen für diesen Bereich sind die Optimierung der Produktion und die Reduzierung der Kosten für die Integration von Komponenten in die Produktion.

Kollaboration
Das erste Ziel ist es, die Zusammenarbeit zwischen den Unternehmen zu verbessern. Dies kann durch die Einführung von gemeinsamen Standards und die Nutzung von gemeinsamen Plattformen erreicht werden. Ein weiteres Ziel ist es, die Kommunikation zwischen den Unternehmen zu verbessern. Dies kann durch die Einführung von gemeinsamen Kommunikationskanälen erreicht werden.

l'homme. Hâlé, d'un coup, le pilote se bruta de la plaque de terre, en griffant la surface du thermopneumatique. Chac de lui-même, je m'en retournai la plaque de terre avec le talon de celle-là, avec la machine. Ce n'est qu'après avoir la plaque adhérent solidement à la plaque 12, nous supprimez la température à l'arrêt.



...évaluation de la plateforme pour arriver à de tels effets... (extrait)

ficier est standard en trois minutes sur la Cyber 3.

lement, l'ordinateur parvient à se connecter au réseau Wi-Fi de l'au-

primante pour lui transmettre le clou des objets à modifier. À la

que l'empêchement durera 7650.
financière, la plaquette de

de transfert des fichiers est parfois brutalement interrompu.

Ensuite, quel objet imprimer? L'éditeur a le choix: il peut décider

Couverts toujours, cela dépend de la qualité. Pour améliorer la qualité, on peut d'ailleurs...

brague en photo et dessous en
sacré qualité, taille grande

de. C'est de ma faute, je m'en rends compte plus tard, je n'ai pas

imprimées en 57 couleurs. En revanche, pour une qualité

supérieure, cela prendrait plus de deux heures : et tout au long

La, în timp ce se pregăteau să revină la lucru.

Plastique fondu

de la haute école HE-Loi mention des imprimantes 3D à

la disposition du grand public - sont à l'initiative

le plus en version
numérique sur

gré la colle, les premières lignes de
plastique s'adhèrent pas et la tige

Ensemble, ils ont écrit *Le*

Basal Area (B.A.) = $\frac{\pi}{4} \times D^2 \times L$

novelle generazioni d'esperti.

...une fois qu'il a été constaté que les personnes qui ont été victimes de la fraude ont été indemnisées.

monde beaucoup de patience et de
dévotion infatigable. C'est la m-



Contents lists available at SciVerse ScienceDirect

Atmospheric Environment

journal homepage: www.elsevier.com/locate/atmosenv

Technical note

Ultrafine particle emissions from desktop 3D printers[☆]Brent Stephens^{a,*}, Parham Azimi^a, Zeineb El Orch^{a,b}, Tiffanie Ramos^a^aDepartment of Civil, Architectural and Environmental Engineering, Illinois Institute of Technology, Chicago, IL, USA^bNational Institute of Applied Sciences (INSA de Lyon), Lyon, France

ARTICLE INFO

Article history:

Received 22 April 2013

Received in revised form

24 June 2013

Accepted 26 June 2013

Keywords:

Indoor aerosols

Three-dimensional printers

Thermoplastic emission

Molten extrusion deposition

ABSTRACT

The development of low-cost desktop versions of three-dimensional (3D) printers has made these devices widely accessible for rapid prototyping and small-scale manufacturing in home and office settings. Many desktop 3D printers rely on heated thermoplastic extrusion and deposition, which is a process that has been shown to have significant aerosol emissions in industrial environments. However, we are not aware of any data on particle emissions from commercially available desktop 3D printers. Therefore, we report on measurements of size-resolved and total ultrafine particle (UFP) concentrations resulting from the operation of two types of commercially available desktop 3D printers inside a commercial office space. We also estimate size-resolved (11.5 nm–116 nm) and total UFP (<100 nm) emission rates and compare them to emission rates from other desktop devices and indoor activities known to emit fine and ultrafine particles. Estimates of emission rates of total UFPs were large, ranging from $\sim 2.0 \times 10^{10} \# \text{ min}^{-1}$ for a 3D printer utilizing a polylactic acid (PLA) feedstock to $\sim 1.9 \times 10^{11} \# \text{ min}^{-1}$ for the same type of 3D printer utilizing a higher temperature acrylonitrile butadiene styrene (ABS) thermoplastic feedstock. Because most of these devices are currently sold as standalone devices without any exhaust ventilation or filtration accessories, results herein suggest caution should be used when operating in inadequately ventilated or unfiltered indoor environments. Additionally, these results suggest that more controlled experiments should be conducted to more fundamentally evaluate particle emissions from a wider arrange of desktop 3D printers.

© 2013 The Authors. Published by Elsevier Ltd. All rights reserved.

Ziele Suva-Studie zu 3D-Druckern:

Im Rahmen einer Masterarbeit (MAS A+G)

- Schadstoff-Screening: Emissionen eines handelsüblichen 3D-Druckers (FDM-Technologie) in Testkammer messen
- Expositionsmessungen von Hauptkomponenten unter kontrollierten Bedingungen in Innenräumen
- Absicherung der Resultate durch Messungen mit anderen Druckermodellen in realen Situationen

Emissionstestkammer



Drucker:

3D Systems "Cube", 2. Generation
FDM mit ABS und PLA-Filament 1,75 mm
14 x 14 x 14 cm
ca. 1'700 sFr.



Standardobjekt:

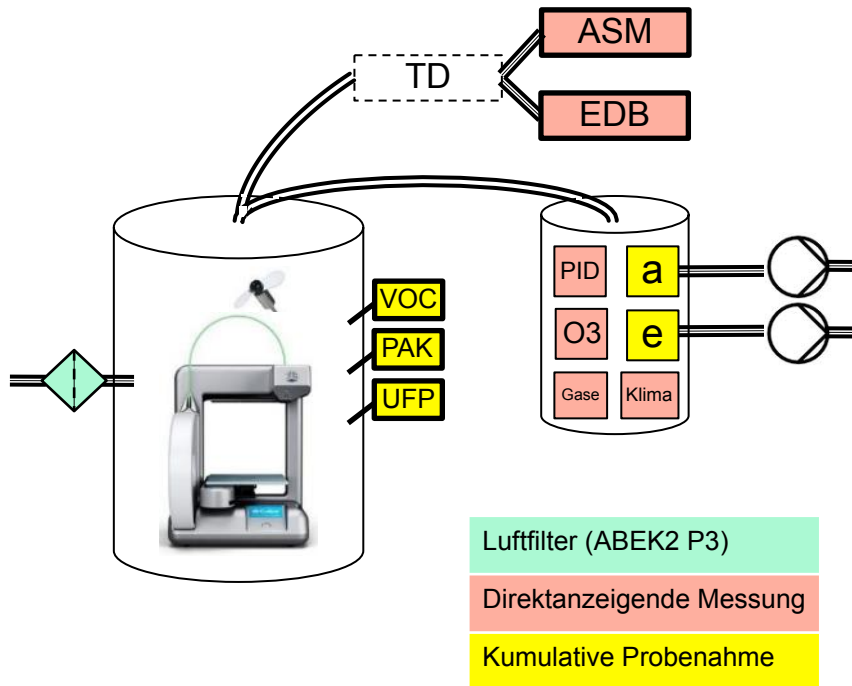
Thing 32068 (www.thingiverse.com)
"chick egg cup"
Druckdauer 2h45
20 resp. 16,8 g (PLA / ABS)



Testkammer:

Eigenbau, alter 85 L Plexiglaszylinder auf Stahlplatte
Antistatische Schläuche
2 x 10 L/min-Pumpen für geregelten Fluss
ABEK-Filter für Lufteinlass

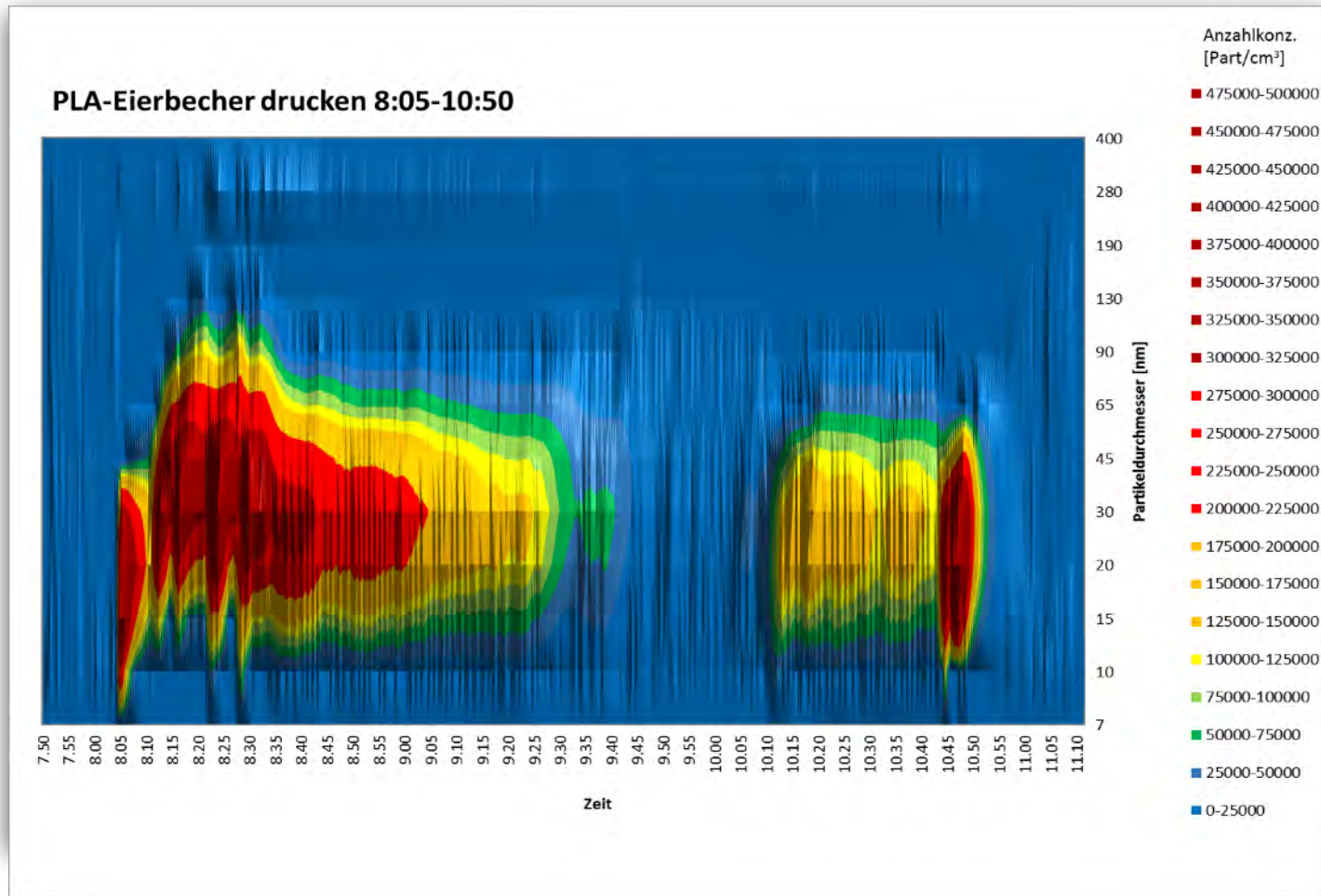
Emissionstestkammer



VOC	Volatile organic compounds, flüchtige organische Verbindungen
PAK	Polyzyklische Aromatische Kohlenwasserstoffe
UFP	Ultrafeine Partikel
TD	Thermodesorber (entfernt Tröpfchen)
ASM	Aerosol-Spektrometer, Partikelzähler
EDB	Elektrische Diffusionsbatterie, ultrafeine Aerosole
PID	Photoionisationsdetektor (VOC > 1 mg/m ³)
O ₃	Ozon
Gase	O ₂ , NO, NH ₃ , CO
Klima	Temp. und Luftfeuchte
a	a-Staub-Probenahme
e	e-Staub-Probenahme und Metalle

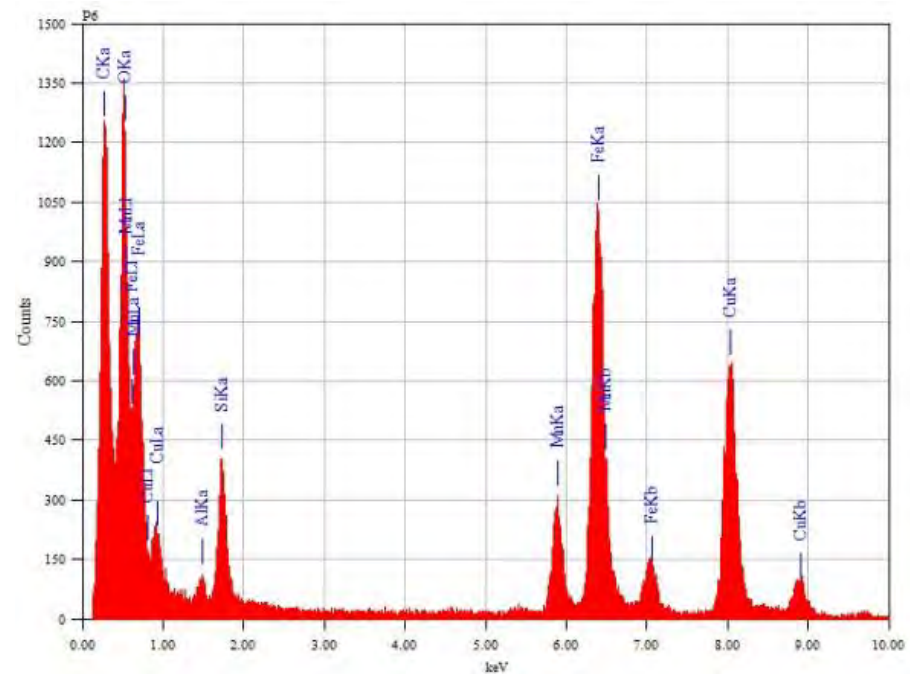
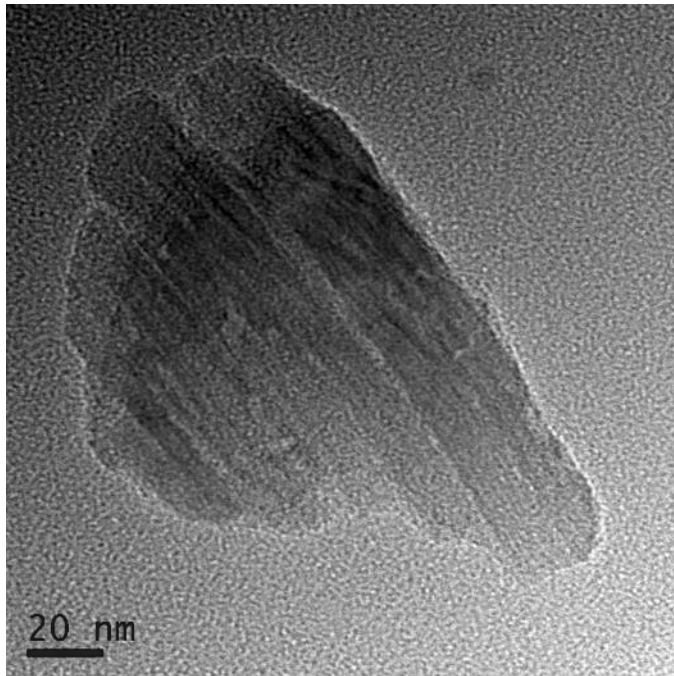
Emissionstestkammer

Ultrafeine (flüchtige) Aerosole



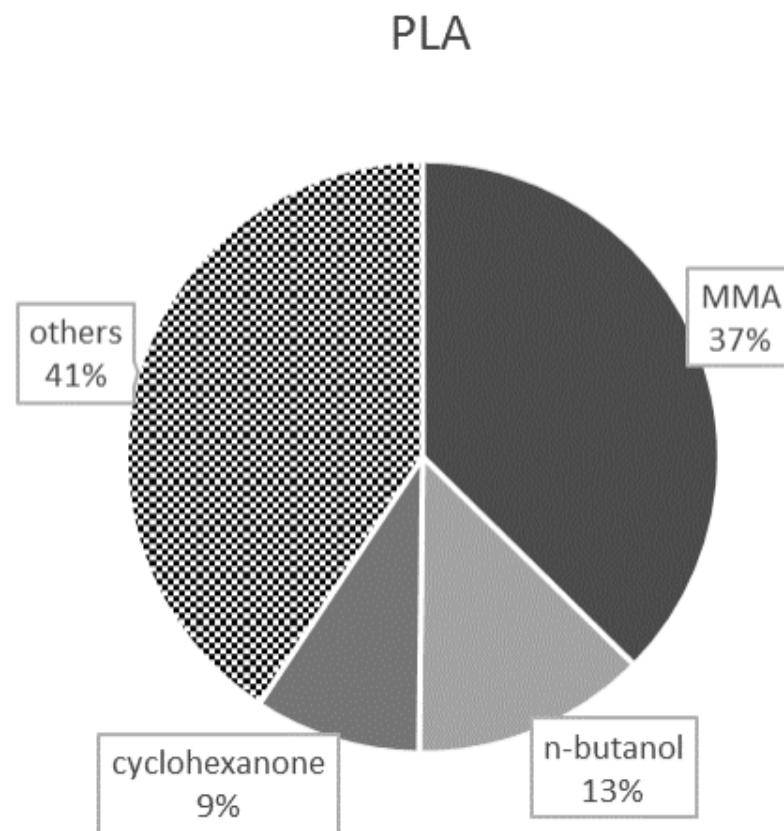
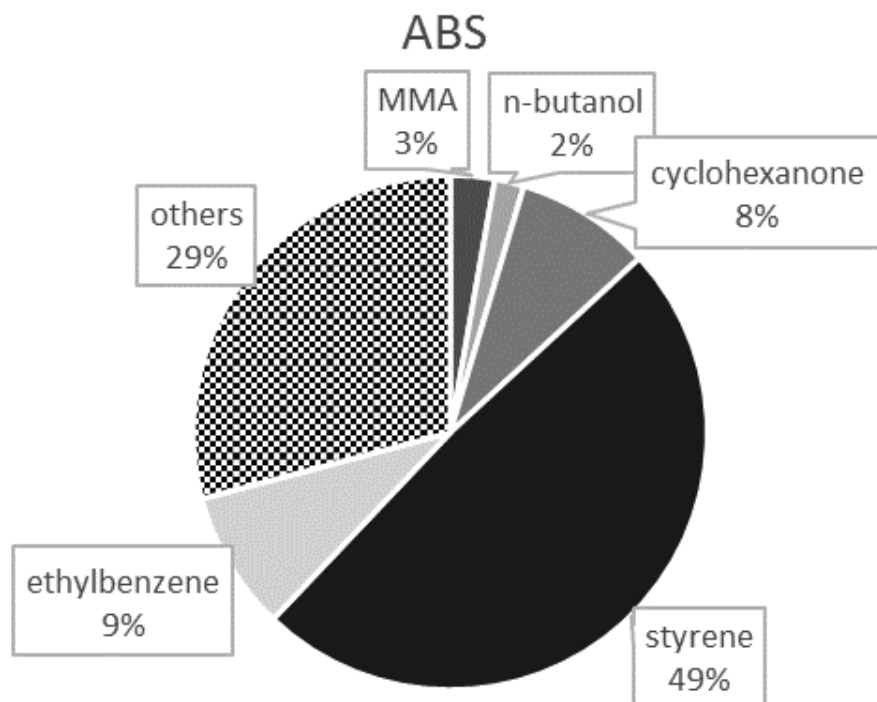
Emissionstestkammer:

Wenige eisenhaltige Partikel im Elektronenmikroskop detektiert



Emissionstestkammer:

VOC: Hauptkomponenten abhängig von Plastik-Sorte

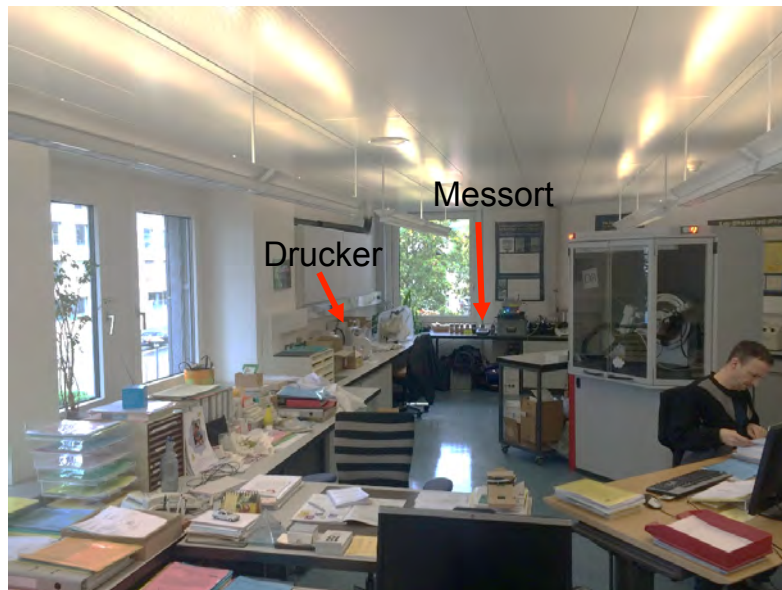


Fazit Emissionstestkammer

- Hauptkomponenten: Ultrafeine Aerosole und VOC (Leitstoffe Styrol / Methylmetacrylat (MMA))
- Emissionsraten vergleichbar wie Kerze / Gaskocher
- "Kritische" Stoffe (Metalle, PAK) nur im absoluten Spurenbereich



Expositionsmessungen in Innenräumen

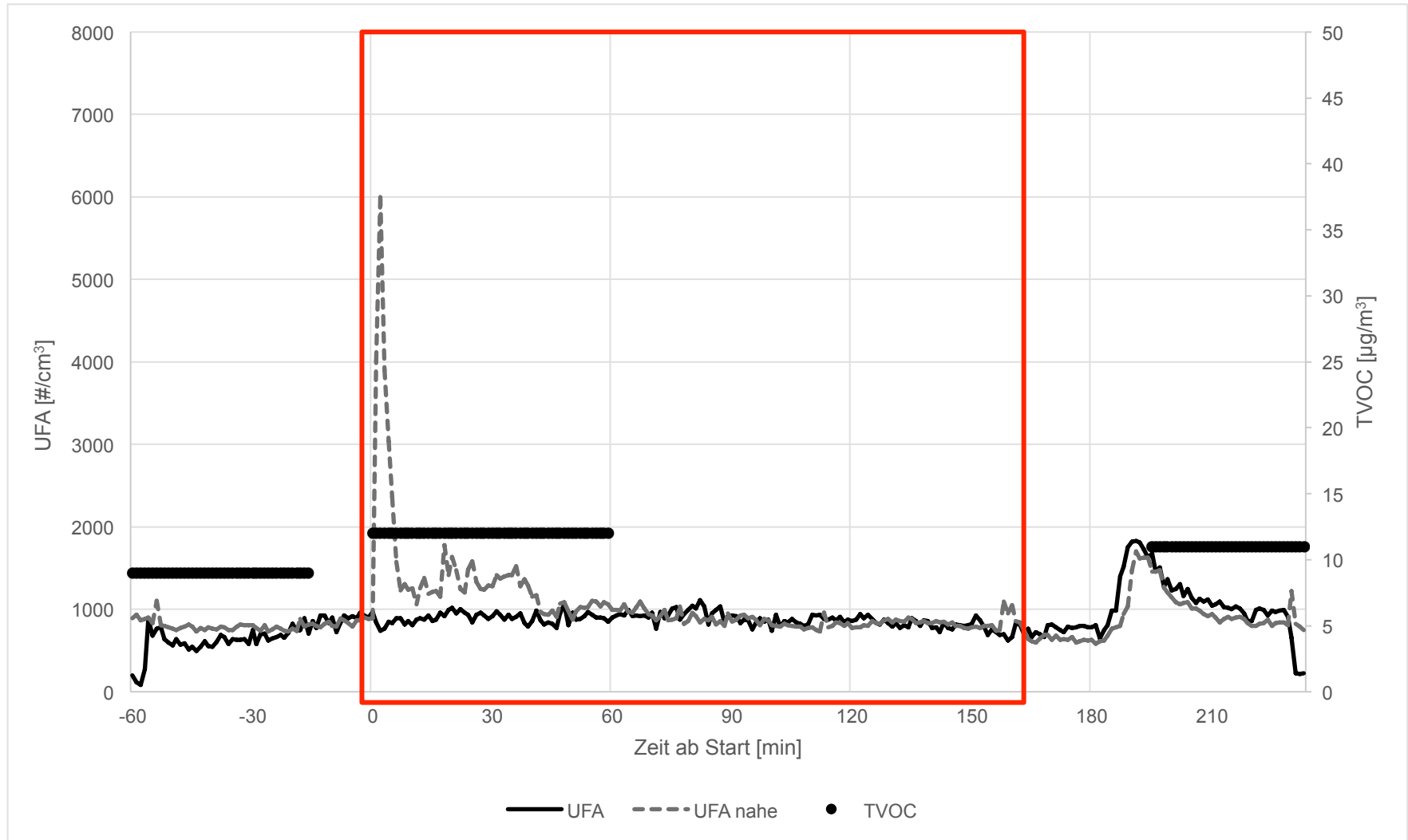


Grossraum:
180 m³, ca. 2facher Luftwechsel/h (klimatisiert)

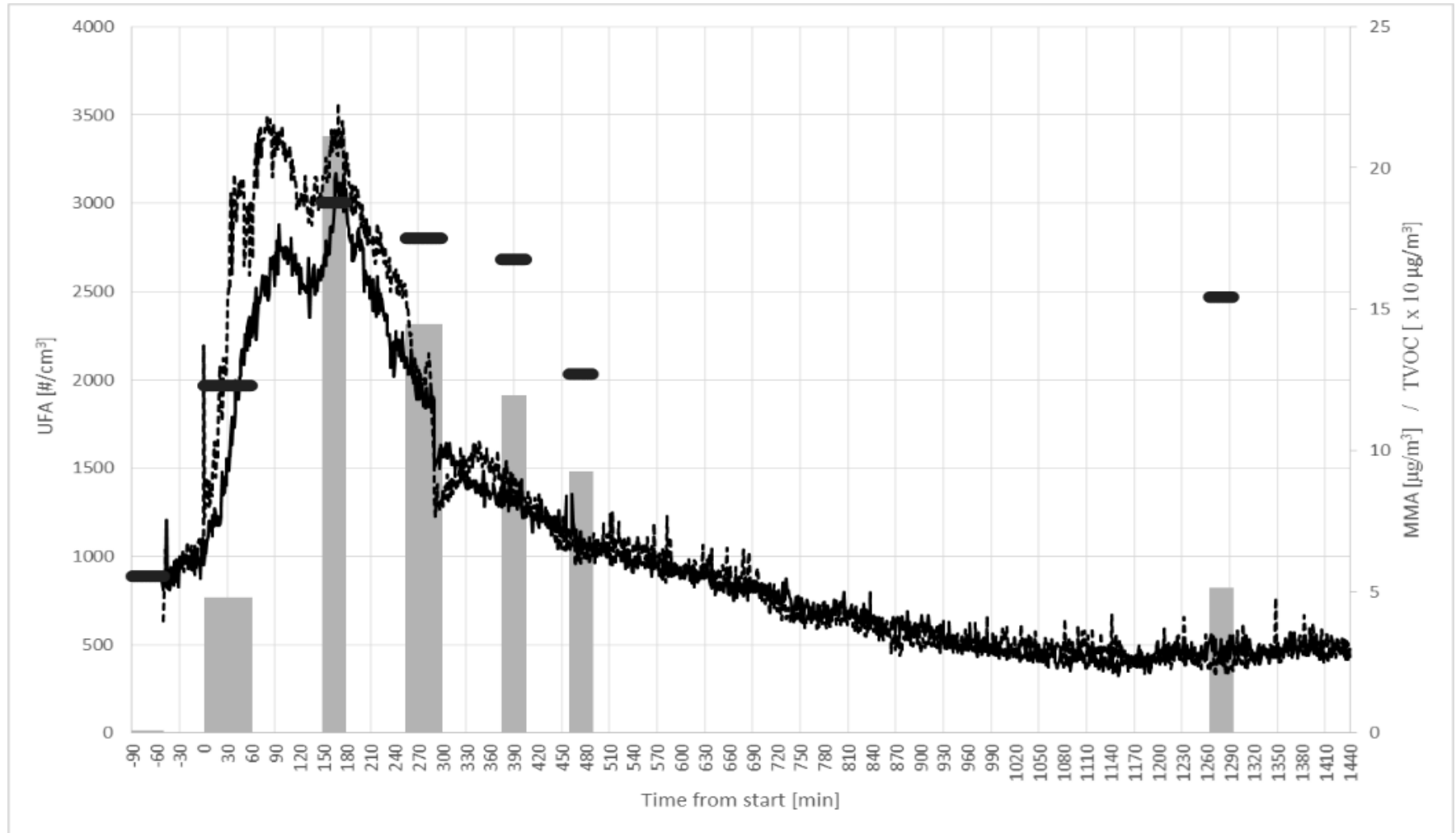


Einzelbüro:
30 m³, natürl. Lüftung, Fenster und Türe geschlossen

Expositionsmessung, Grossraum



Expositionsmessung, Einzelbüro



Fazit Expositionsmessungen in Innenräumen:

- In gut gelüftetem, grossem Raum auch Hauptkomponenten UFA und VOC (MMA) kaum nachweisbar
- In kleinem, ungelüfteten Büro bei sorgfältiger Versuchsdurchführung Zunahme und anschliessendes Abklingen von UFA und VOC gut nachweisbar
- Empfehlung wie für "normale" Druck-/Kopiergeräte: Möglichst nicht in der Nähe von Arbeitsplätzen und nicht in kleinen, ungelüfteten Räumen aufstellen.

Expositionsmessungen in Betrieben



Betrieb A:
Polyjet-Drucker 3D Systems ProJet 3500
Raum ca. 50 m³,
1,6facher Luftwechsel/h (klimatisiert)
Kaum sonstige Tätigkeiten



Betrieb B:
FDM-Drucker Stratasys uPrint SE Plus
Auf Empore in Werkhalle ca. 4'200 m³,
natürliche Lüftung
Mehrere Metallbearbeitungs-Maschinen
in Halle



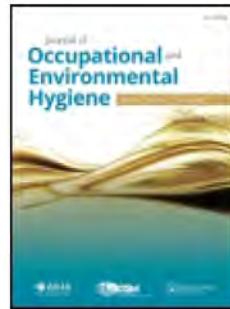
Betrieb C:
SLM-Printer SLM Solutions 280 HL
in separatem Raum, ca. 70 m³,
mechanische Lüftung
Nebenhalle Metallbearbeitung

Fazit Expositionsmessungen in Betrieben:

- Polyjet-Drucker: Keine UFA- und kaum VOC-Emissionen nachweisbar, trotz geringer Hintergrundbelastung
- Grosser FDM-Drucker, industrielle Hintergrundbelastung: UFA-Emissionen nur direkt beim Lüftungsauslass messbar, Drucker-spezifische VOC nicht nachweisbar
- SLM-Drucker: Metallkonzentrationen im Spurenbereich, ev. Kontamination aus Nebenraum
- **In grossen, gut gelüfteten Räumen bzw. in industrieller Umgebung kaum messbare Belastung durch aktuelle 3D-Drucker**

Danke für die Aufmerksamkeit!

Further
reading:



Journal of Occupational and Environmental Hygiene

ISSN: 1545-9624 (Print) 1545-9632 (Online) Journal homepage: <http://www.tandfonline.com/loi/uoeh20>

Characterization of emissions from a desktop 3D printer and indoor air measurements in office settings

Patrick Steinle