

VORANKÜNDIGUNG

1. Mikro- Kunststoff- Automobilbau Elektrik/Elektronik Pumpen Zahnräder /Getriebe Optik- Bauteile Forum 2015

08.+09.06.2015



SEEWITZ
ÜBERFAHRT
WETTENBERG

Der Weg von der
Makro- Kunststoff-
Bauteile Entwicklung zu
den Mikro- Bauteilen

mm

Die Mikro- Technologie hat sich, in den letzten 30 Jahren mit überproportionalen Markt- Zuwachsraten (bis zu 20 %/Jahr) und mit einem weltweiten Umsatz von > 250 Mrd. Euro, sehr positiv entwickelt.

Die technologische Entwicklung für die Polymer- Werkstoffe, die Werkzeug- und Maschinen- Technologie, die Verbindungs- Technologien sowie die Qualitäts- Sicherungs-, Bauteile Abnahme Geräte und Methoden haben dazu beigetragen, dass man inzwischen extrem kleine Mikro- Bauteile, mit hoher Präzision herstellen kann, siehe Toleranzen.

Es gibt jedoch noch Bereiche, wie die wichtige Mikro- Toleranz- Normung die diesem Markt- Entwicklungs- Trend nicht folgte.

Wir sollten uns gemeinsam bemühen, eine technische Basis für Mikro- Struktur- Bauteile und Baugruppen zu konzipieren.

Einen ersten Ansätze und Ideen, diskutieren wir beim Forum.

STAND der Forschung und Entwicklung

Technologie Umsetzung bis zum Kunststoff- Struktur- Bauteil

Bisher, hat man in > 60 Instituten, Hochschulen und Forschungs- Einrichtungen, mit zahlreichen neuen Lehrstühlen an den Universitäten in Deutschland, eine hervorragende Grundlagen-Basis geschaffen, die mit mehreren 100 Mio. Euro, zurecht öffentlich, für diese Zukunfts-Technologien, gefördert wurden.

Leider ist es zum Teil nicht sehr gut gelungen, diese Grundlagen in industrielle verwertbare Produkte umzusetzen, da der Technologie Transfer von den „Forschern“ zu den „Ingenieuren“, offensichtlich nicht so organisiert ist, wie es sein sollte.

Es fehlt z.B. an elementarsten Standards wie z.B.

1. die Definition, für Mikro- und Nano- Strukturen
2. Toleranzen- Normen für Mikro- und Nano- Bauteile
3. Verbindungs- Technologien, für sehr kleine Bauteile

Wir müssen es gemeinsam schaffen das Verständnis der „Forscher“ für die Notwendigkeiten der industriellen Umsetzung besser zu koordinieren.

Dazu sind Seminare, Schulungen und Foren, wie dieses geplante Forum erforderlich, welche das Umsetzungs- Engineering und die aktuellen Gegebenheiten in der Mikro- Bauteile- Hersteller- Industrie, darstellen und diskutieren.

Wo findet das Forum statt ?

Unser vorgewähltes Tagungs- Hotel direkt am bayerischen Tegernsee



SEEHOTEL
ÜBERFAHRT
ROTTACH-EGERN

5***** Wellness- Hotel am Tegernsee
3*** Sterne Koch- ein gemeinsames Essen



Preiswerte Übernachtung möglich!

*Haben Sie „Zeit- Schulden“
bei Ihrer Frau oder Lebens-
Partnerin ?*

Althoff Seehotel Überfahrt
Überfahrtstraße 10
83700 Rottach-Egern
+49 80 22 / 669 0

info@seehotel-ueberfahrt.com

Anfahrt- Beispiel

Autobahn München- Salzburg A 8
Ausfahrt Holzkirchen – Motel
Irschenberg- Richtung B 318 Richtung
Tegernsee Rottach-Egern



In den Pausen, können wir uns
einen direkten See- Blick „gönnen“



VORANKÜNDIGUNG

Wenn Sie auf einem, der folgenden Kunststoff- Bauteile- Mikro- Technologie- Gebieten arbeiten, haben Sie einen wichtigen Termin für die Abstimmung unter Fach- Kollegen und für das Erkennen, von Mark- Trends sowie neuen Märkten

Der Umstieg, von den Makro- zu den Mikro- und Nano- Kunststoff- Struktur- Bauteilen, erfordert einen Abstimmungs- und Handlungs- Bedarf

Grundlagen- Forschung, Basis- Werkstoff- und Technologie Entwicklung

Mikro- Bauteile- Konzepte, Normen, Lastenhefte, System- Vorgaben

Kunststoff gerechte Mikro- CAD- Konstruktion

Einzel- Bauteile System Baugruppen Multi- Funktions- Module

Werkstoffe Beständigkeit Hybrid- Technologien

Wanddicken Verbindungs- Technik Physikalisch Grundlagen

Radialen Dichtungen Lagerung Funktionen, Teuglichkeit

Formmaschinen Festigkeit, Spannungen Lebensdauer

Toleranzen Maß- Ketten Kollisionen

EDV unterstütztes CAE- Engineering, Datenbanken

Prototyping, Vor- Serien, Einbau- und Versuchsmuster

Qualifizierung, Prüfstände und Versuchs- Anlagen

Einkauf, Fertigungs- Anlagen- und Abnahme- Planung

Mikro- Werkzeuge- und Fertigungsmittel

Herstell- Verfahrens- und Prozess- Technologie

Mikro- Bauteile- Robotik und Handling, Logistik

Mikro- Verbindungs- / wirtschaftliche Montage Techniken

Kennzeichnung, Vermessung, Abnahme, Freigabe

Marketing-, Netzwerke- und Vertriebs- Technologien



Schwerpunkte der geplanten Vorträge und Diskussionen

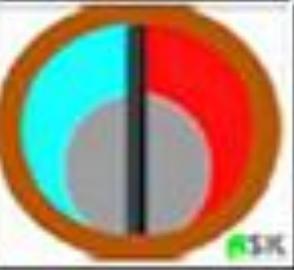
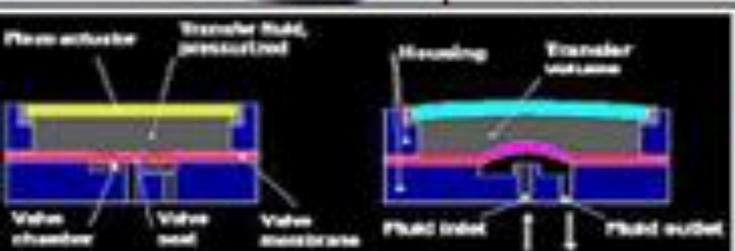
Diskussion, der zeitlich geänderten technischen Grenzen und Möglichkeiten in den Mikro- Bereichen, für die Werkzeuge-, Fertigungs- Hilfsmittel-, Maschinen-, Handling- sowie der Mess- und Abnahme- Technologien, um die geforderten kleinen Toleranzen für Mikro- Kunststoff- Strukturen, sicher wiederholbar, zu erreichen

FORUMS- VORANKÜNDIGUNG

Mikro- Kunststoff- Pumpen / Kompressor- Beispiele



Zum Teil werden Kunststoff-Pumpen-Komponenten noch mit zu teuren, schweren und zu großen Sinter-Metall- Mikro- Bauteilen, ausgeführt



Alternative Pumpen Rotoren aus Kunststoff



Beispiel: Automobil- AdBlue - Mikro- Pumpen für kleine, exakte dosierbare Fördermengen ?

FORUMS- VORANKÜNDIGUNG

Haben wir über Mikro- Pumpen bereits Nano-Pumpen ?

Flachbauweisen

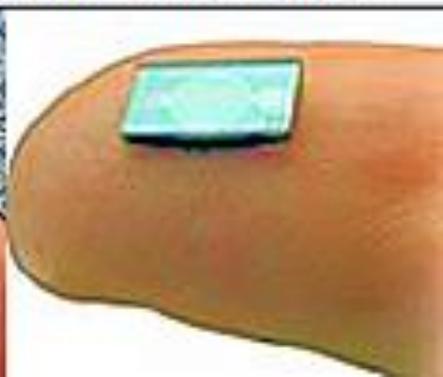
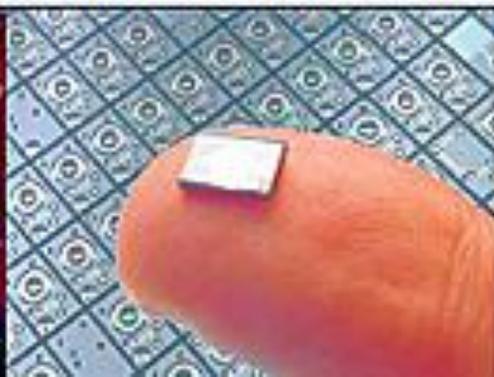


Bisher bekannte, große Pumpen, „nur“ kleiner her zu stellen, wird kein ausreichendes , Zukunft-Innovations- Potential enthalten

Bauweisen mit auskragenden Anbauten, entschieden zu lang bauenden E- Motoren, ohne Bedarfs –geregelt, Energie sparende BLDC- Antriebe und Steuerungen, zu Teil sogar mit externen Steuer- Geräten !



Ab welcher Baugröße spricht man von Nano- Pumpen ?

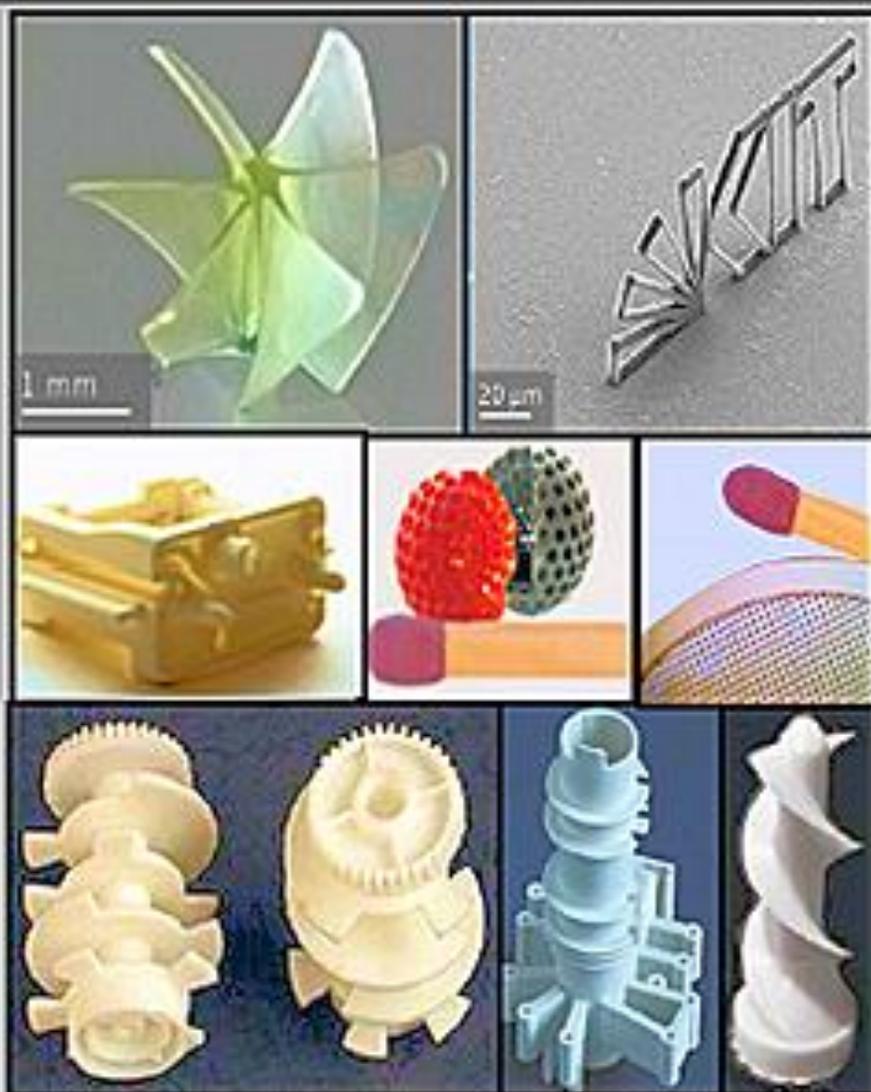


STAND der TECHNIK

Mikro- Bauteile- Prototypen und Klein- Serien

Technische Grenzen und Möglichkeiten für die Mikro- Prototypen- und Klein- Serien- Herstellung

- 1. Ansicht-, 2. Einbau-, oder 3. Versuchs- Prototypen ?
- Herstellbare Stückzahlen (Klein- Serie) ?
- Seriennahe Werkstoffe, nahe der Serien Bauteile- Kennwerte ?
- Die kleinste, mögliche Geometrie / Bohrungen/ Stufen/ Radien?
- Abbildungs- Exaktheit / Konturen, Oberflächen- Qualität ?
- Haltbarkeit und Lebensdauer (Bruchdehnung, Sprödigkeit)?
- Herstellzeiten und Kosten ?



Für dieses Einsatzgebiet , entsteht ein vollkommen neues Markt- Segment

STAND der TECHNIK

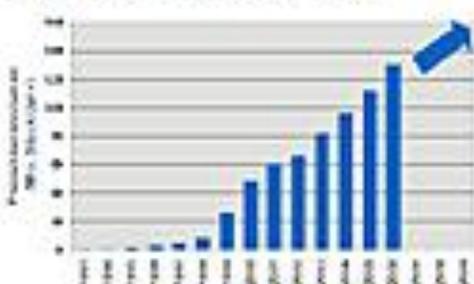
Automobil- Mikro- Sensor Markt- Beispiel- BOSCH- MEMS
 nach Dr. Jan Stadler – Robert Bosch GmbH, und ASK- Hochrechnung



Micro and Microtechnology in the Press



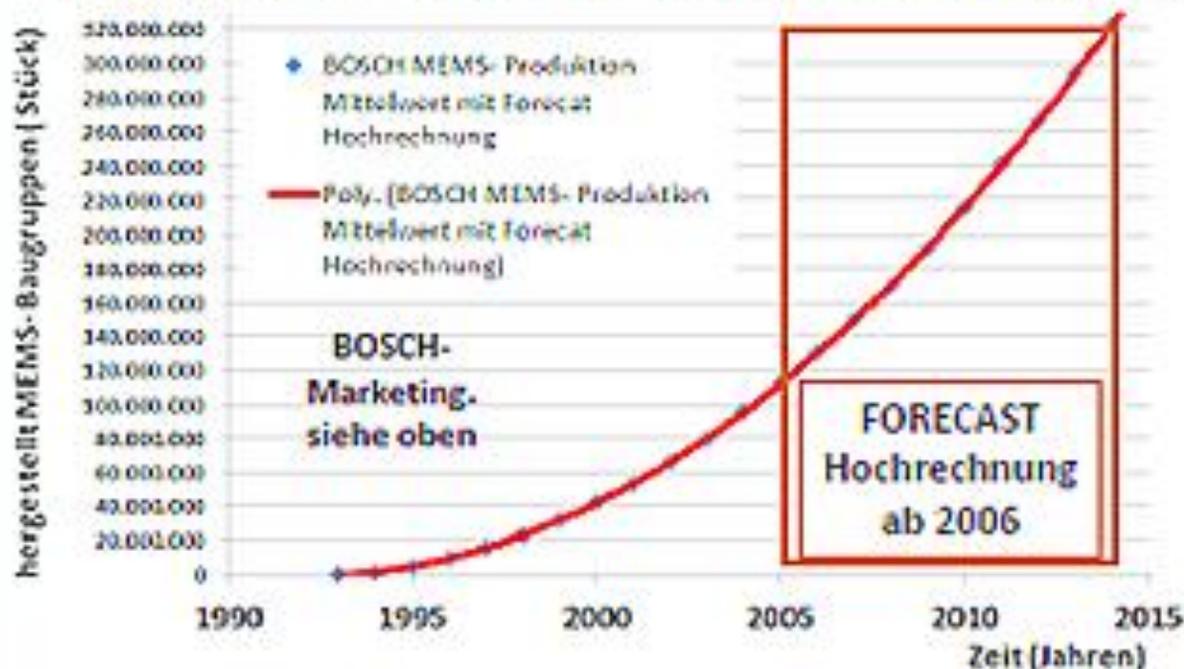
Bosch MEMS - Produktionsvolumen



Statistik zur Wirtschaft

entru

BOSCH MEMS- Produktion Mittelwert mit Forecast Hochrechnung



Forums- Referenten- Anfrage und Diskussions- Partner Anfrage

Die wichtigsten Aufgaben für unser Forum sind folgende:

1. Darstellung des aktuellen technischen Standes , des Marketings und die Ableitung von Geschäftsmodellen und Märkten für die Zukunft von
 - O Mikro Automobil- und Verkehrsmittel- Bauteile
 - O Mikro- Elektrik/ Elektronik und Chip- Komponenten
 - O Energie sparende und klein bauende Elektro- Antriebe
 - O Mikro- Pumpen und Kompressoren
 - O Mikro- Zahnräder, Pumpen- Rotoren und Getriebe
 - O Optik, Daten- Übertragungs- Komponenten und EDV- Systeme
2. Die Vorstellung und Diskussion von Lastenheften / Vorgaben
3. Welche Toleranzen sind in der Praxis noch umsetzbar ?



Bringen Sie bitte Beispiele von Konstruktionen für Serien- Mikro Bauteilen mit und zeigen Sie die umgesetzten Toleranzen. Stellen Sie über diese Bauteile, in der Forums- Ausstellung, Ihre Fach- Kompetenz vor (Diskussion zu diesen Punkt, sehr erwünscht !!)

4. Mikro- Struktur- CAD und CAE- Software und Datenbanken
5. Mikro- Prototyping und Versuchsmuster- Herstellung
6. Diskussion der der Miko- Polymer- Werkstoffe (Modifikationen)
7. Möglichkeiten / Grenzen der Werkzeug- Technologien
8. Heißkanal- Systeme und Steuerungs- Elektronik
9. Spritzgieß- Maschinen und Aggregate- Systeme / Robotik
10. Qualitäts- Sicherungs- und Abnahme- Systeme

Wenn Sie zu einem dieser Themenblöcke einen Vortrag anbieten können, freuen wir uns über Ihre Vorschläge

Definitions- Versuch

für Mikro- Struktur- Kunststoff- Bauteile

Obwohl bereits, viele Millionen dieser Bauteile hergestellt werden gibt es noch nicht einmal eine grundsätzliche, verbindliche Definition für diese Art von Bauteilen (Kunststoff-Bauteile) , sondern nur für einige Beispiele, siehe VDI

VDI/VDE/IT	Singuläres Mikroteil	Mikrostrukturiertes Bauteil I	Mikrostrukturiertes Bauteil II	Mikro-Präzisionsbauteil
Eigenschaft	einzelnes, extrem kleines Bauteil	makroskopische Gesamtmaße aber mit funktionalen Mikrostrukturen	Oberfläche mit relativ flachen (Sub-) Mikrostrukturen	Präzisionsbauteil mit Toleranzen im Mikrometerbereich
typ. Gewicht	< 0,1 g	> 0,1 g	> 10 g	> 5 g
typ. Dim.	<< 3 mm	Gesamtmaße > 1 cm ²	Gesamtmaße > 1 cm ²	Toleranzen ≤ 2 µm
AR	≥ 1	> 1	≤ 1	
Beispiele	Mikro-Zahnräder	Mikro-Spektrometer	CD, DVD	Glasfaser-Stecker

AR = Aspektverhältnis = Strukturhöhe zu -breite

Bilder nach VD/VDA-IT

Sinnvoll wäre, eine Eingrenzung für Definitionen, nach

1. Volumen (mm³) oder über das spezifische Gewicht (g/mm³)
2. des Bauteile Gewichtes z.B. **0,1g, 1 g, 5 g**
3. die Bauteile Maß z.B. **0,05 mm, 1mm, 3 mm, 6 mm**

Vielleicht ist auch Mikro- Bauteile- Gruppen- Einteilung möglich

Bleibt zu hoffen, dass es die Normung und
Standarisierung, in den nächsten Jahren schafft, diese
wichtigen Baugruppen zu definieren

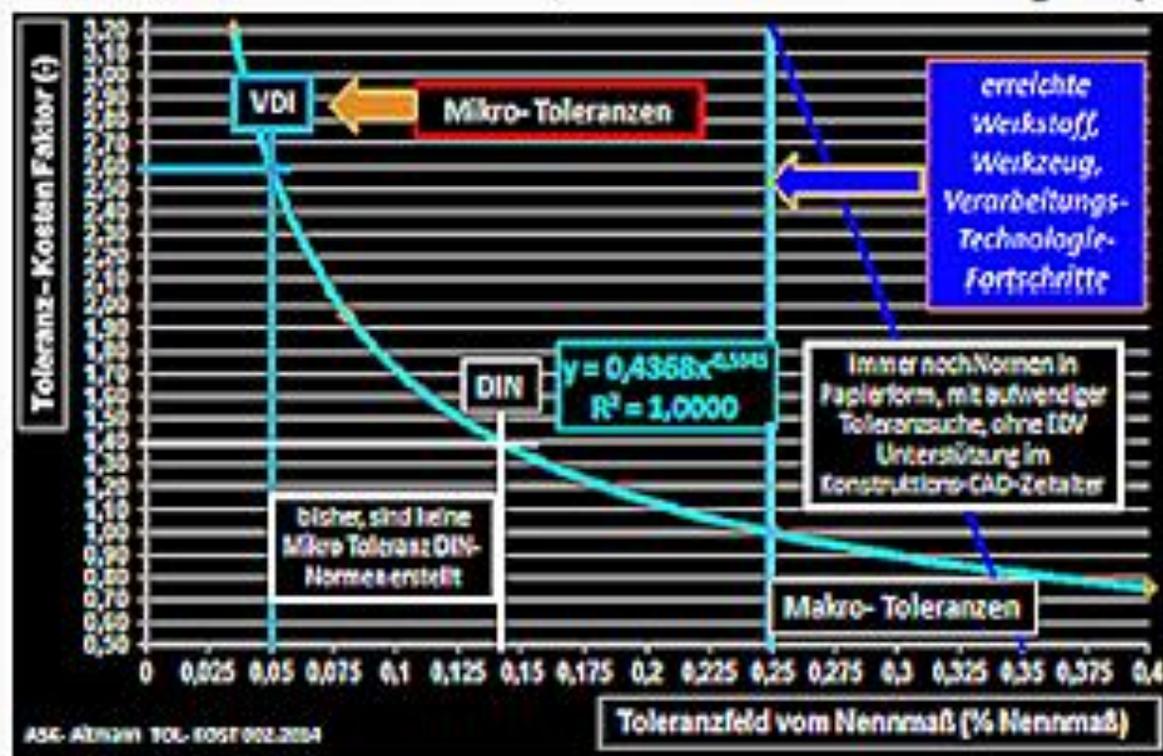
STAND der TECHNIK

Beispiel: Entwicklung der Mikro-Toleranzen

Am deutlichsten zeigt sich die Qualitäts- und Präzisions- Entwicklung am Beispiel der zu erreichenden Toleranzen sowohl für Makro, als auch für Mikro- Kunststoff- Bauteile.

Für Makro- Kunststoff- Bauteile, sind derzeit durch den Technologie Fortschritt im Mittel, bereits Toleranzen von 0,25 % vom Nennmaß zu erreichen.

Bei Mikro- Kunststoff- Bauteilen sind, mit einem relativ hohen Aufwand, Toleranzen bis zu 0,05 % vom Nennmaß möglich (VDI)



Hohe Toleranz- Anforderungen, kosten bekanntlich Finanzmittel Verbindlich genormte Vorgaben für Mikro- Toleranzen, **die es bisher nicht gibt**, stellen einen fairen Umgang bei Anfragen und Einkaufs-Diskussionen sicher, bei dem klar gemacht werden kann, dass klein gewählte Toleranzen, auch bezahlt werden müssen (*Kosten-Faktor*)

Für die Mikro- Technologie sind nicht, die Werkstoffkosten, der entscheidende Bauteile Kosten- Kalkulations- Faktor sondern die Kosten für die Werkzeug-, Fertigungs-, Prozess-, Handlings- und Qualitäts- Sicherungs- Maßnahmen

STAND der TECHNIK

Beispiel: Entwicklung der Mikro-Toleranzen und Zukunft

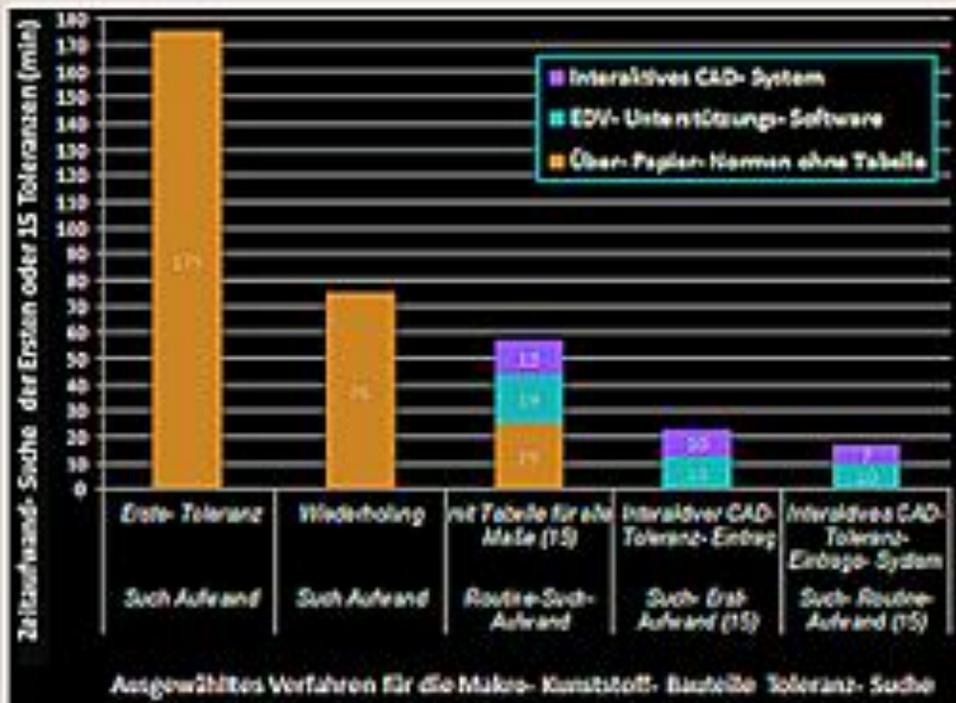
An einer EDV unterstützten Toleranz- Auswahl Software führt in Zukunft , aus wirtschaftlichen Gründen, kein Weg vorbei, insbesondere, wenn es sich um derartig kleine Toleranzfelder handelt, wie bei Mikro- Bauteilen

EDV unterstützte Toleranz- Auswahl-System
für
Kunststoff-Mikro- Strukturen
von 0,05 mm bis 6 mm



Software
für das Finden von Mikro Toleranzen
in Minuten

© ASK- Altmann (2014-2015)



STAND der TECHNIK

Beispiel: Mikro- Polymer- Werkstoffe

Entscheiden für die Auswahl der Mikro- Struktur- Polymer- Werkstoffe ist die möglichst exakte Abbildung der Werkzeug- Oberflächen und Geometrie- Vorgaben.

Die Polymer- Werkstoff sind bisher überwiegend für Makro- Kunststoff Bauteile und Strukturen und spezielle Verfahren optimiert.

Bisher wurden vorzugweise folgende Polymer- Werkstoffe für Mikro- Strukturen eingesetzt:

PMMA, LCP, POM, PP, PE PPS, PPA, PEEK und andere

VDI VDE IT	min. lat. Maße [µm]	min. Detail [µm]	max. Höhe [µm]	Aspekt- verhältnis [isolierte Wände]	Aspekt- verhältnis [Gräben]	Toleranz im µBereich [%]	Rauheit ** R_{max} / R_a [µm]
Kunststoff	10	<0,2	2500	20 (200')	25	0,05	0,05 / 0,05

Bilder nach VD/VDA-IT

Auch, wenn die Mikro- Bauteile sehr klein sind und mit einem kg Kunststoff zum Teil eine extreme Anzahl von Bauteilen herstellbar ist, wird dieser Markt zunehmend interessanter für die Polymer- Werkstoff- Hersteller.

Ein Bauteile Beispiel:

Durchmesser 1,0 mm, Höhe 0,45 mm, Teilgewicht 0,00027 g- das sind für 5000 Teile gerade einmal 1,35 g. Mit 1 kg Kunststoff kann man **3.703. 704 Mikro- Bauteile** herstellen



Eine Zukunfts- Investition, für die Modifizierung dieser speziellen Mikro Kunststoff, würde sich lohnen.

STAND der TECHNIK

Beispiel: Mikro- Spritzgieß- Maschinen

Der Aufwand und die Technologie für Mikro- Spritzgieß- Maschinen ist beeindruckend, ebenso wie z.B. die Kolben- und Schnecken- Dimensionen von nur einigen mm, sowie die Bauteile- Schussgewicht von bis zu 0,001 g

Das **izfm**, hat 2003, die unten dargestellte Tabelle veröffentlicht

Maschine	Anbieter	Einspritzung	Schnecken- durchmesser	L/D- Verhältnis	min. Schuss- gewicht	max. Schuss- gewicht	Zehlfre- kraft
Altuder 270C	Altug GmbH & Co, Leiburg, Deutschland	Schnecke	15mm	20	ca. 1 g	14 g	500 kN
Altuder 220S 150-35	Altug GmbH & Co, Leiburg, Deutschland	Schnecke	15mm	17,7	ca. 1 g	12 g	150 kN
CDC 250 mit "Microjet"- Einheit	Batenfeld Kunststoffmaschinen GmbH, Königsmann, Österreich	Schnecke	14mm	17,5	0,2 g	6,3 g	250 kN
Mikrosystem 50	Batenfeld Kunststoffmaschinen GmbH, Königsmann, Österreich	Kolbendurch- messer, 5mm	14mm	-	0,001 g	1 g	50 kN
12 M	Dr. Boy GmbH, Neustadt, Deutschland	Kolbendurch- messer, 6mm	14mm	18	< 1 g	5,5 g	120 kN
D-AM (Direkt Injektion Moulding)	Eltrop Kunststoffmaschinen GmbH Königsmann, Deutschland	Kolbendurch- messer, 6mm	16mm	20	0,1 g	4 g	100 kN
K-Maschine mit Magnetschieber- einheit	Peromark Micron Maschinenbau GmbH, Mähringgen, Deutschland	Kolbendurch- messer, 7mm	18mm	15	0,001 g	2,3 g	-
Ergotech 25-35 System	Mannmann Demag Kunststofftechnik, Wahn, Deutschland	Schnecke	14mm	20	0,1 g	12 g	250 kN
CD- Spritzgießmaschine (Compact Disc) Mouldingmaschine MO 100	Tooltek Alpha, Schweden	-	-	-	15 g	30 g	600 kN

Institut für Zeitmeßtechnik, Fein- und Mikrotechnik

März, 24.06.03

In der Zwischenzeit, ist selbst dieser Übersichts- Tabellen Inhalt von 2003 schon wieder überholt und die Spritzgießmaschinen- Hersteller haben noch innovativere Maschinen entwickelt.

Auf die Darstellung und Diskussionsbeiträge dürfen wir beim Forum sehr gespannt sein.

STAND der TECHNIK

Beispiel: Prozess- Toleranzen für die mechanische Bearbeitung

Selbst mit mechanischen Bearbeitungs- Verfahren für z.B. Spitzgieß- Werkzeuge erreichte man, bereits vor Jahren, enorm kleine Prozess- und Fertigungs- Toleranzen.



Prozeßtoleranzen der mechanischen Nano-Mikro-Bearbeitung

	3D-Fräsen	Senk-EDM	Draht-EDM	Ultra Präzision
Formabweichung [μm]	± 1	± 1	± 1	$\pm 0,02$
Oberflächenqualität [μm]	0,05	0,1	0,05	0,01
kleinste Strukturgröße [μm]	10	5-10	15-20	0,5
min. Innenradius [μm]	20	<10	ca. 15	ca. 0,05
Bohrungsdurchmesser [μm]	50	10-30	40	-
Aspektverhältnis	100-100	ca. 20	100-100	0-00

Mit hoch qualitativen Werkzeugen und Verfahren lassen sich für Kunststoff- Mikro-Strukturbauteile, die besten Werte zu erreichen

VDI | VDE | IT

Material	min. lat. Maße [μm]	min. Detail [μm]	max. Höhe [μm]	Aspekt- verhältnis [isolierte Wände]	Aspekt- verhältnis [Gräben]	Toleranz im μBereic [%]	Rauheit $R_{\text{max}} / R_{\text{a}}$ [μm]
Kunststoff	10	<0,2	2500	20 (200°)	25	0,05	0,05 / 0,05
Metall	50	10	1000	10	>10	0,5	7 / 0,8
Keramik	20	<3	1000	<15	15	0,4	2 / 0,2

Faktor 10
zwischen Metall und Kunststoff

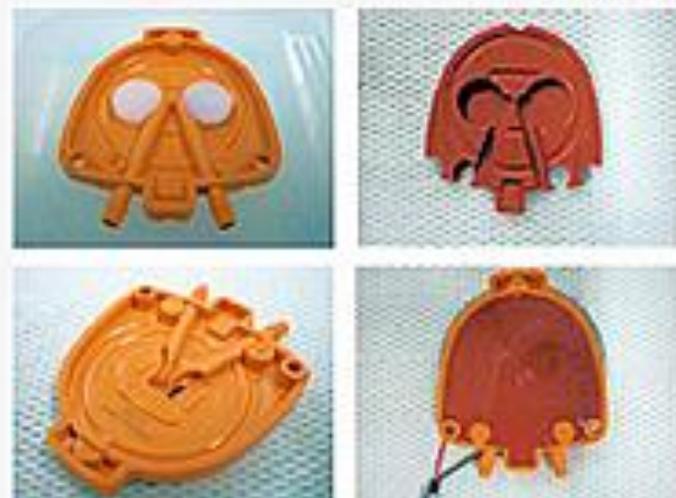


	Strukturbreite	Strukturhöhe	Aspektverhältnis
mech. Bearbeitung	50 μm – 300 μm	bis 500 μm	bis über 10
Lasorbearbeitung	> 30 μm	> 150 μm	bis 10
LIGA (siehe 2.2.2)	> 0,2 μm	bis 3 mm	bis 100

Vergleich der Verfahren zur Herstellung von Werkzeuge für die Kunststoff- Bauteile Abformung, nach PFT- Produktforschung

STAND bei der Mikro Bauteile- VERBINDINGS- TECHNIK Welche Verbindungstechniken setzen sich in Zukunft durch ?

Kenn Sie, für diesen großen Zukunfts- Markt, die geeigneten Schweiß- und Laser- Technologien, die geeigneten Klebstoffe, die extrem kleinen Schrauben und Inserts, sowie andere möglich Technologien?



Immer, wenn man zwei, oder mehrere sehr kleine Mikro- oder in Zukunft sogar Nano- Bauteile verbinden will, steht man vor der Frage wie ?? Die Unsicherheit an dieser Stelle, ist für den Konstrukteur, noch relativ groß

Laser geschweißte Mikro- Pumpen



Insulin
Pumpe



In der Zukunft wird man Vibrations- empfindliche Mikro- Bauteile, nicht mit Vibrations- Schweiß- Verfahren, verbinden können !

Reichen vielleicht kostengünstigere und technisch geeignet kleine Schrauben und Inserts aus und wo bekommt man diese derzeit. Wie sehen Mikro Dichtungen, Mikro- Gleit- und Kugellager aus und woher bekommt man diese Bauteile ?

An diesen wenigen Beispielen erkennen Sie, dass noch einige Aufgaben im Mikro- und zurecht erst, im Nano- Engineering und in der Bauteile Kauf- Sortiment Beschaffung, gelöst werden müssen!

STAND der TECHNIK

Beispiel: Mess- Technik und Bauteile QS /Abnahme- Geräte

Die Mess- Qualitäts- Sicherungs- und Bauteile Abnahm- Geräte Stellen nach der Konstruktion und der Fertigung, eines der wichtigsten Geräte- Systeme dar um Toleranzen in mit einem Toleranzfeld von **0,001 mm** und darunter, noch sicher vermessen und kontrollieren zu können.

Optische Systeme, Laser und Holographie System sowie optisch/mechanischer Kombination, haben inzwischen ein Präzision erreicht, die es neben dem **Mikro- Bauteile Bereich** auch erlaubt, auch **Nano- Bauteile Bereich** noch Kunststoff-Strukturen zu vermessen und bezüglich der Fertigungs- Qualität und Bauteile Abnahme, ab zu sichern.



2. Entwicklungsergebnisse für Messtechnik



Winnor Exakte

F25 – Messen im Nanometerbereich



Metromikroskopie



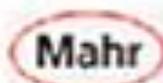
© 2008, ZEISS



Werth ProbeCheck das Koordinatenmessgerät für höchste Genauigkeitsansprüche



Werth TomoScope®



Mahr Vision – Multivertice Koordinatenmesstechnik



Mahr Vision – optische Koordinatenmesstechnik

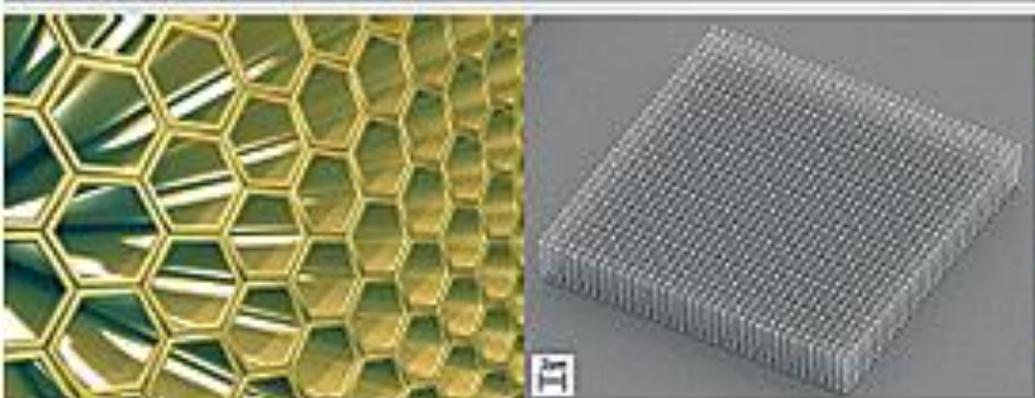
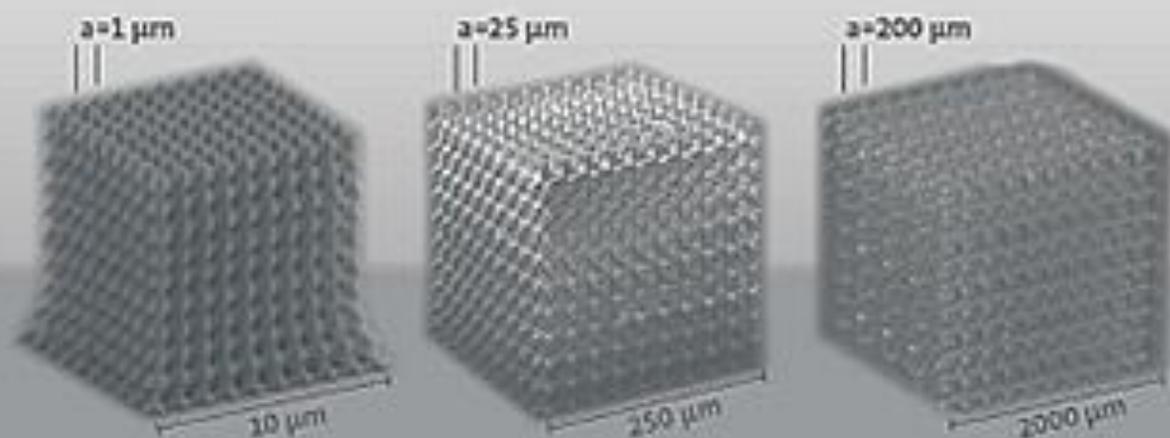


7

STAND der TECHNIK

Bis zu welchen Bauteilegrößen, sind Struktur Bauteile mit einem vertretbarem Aufwand, noch möglich ?

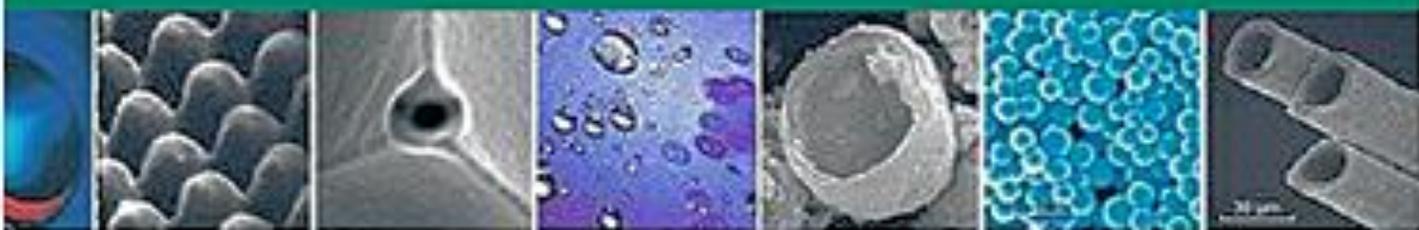
nano > micro > meso > macro



Derartige, sehr kleine Geometrie-Gebilde, sind zwar „Nano“ aber keine technischen Struktur Bauteile

Was ist Nanotechnologie?

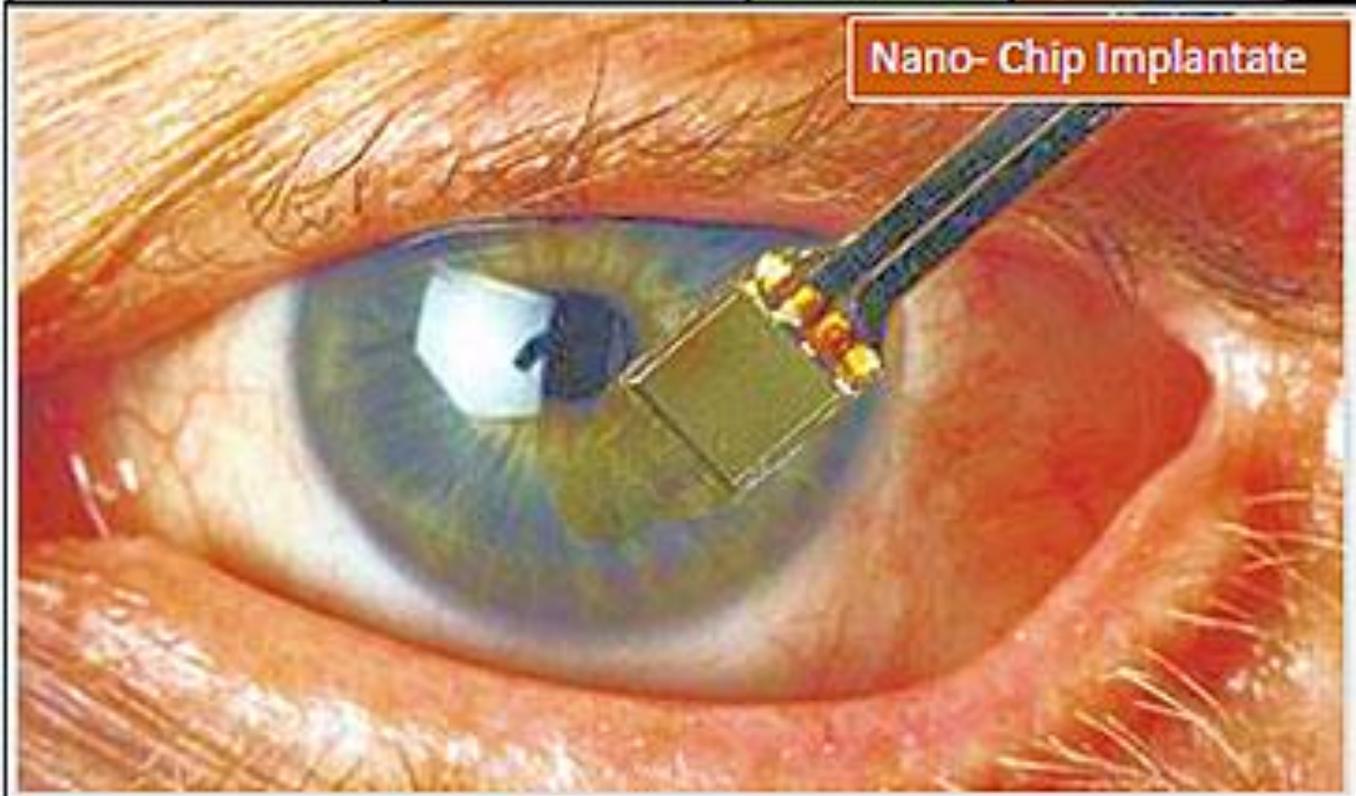
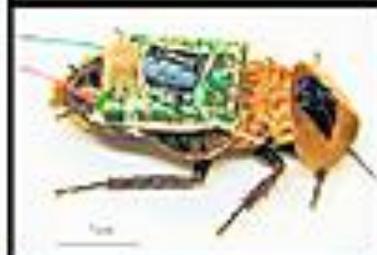
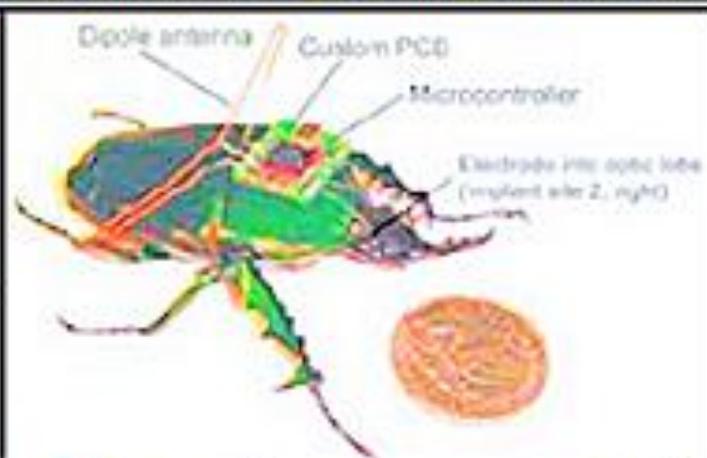
Fraunhofer Allianz Nanotechnologie



Im Moment fehlt, an einigen Stellen sogar noch die technische Basis, für Mikro- Struktur Bauteile und Baugruppen. An den Nano- Struktur Bereich, wagt man noch nicht zu denken!

STAND der TECHNIK

Grenzen ? : Vom Mikro- Chip zum Nano- Struktur- Bauteil



Welche minimalen Baugroßen, haben die Mikro- Baugruppen der Zukunft?- Nano Bauteile?
Sind diese Bauteile. noch mit Kunststoffen herstellbar?

Diese Aussagen und Kennwerte, werden selbst Fachleute etwas überraschen

Das Winzige hat eine große Zukunft

Heute schon gibt es mehr als **1.000 Konsumprodukte**, die laut Herstellerangaben auf Nanotechnologie beruhen. Für das Jahr 2020 sagen Marktforscher ein Weltmarktvolumen nanotechnologisch-optimierter Produkte von bis zu **3 Billionen US-Dollar** voraus. Das entspräche rund **15 Prozent der weltweiten Güterproduktion**.

Nicht nur für viele Naturwissenschaftler und Ökonomen trägt die Technik des 21. Jahrhunderts die Vorsilbe „Nano“, sondern auch für Regierungen. Stellvertretend dafür die Stimme des russischen Präsidenten Dmitri Medvedev im Oktober 2009:

„Ich denke, niemand kann bestreiten, dass in den nächsten Jahren die Entwicklung der Nanotechnologie das Gesicht der Menschheit und unser Leben verändern wird.“

