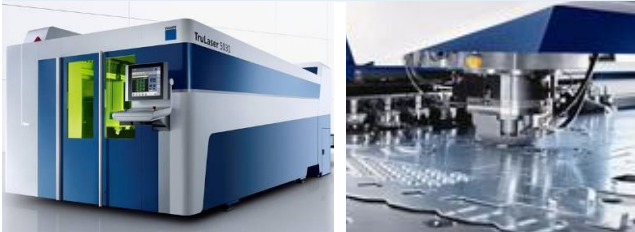
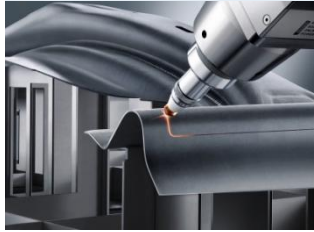



# **Der Ultrakurzpulslaser erobert die Welt Chance für die Zentralschweiz**

Hans Marfurt  
Geschäftsführer  
TRUMPF Maschinen AG  
6341 Baar



# Geschäftsbereiche der TRUMPF Gruppe

Werkzeugmaschinen		Lasertechnik / Elektronik		Medizin-technik	
Werkzeugmaschinen		Lasertechnik	Elektronik	Medizin-technik	
					
Werkzeugmaschinen für die flexible Blech- und Rohrbearbeitung, Elektrowerkzeuge für die Blechbearbeitung		Laser für die Fertigungstechnik	Stromversorgungen für plasmagestützte Fertigungsprozesse, zur Induktionserwärmung und CO <sub>2</sub> -Laseranregung	OP-Tische, OP-Leuchten, Videolösungen, Versorgungseinheiten	
Umsatz (Mio €)	1.890	Umsatz (Mio €)	727	Umsatz (Mio €)	184
Mitarbeiter	5.918	Mitarbeiter	2.330	Mitarbeiter	713

Geschäftsjahresende 30.06.2012, konsolidiert innerhalb des Geschäftsbereichs; Zahlen gerundet



# Unsere Kunden

Werkzeugmaschinen

Lasertechnik/  
Elektronik

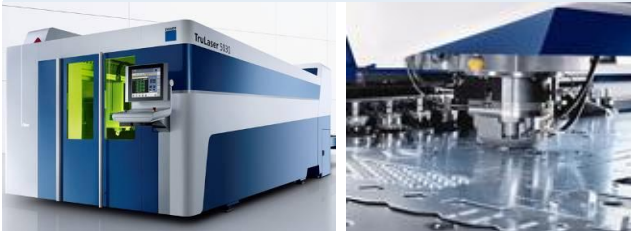
Medizin-  
technik

Werkzeugmaschinen

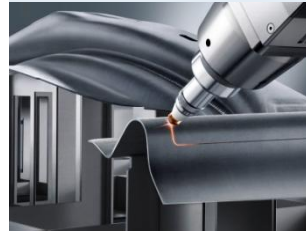
Lasertechnik

Elektronik

Medizin-  
technik



Metallverarbeitende Industrie z.B.  
Maschinen-/Apparatebau, Fahrzeugbau,  
Elektronik-/Schaltschrankbau



Automobil, Automob-  
ilzulieferer, Elek-  
tronik/Feinmecha-  
nik, Maschinenbau,  
Werkzeug- und  
Formenbau,  
Medizintechnik



Anlagenbauer von  
Fertigungssystemen  
für Architekturglas,  
Flachbildschirme,  
Solarzellen, LEDs;  
metallverarbeitende  
Industrie

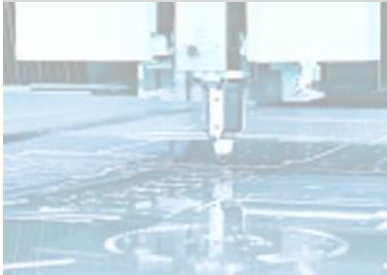


Krankenhäuser  
und Kliniken



# TRUMPF Geschäftsfeld Lasertechnik

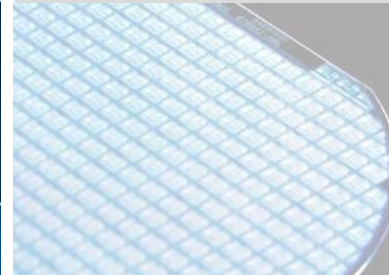
Werkzeugmaschinen/  
Elektrowerkzeuge



Lasertechnik



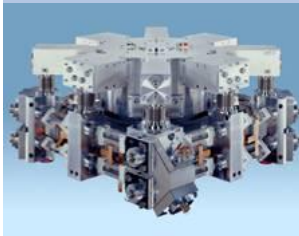
Elektronik



Medizintechnik



TRUMPF Laser- und  
Systemtechnik  
GmbH, Ditzingen



TRUMPF Laser  
GmbH + Co. KG,  
Schramberg



TRUMPF Laser  
Marking Systems AG,  
Grüsch, CH



TRUMPF Photonics,  
Princeton, USA



SPI Lasers,  
Southampton, UK





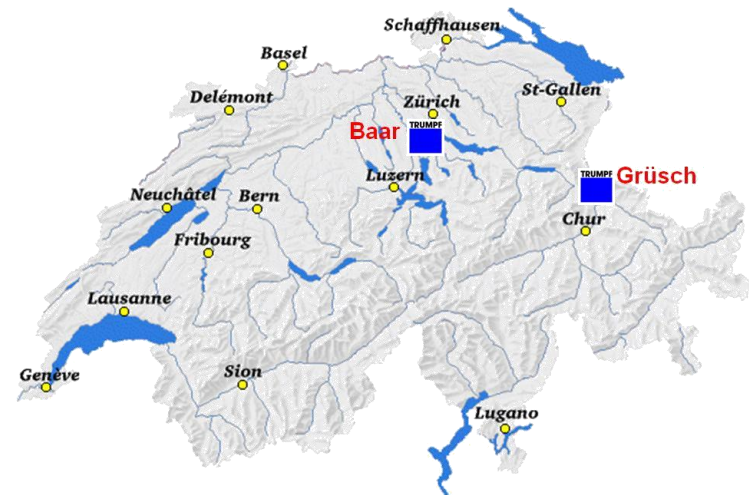
## TRUMPF Gruppe

- Familien-Unternehmen seit 1923
- 10'000 Mitarbeiter weltweit, davon 1'350 in F+E
- Umsatz: € 2,31 Mia.  
F+E Aufwendungen: € 193 Mio.



## TRUMPF Schweiz

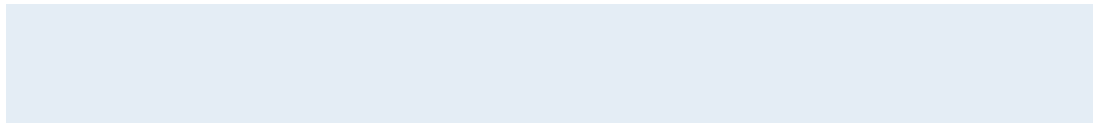
- Standorte CH: Baar und Grüşch
- 785 Mitarbeiter
- Umsatz CHF: 673 Mio.





# Themen

- Ultrakurze Pulse
- Markt
- Anwendungen Ultrakurzpulslaser
- Zusammenfassung



# Ultrakurze Pulse



## Zeitskalen: Wie kurz ist „ultrakurz“?

$$1 \text{ Sekunde (s)} = 10^0 \text{ s} = 1 \text{ s}$$

$$1 \text{ Millisekunde (ms)} = 10^{-3} \text{ s} = 0,001 \text{ s}$$

$$1 \text{ Mikrosekunde (}\mu\text{s)} = 10^{-6} \text{ s} = 0,000\,001 \text{ s}$$

$$1 \text{ Nanosekunde (ns)} = 10^{-9} \text{ s} = 0,000\,000\,001 \text{ s}$$

$$1 \text{ Pikosekunde (ps)} = 10^{-12} \text{ s} = 0,000\,000\,000\,001 \text{ s}$$

Lichtgeschwindigkeit: 300 tsd. Kilometer / Sekunde bzw. 0,3mm / ps

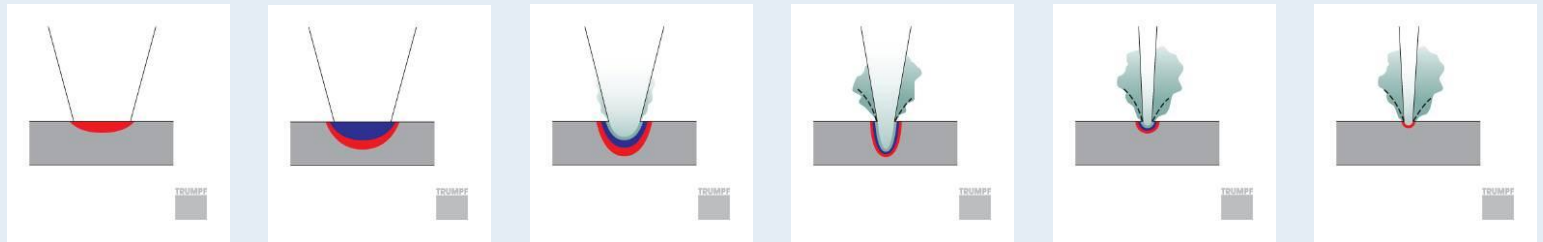
**TruMicro 5000 Pulse  $\approx$  2 mm**

$\approx$  Abstand Erde-Mond / 1 Sekunde





# “Kalte Bearbeitung”



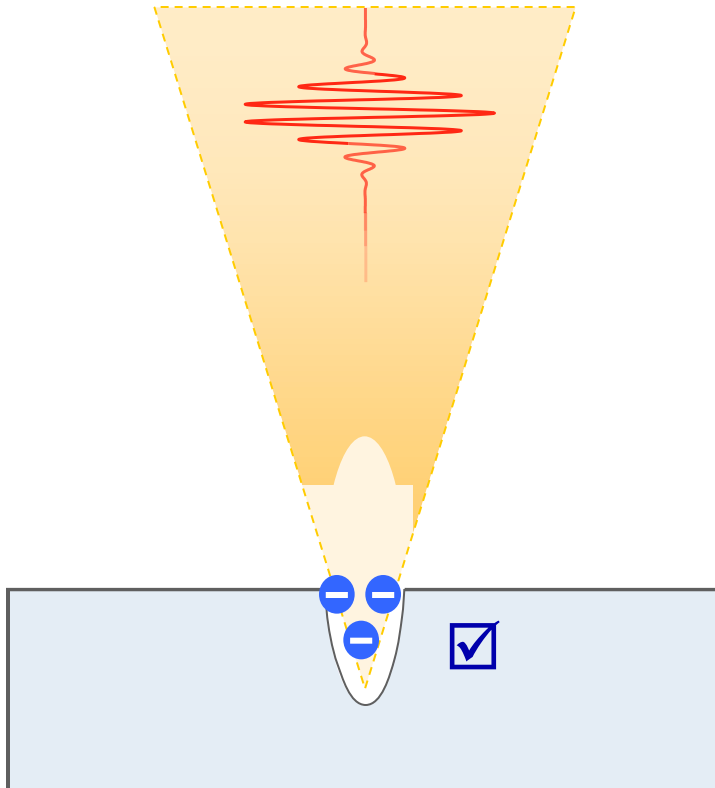
<b>Haupteffekt</b>	Erwärmen	Schmelzen	Schmelzen und Verdampfen	Verdampfen	Verdampfen und Ionisation	Sublimation und Dissoziation
<b>Leistungsdichte ab</b>	30 W/mm <sup>2</sup>	1 kW/mm <sup>2</sup>	10 kW/mm <sup>2</sup>	1 MW/mm <sup>2</sup>	10 MW/mm <sup>2</sup>	10 GW/mm <sup>2</sup>
<b>Pulsdauer</b>	s	ms	ns-ms	ns-ms	ns	ps
<b>Prozess-Beispiele</b>	Härten, Löten	Wärmeleitungs- Schweissen	Tiefschweissen Schneiden	Bohren	Ablation, Markieren	Strukturieren

Nanosekundenlaser: 80mJ / 30 ns → 3 MW Spitzenleistung

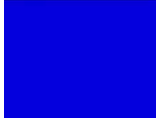
Pikosekundenlaser: 250µJ / 6 ps → 40 MW Spitzenleistung



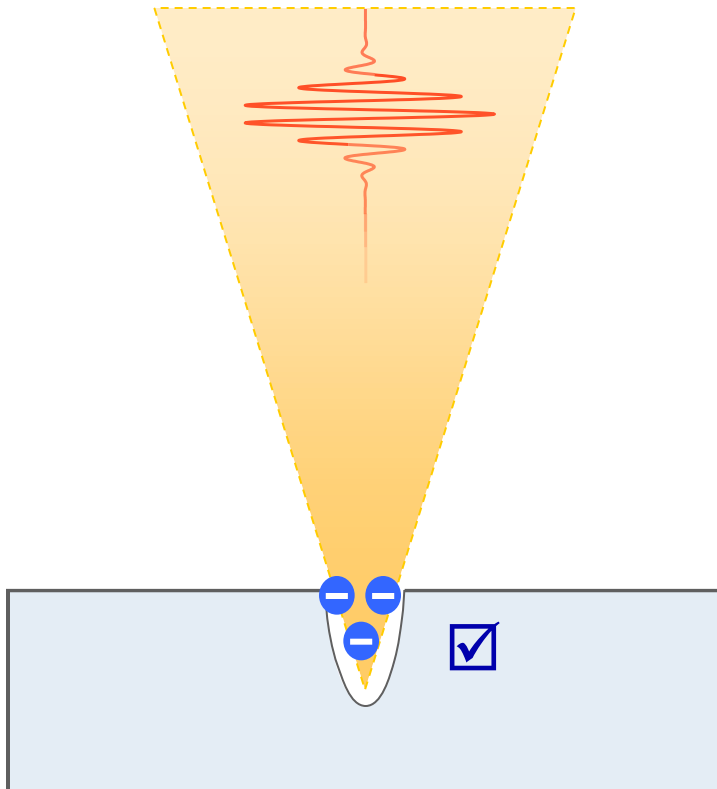
## Ultrakurze Pulse bearbeiten KALT!



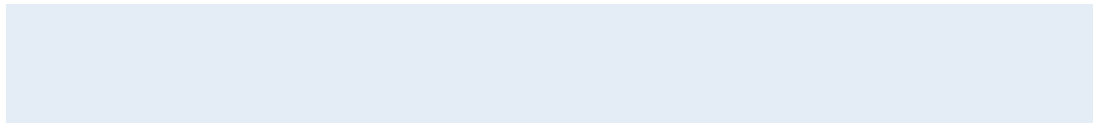
- Laserpuls trifft auf Werkstück
- Elektronen absorbieren die Energie
- Elektronen übertragen Energie an Atomrümpfe  $\Rightarrow$  *lokalisierte* Wärme
- Material sublimiert, bevor es die Umgebung aufheizen kann
- Minimale Wärmeeinflusszone



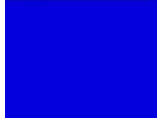
# Ultrakurze Pulse bearbeiten KALT!



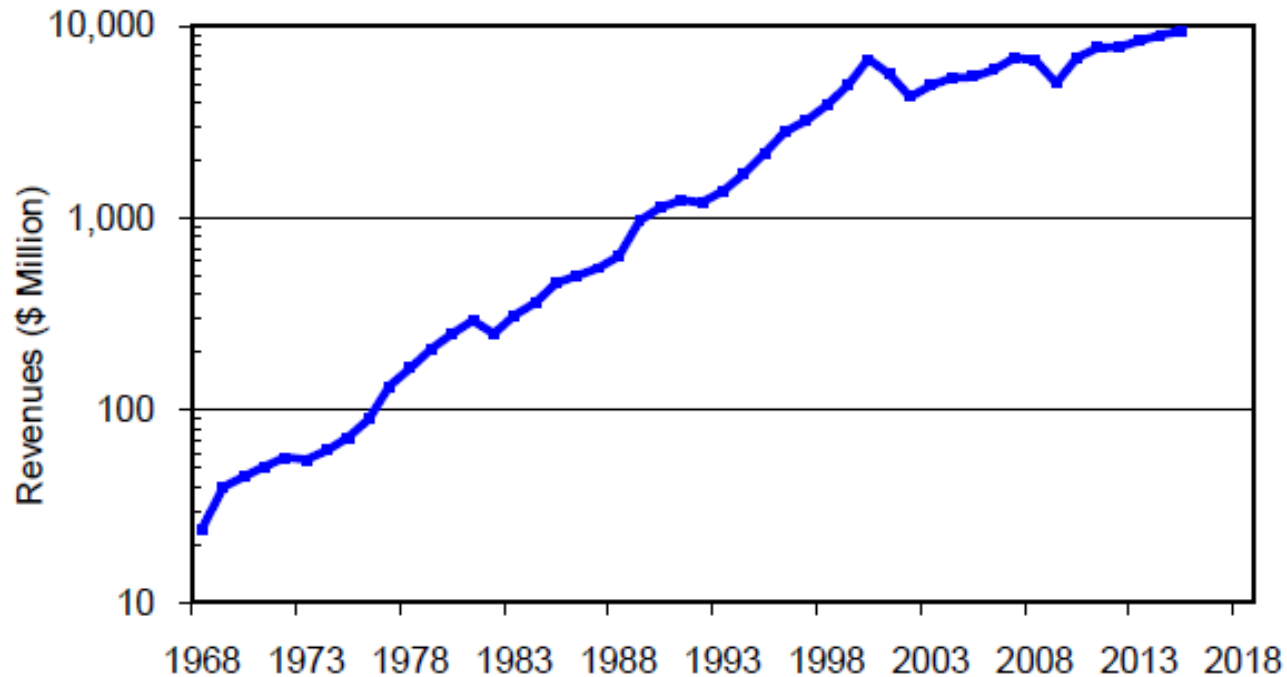
**TRUMPF**



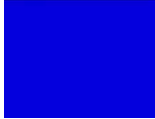
# Markt



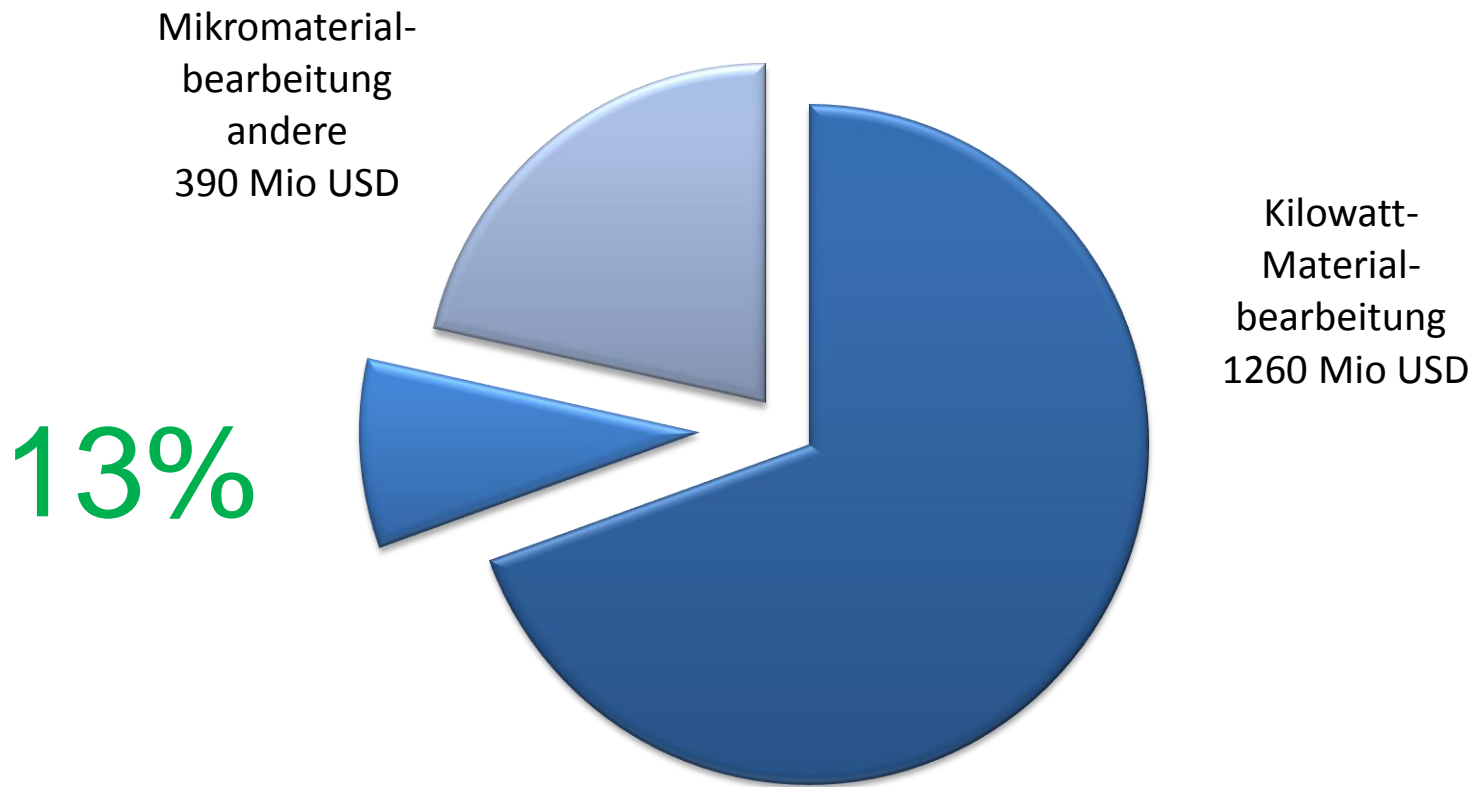
# Marktentwicklung Laser



Quelle: Strategies Unlimited: The worldwide Market for Lasers - 2012

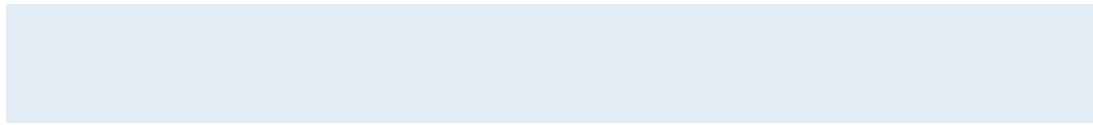


## Marktanteil UKP-Laser



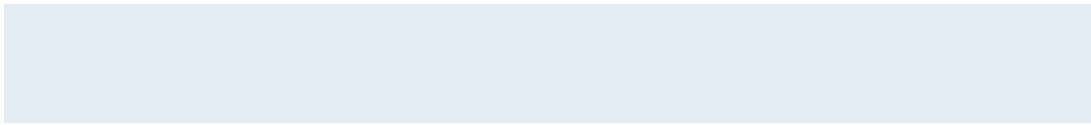
Quelle: Strategies Unlimited: The worldwide Market for Lasers – 2012; UKP-Markt: eigene Abschätzung

Wenn nichts mehr geht,  
geht UKPL

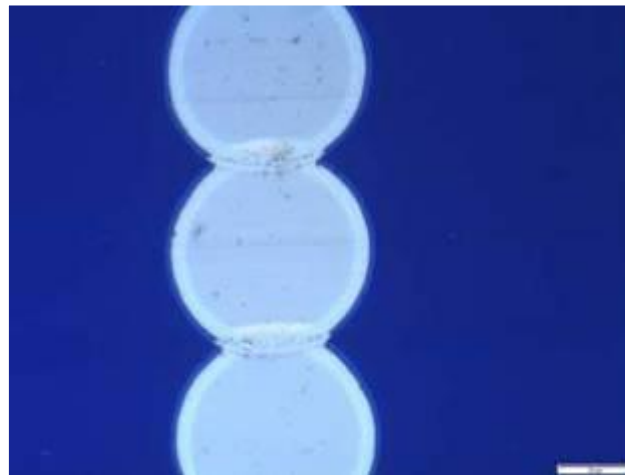
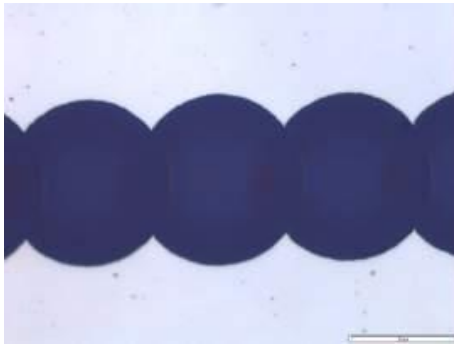


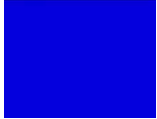
# Anwendungen



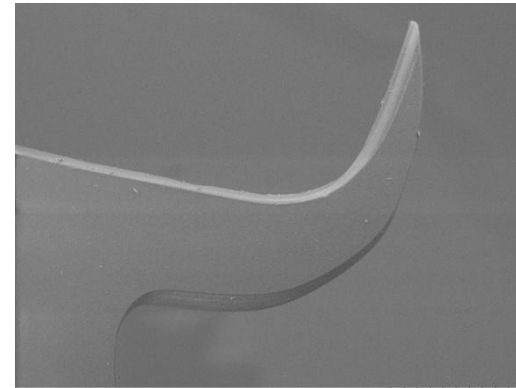
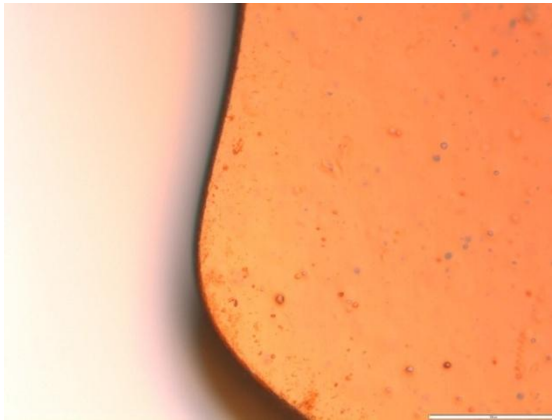


# Abtrag dünner Schichten

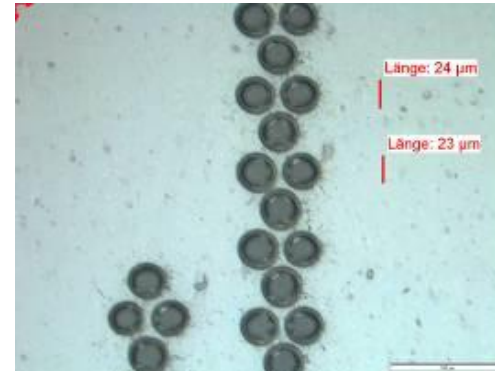
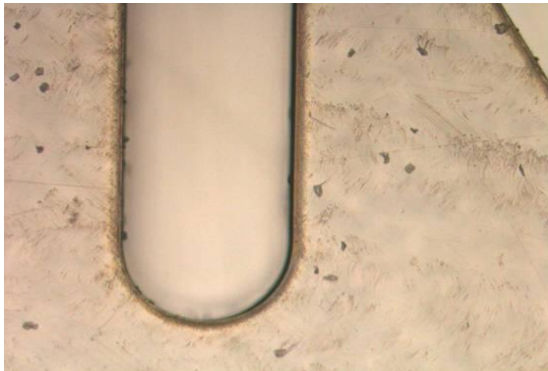




# Schneiden von Kunststofffolie (PI, PET, PC, PMMA...)

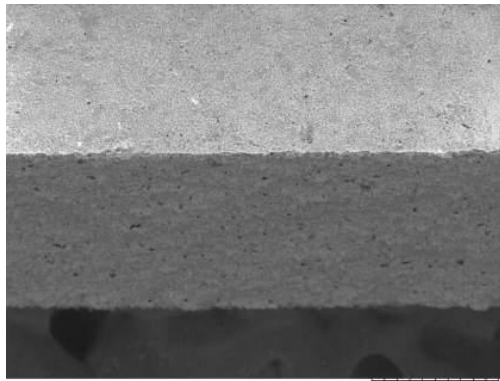


TRUMPF 2009/03/16 S x120 500 um

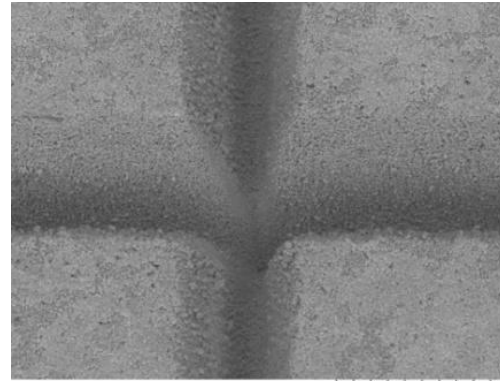




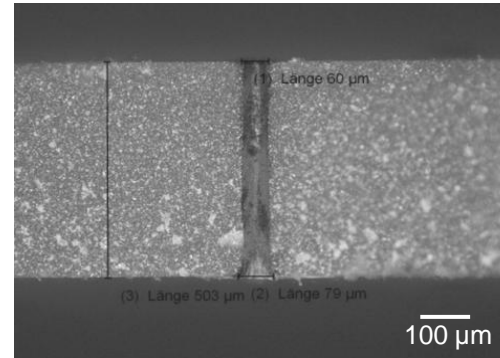
# Schneiden, Ritzen und Bohren von Keramik



TRUMPF 2009/03/06 x600 100 µm



TRUMPF 2009/03/06 x800 100 µm

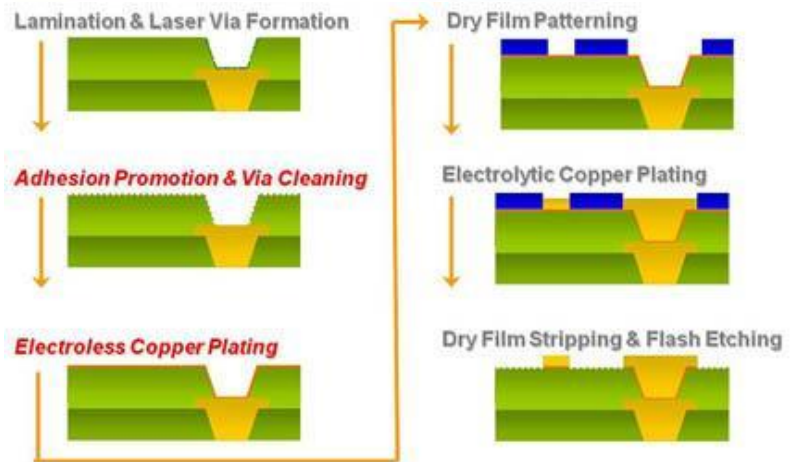
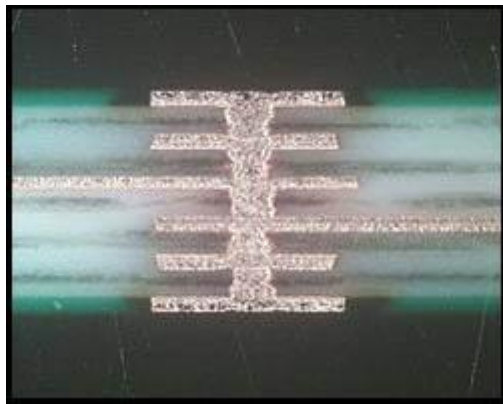




# High Density Interconnect Printed Circuit Board (HDI PCB)

Multilayer board, typisch 12 Lagen

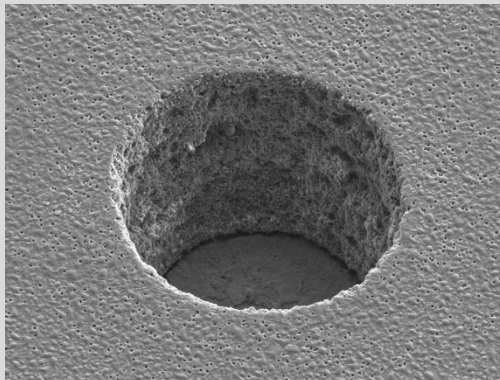
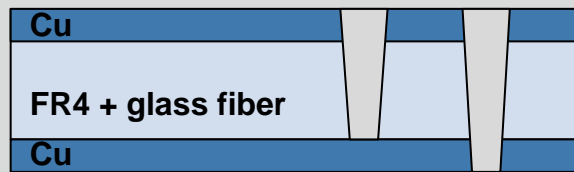
Standard: Kupfergefüllte Bohrungen



Source: The Dow Chemical company, 2010

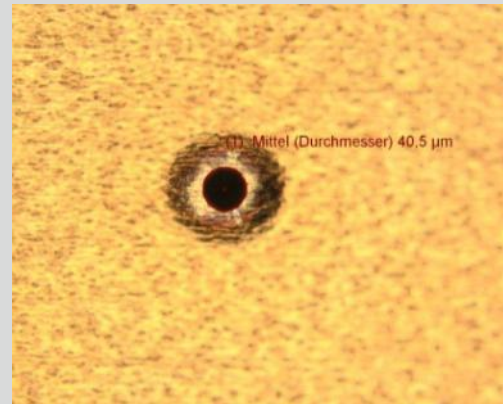


# Bohren von PCBs



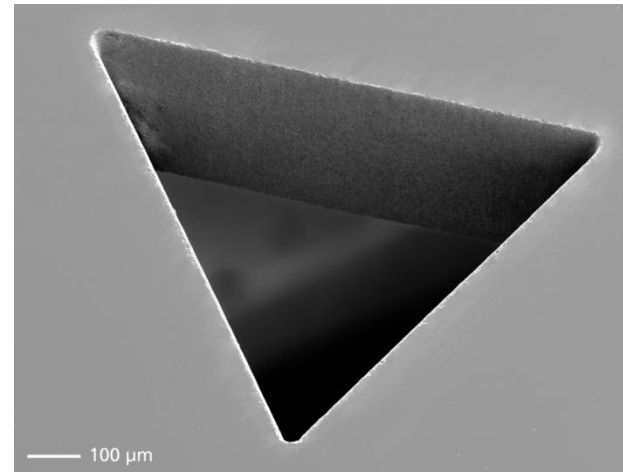
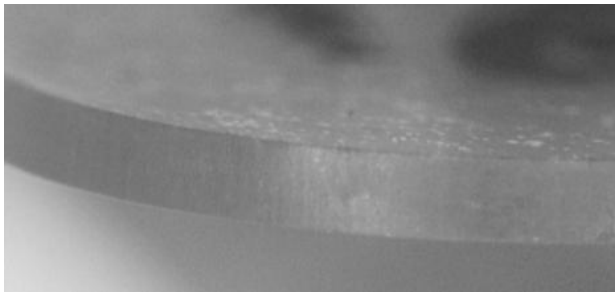
10 µm

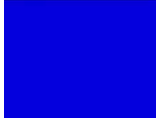
HSG-IMIT



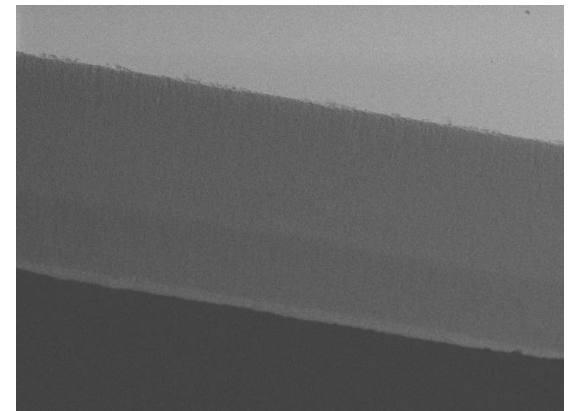
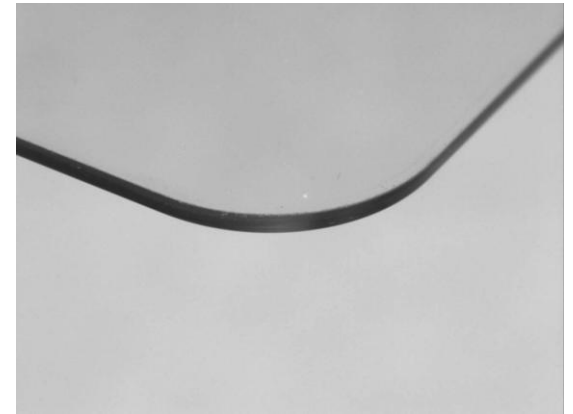
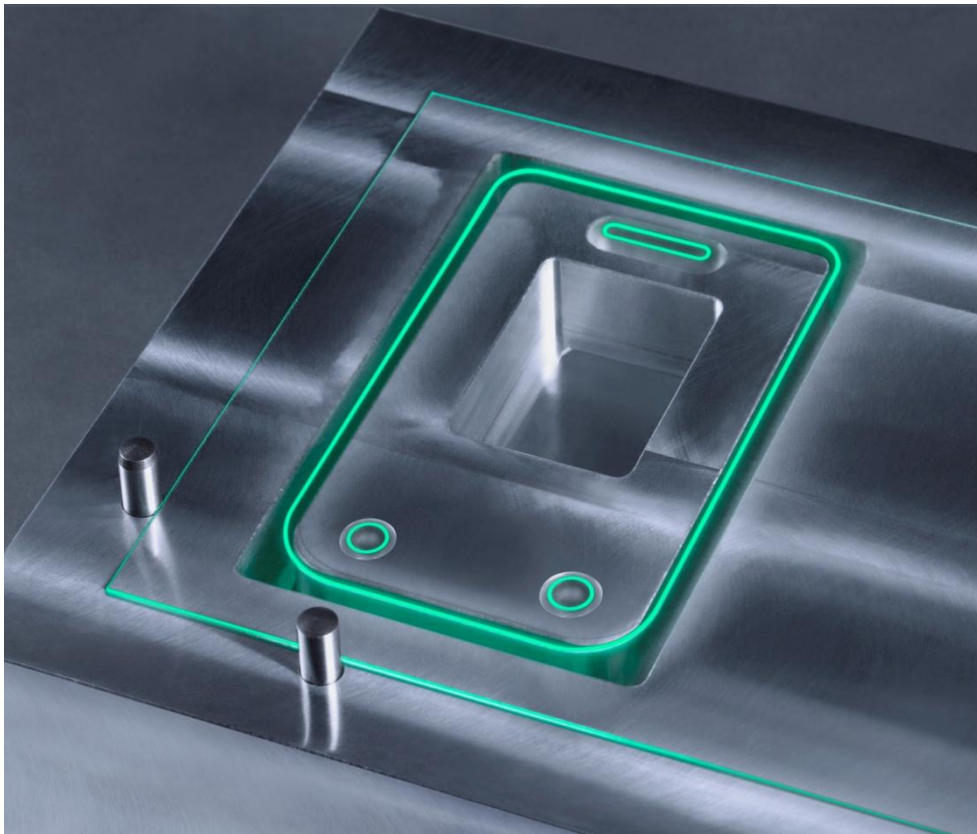


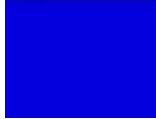
# Schneiden von Saphir



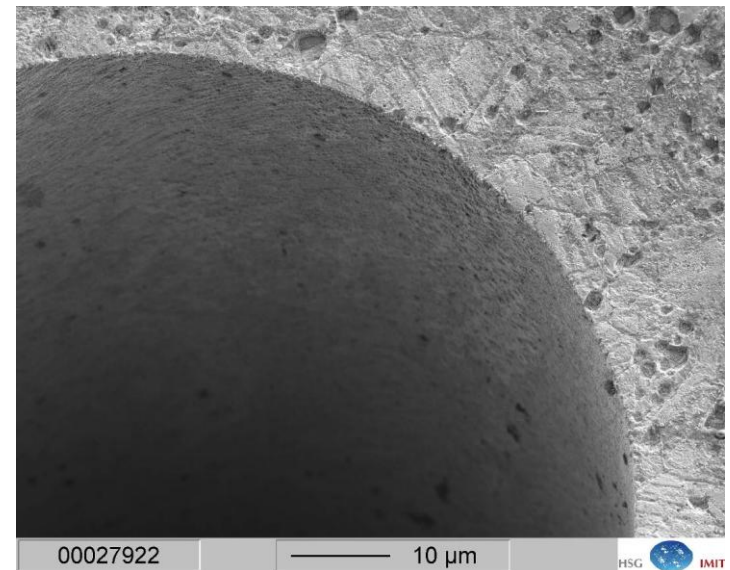
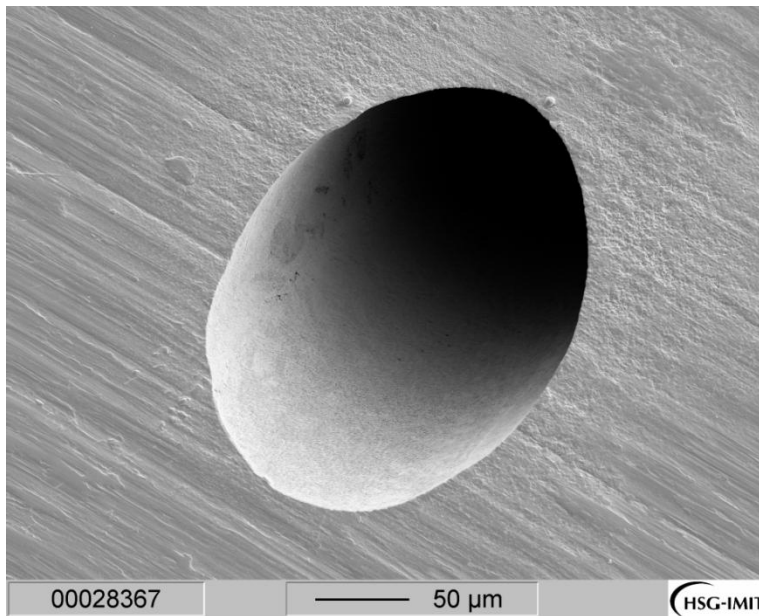


## Schneiden von dünnem Glas





# Bohren von Stahl

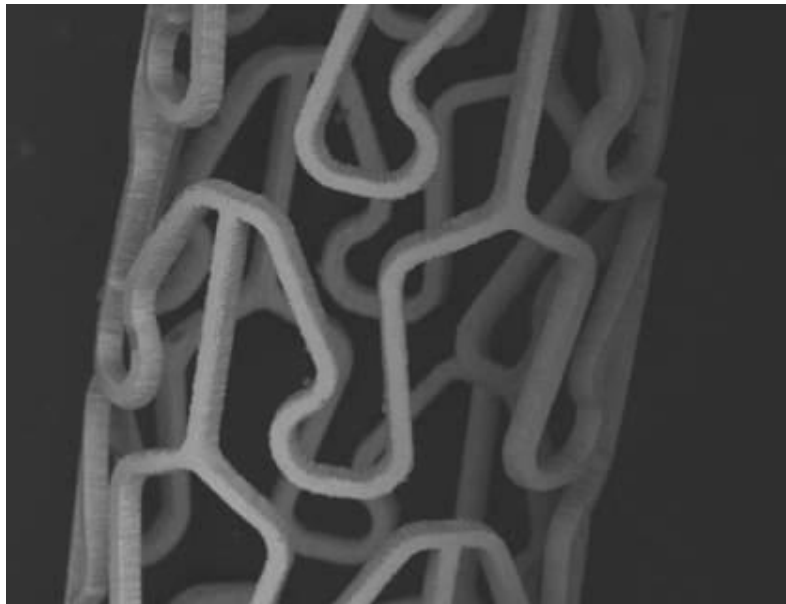




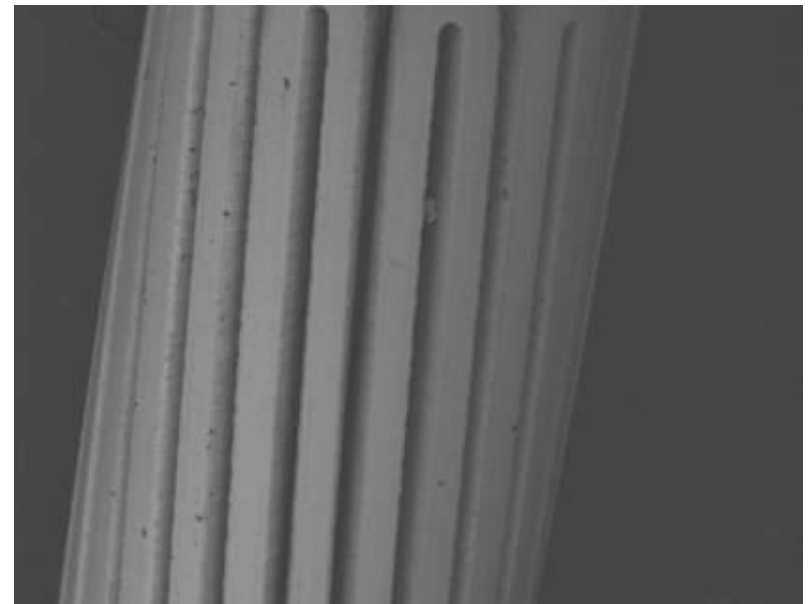


# Schneiden von Stents

## Nitinol



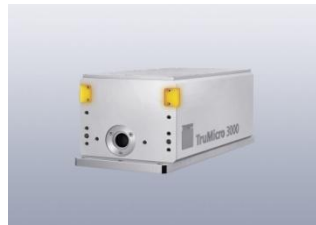
TRUMPF 2009/11/26 x100 1 mm



TRUMPF 2009/11/26 x100 1 mm



# TruMicro Laser Portfolio



TruMicro	2000	3000	5000	7000
<b>Pulslänge</b>	ps	ns	ps to fs	ns
<b>Max. mittlere Leistung</b>	IR: 10 W Grün: 6 W	IR: 12 W Grün: 8 W	IR: 150 W Grün: 100 W UV: 15 W	IR: 850 W Grün: 300 W
<b>Max. Pulsenergie</b>	IR: 10 $\mu$ J Grün: 6 $\mu$ J	IR/Grün: 300 $\mu$ J	IR: 250 $\mu$ J Grün: 125 $\mu$ J UV: 37.5 $\mu$ J	IR: 80 mJ Grün: 7.5 mJ
<b>Strahlführung</b>	offen	offen	offen	fasergeführt
<b>Typische Anwendung</b>	Folienschneiden, Schwarzmarkieren Ablation	Solarzellen Strukturieren (P1-3)	Präzisions-Bohren, Schneiden und Ablation	Hochgeschwindigkeitsablation, Schneiden und Bohren



## Zusammenfassung

- Ultrakurze Pulse sind der Schlüssel zur Kaltbearbeitung  
→ keine Wärmeeinfluss-Zone mit ps Pulse
- Hohe Qualität der Resultate: keine Kratzer oder Gräte  
→ Nacharbeit wird vermieden
- Verarbeitung einer Vielfalt von Materialien  
→ hohe Flexibilität  
→ ein Werkzeug
- Installation von Hunderten TruMicro's  
in technischem Produktionsumfeld (24/7)
- TRUMPF hat ein weltweites Anwendungs  
Lab Netzwerk für Mikroapplikationstests  
→ nächstes Lab in Baar sowie  
in Kooperation mit dem CSEM Alpnach

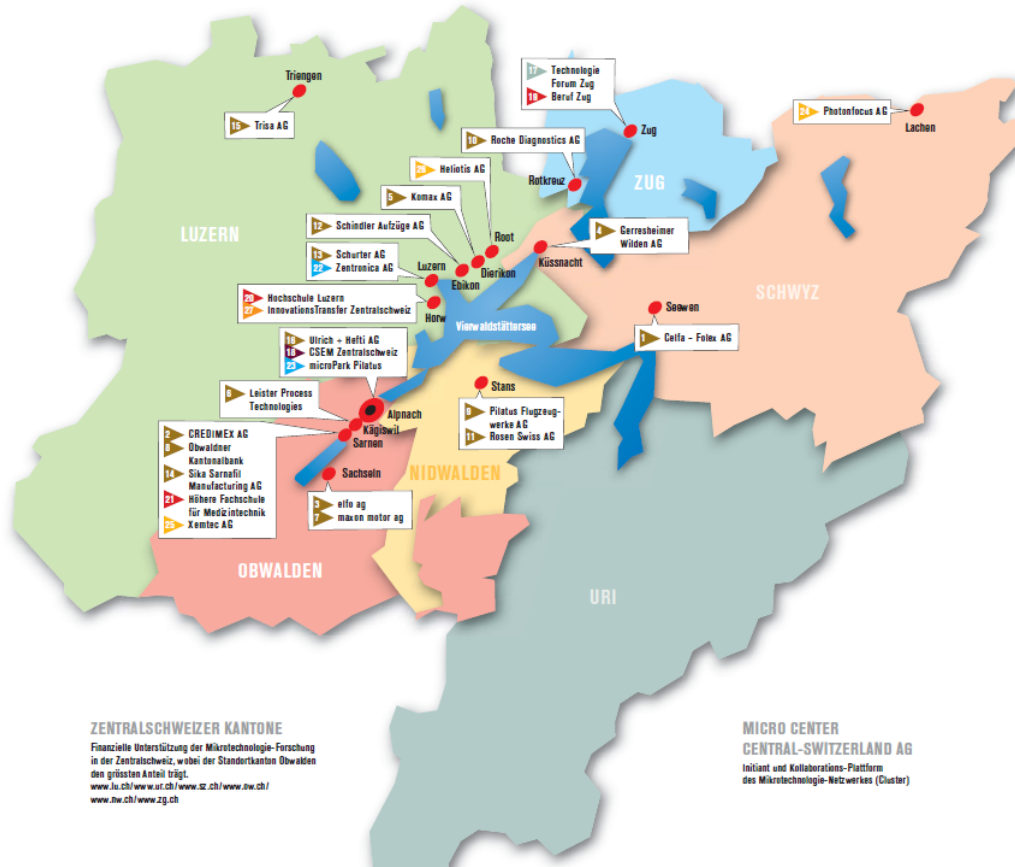




**AKTIONÄRE**

- ▶ **CSEM SA, Weuchätel**  
Forschungs- und Entwicklungszentrum mit Fokussierung auf Mikro- und Nanotechnologie, Mikroelektronik, System Engineering und Kommunikationstechnologien.  
[www.csem.ch](http://www.csem.ch)
- ▶ **Defix - Felix AG, Sorenen**  
Spezialfilen und Papiere für den Einsatz in aktuellen Druck- und Kopierertechnologien. Lichtstabile Filme für die Herstellung von Leiterplatten in der Elektronikindustrie. [www.defix.ch](http://www.defix.ch)
- ▶ **CREDIMEX AG, Sorenen**  
Kompetenter Partner im Bereich der Tribologie, industrieller Kleb- und Dichttechnik, sowie Bewegungstechnik mit der Schwerpunkten Robotik- und Vision-Technologie. [www.credimex.ch](http://www.credimex.ch)
- ▶ **elfa ag, Sachseln**  
Entwicklung, Industrialisierung und Produktion von Kunststoff-Komponenten und -Produkten, auch in Kombination mit Metall- und anderen Einlegeteilen. [www.elfa.ch](http://www.elfa.ch)
- ▶ **Gerrshheimer Wilden AG, Küssnacht a.R.**  
Hochwertige Kunststoffprodukte in Spritzgießverfahren. [www.wilden.ch](http://www.wilden.ch)
- ▶ **Kemax AG, Dierikon**  
Kabelverarbeitungsanlagen für die Automobilindustrie, Montagemaßnahmen für Medizintechnik und Photovoltaik. [www.kemax.ch](http://www.kemax.ch)
- ▶ **Leister Process Technologies, Kägüwil**  
Schweißgeräte und Heißluftanlagen. Lasersysteme zum Schweißen von Kunststoffen. Mikroskopie und silberbasierte Sensoren. [www.leister.com](http://www.leister.com)
- ▶ **maxon motor ag, Sachseln**  
Hochpräzise Antriebe und Systeme auf Basis der maxon DC und EC-Motoren. Hochwertige Mikroantriebe für die Medizintechnik. [www.maxonmotor.ch](http://www.maxonmotor.ch)
- ▶ **Obwaldner Kantonalbank, Sorenen**  
Dienstleistungen und maßgeschneiderte Lösungen in allen Finanzfragen, speziell für lokale Unternehmen und Privatpersonen ausgerichtet. [www.obk.ch](http://www.obk.ch)
- ▶ **Pilatus Flugzeugwerke AG, Stans**  
Entwicklung, Bau und Wartung von Turboprop-Flugzeugen und Trainingsystemen. [www.pilatus-aircraft.com](http://www.pilatus-aircraft.com)
- ▶ **Reche Diagnostics AG, Rotkreuz**  
Produkte und Dienstleistungen im Bereich der Prävention, Diagnose sowie Therapie von Krankheiten. [www.reche-diagnostics.ch](http://www.reche-diagnostics.ch)
- ▶ **Rosen Swiss AG, Stans**  
Instrumente zur Inspektion von Öl- und Gasrohrleitungssystemen sowie ebenerdiger Sammelbehälter. [www.roseninspection.net](http://www.roseninspection.net)
- ▶ **Schindler Aufzüge AG, Ebikon**  
Entwicklung, Herstellung und Wartung mechanischer Systeme in der Aufzugstechnik. [www.schindler.ch](http://www.schindler.ch)
- ▶ **Schurter AG, Luzern**  
Komponenten und Systeme zur Gewährleistung einer sicheren Stromzuführung und zur einfachen Bedienung von elektrischen Geräten. [www.schurter.ch](http://www.schurter.ch)
- ▶ **Sika Sarnafil Manufacturing AG, Sorenen**  
Kunststoff-Abdichtungssysteme für den modernen Hoch- und Tiefbau. [www.sarnafil.ch](http://www.sarnafil.ch)
- ▶ **Trisa AG, Triengen**  
Wissenschaftlich entwickelte Produkte für die Mundhygiene, Haarpflege und Hautpflege. [www.trisa.ch](http://www.trisa.ch)
- ▶ **Ulrich - Hefli AG, Alpnach**

## Mikrotechnologie-Netzwerk Zentralschweiz



**INDUSTRIE-NETZWERK**

- ▶ **Technologie Forum Zug, Zug**  
Vernetzung und Förderung des vorhandenen Know-how für technologieorientierte und innovative Unternehmen im Kanton Zug und Umgebung. [www.technologieforumzug.ch](http://www.technologieforumzug.ch)

**FORSCHUNG UND ENTWICKLUNG**

- ▶ **CSEM Zentralschweiz, Alpnach**  
Angewandte Forschung und Technologieentwicklung in den Bereichen Microassembly & Robotics, Microfluidics & Micro-handling, Sensors & Systems, Optics & Packaging. [www.csem.ch](http://www.csem.ch)

**AUS- UND WEITERBILDUNG**

- ▶ **Ausbildungszentrum Beruf Zug, Zug**  
Anbieter praxisorientierter Ausbildungen für Lernende aus verschiedenen Firmen in der Region Zug und Nordschweiz. [www.beruf-zug.ch](http://www.beruf-zug.ch)
- ▶ **Hochschule Luzern, Herw, Luzern, Zug**  
Aus- und Weiterbildung im Rahmen von Bachelor- und Masterstudiengängen sowie Nachdiplomstudien. [www.hslu.ch](http://www.hslu.ch)
- ▶ **Höhere Fachschule für Medizintechnik, Sorenen**  
Berufsbegleitende Ausbildung in den Fachbereichen Medizintechnik und Mikro-Nanotechnik auf Stufe HF. [www.medizintechnik-hf.ch/www.mikrotechnik-hf.ch](http://www.medizintechnik-hf.ch/www.mikrotechnik-hf.ch)

**START-UP-UNTERSTÜTZUNG**

- ▶ **Zentronica AG, Luzern**  
Unterstützung bei Gründung, Finanzierung, Aufbau und nachhaltiger Entwicklung von High-tech-Start-up-Firmen in der Zentralschweiz. [www.zentronica.ch](http://www.zentronica.ch)
- ▶ **microPark Pilatus, Alpnach**  
Business-Park für technologieorientierte Jungunternehmer mit Infrastruktur und Dienstleistungen für einen erfolgreichen Start in die unternehmerische Selbständigkeit. [www.microparkpilatus.ch](http://www.microparkpilatus.ch)

**START-UP-FIRMEN**

- ▶ **Photonfocus AG, Lachen**  
CMOS-Sichtsensoren, Hochauflösungskameras und Zubehör für Fertigungs- und Überwachungstechnik. [www.photonfocus.ch](http://www.photonfocus.ch)
- ▶ **Xentec AG, Sorenen**  
Geräte zur optischen Erkennung von Lehten, Buchstaben und Zeichen in miniaturisierten Systemen und Instrumenten. [www.xentec.ch](http://www.xentec.ch)
- ▶ **Helvetia AG, Root**  
Messsysteme zur Einzelzerfassung von 3D-Bildern. [www.helvetia.ch](http://www.helvetia.ch)

**WISSENS-/TECHNOLOGIETRANSFER**

- ▶ **InnovationsTransfer Zentralschweiz, Herw**

Wenn nichts mehr geht,  
geht (meistens) UKPL