

## Workshop Faserlaser

---

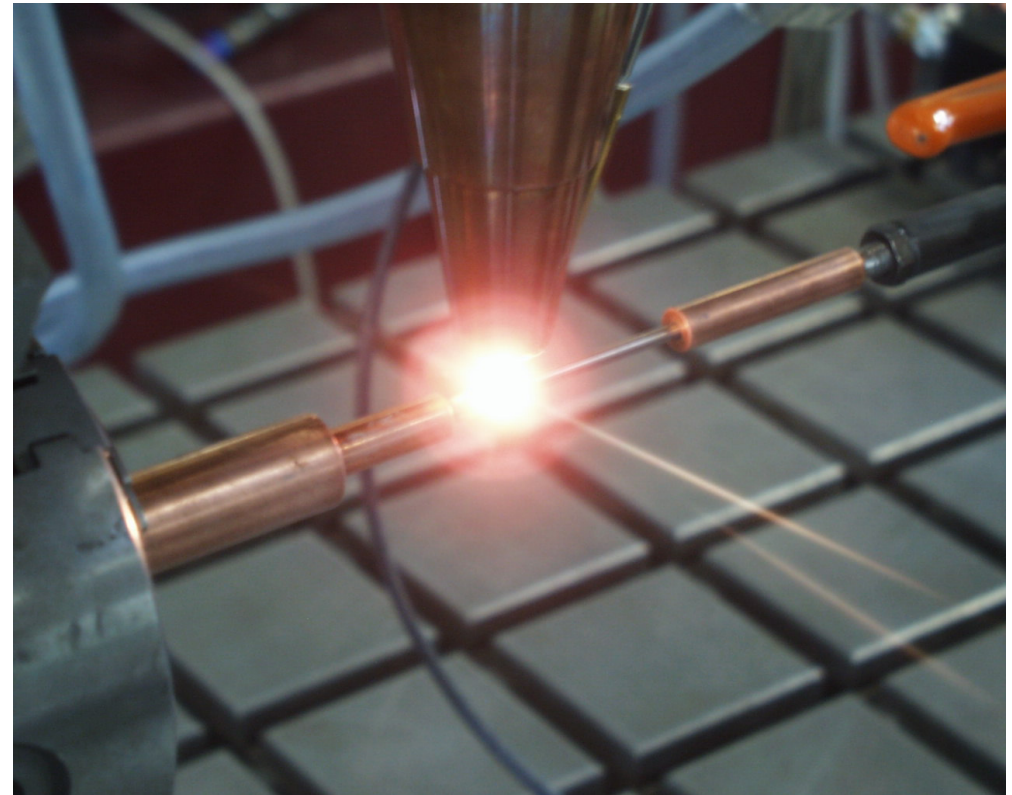
# *Auftragschweissen mit dem Faserlaser*

Dr.-Ing. Thomas Peters

**Sulzer Innotec**

**Laser Surface Engineering**

- Sulzer Innotec
- Warum ein Faserlaser?
- Konzeption einer multifunktionalen Laserschweissanlage
- Beispiele für das Laserauftragsschweissen



# Sulzer – Produkte und Dienstleistungen

**Sulzer Pumps**

Pumpen und zugehörige  
Dienstleistungen

**Sulzer Metco**

Oberflächentechnologien  
und -dienstleistungen

- 1834 in Winterthur, Schweiz, gegründet
- heute mit ca 11.000 Mitarbeitern global an rund 120 Standorten tätig
- Kerntechnologien sind **Materialtechnologie** und **Strömungstechnik**

**Sulzer Chemtech**

Komponenten und Services  
für Trennkolumnen und statisches  
Mischen

**Sulzer Turbo Services**

Services und Reparaturen für  
thermische Turbomaschinen

**Sulzer Innotec**

Auftragsforschung und  
technische Dienstleistungen

## Laser bei Innotec

- Kompetenz-Zentrum für Laserschweißen bei Sulzer ab 1988: Entwicklung von
  - Anlagenkomponenten(Pulverdüsen, ...)
  - Geschäftsmodellen (Ventilpanzerung, ...)
  - Schweißprozessen (Einkristallschweißen, ...)
- Langjährige Erfahrung mit einer Vielzahl von Materialkombinationen
- Heute betätigt sich die Gruppe Laser Surface Engineering LSE als Laser-Servicedienstleister in verschiedensten Märkten – von der Medizinaltechnik über den Formenbau bis zu Gasturbinenkomponenten



# Dienstleistungen und Anlagen

- Laserschweißen
  - Laserbeschichten
  - Laserauftragschweißen
- } ■ Laser-Pulver-  
Auftragschweißen



2 kW CO2-Laser



150 W Nd:YAG-Laser

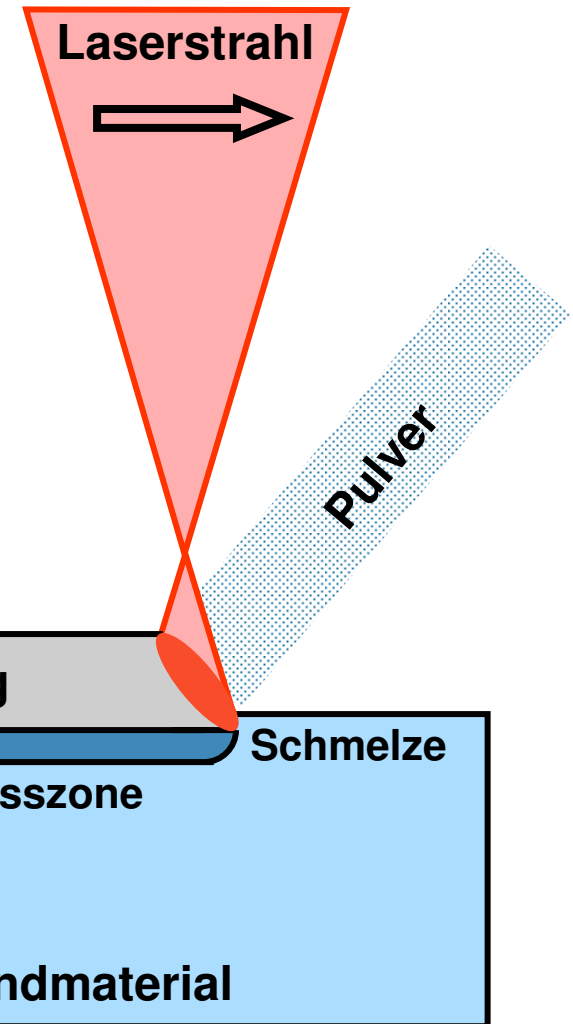


1.5 kW Faser-Laser



# Pulverauftragschweissen – Wie das geht

- Laserstrahl mit definierten Strahldurchmesser auf dem Werkstück fokussiert
- pulverförmiger Auftragwerkstoff wird in inerten Trägergas transportiert und über Pulverdüse in Schmelzpunkt eingeblasen
- Relativbewegung zwischen Laser- und Pulverstrahl einerseits sowie Bauteil andererseits ergibt den Schweissauftrag



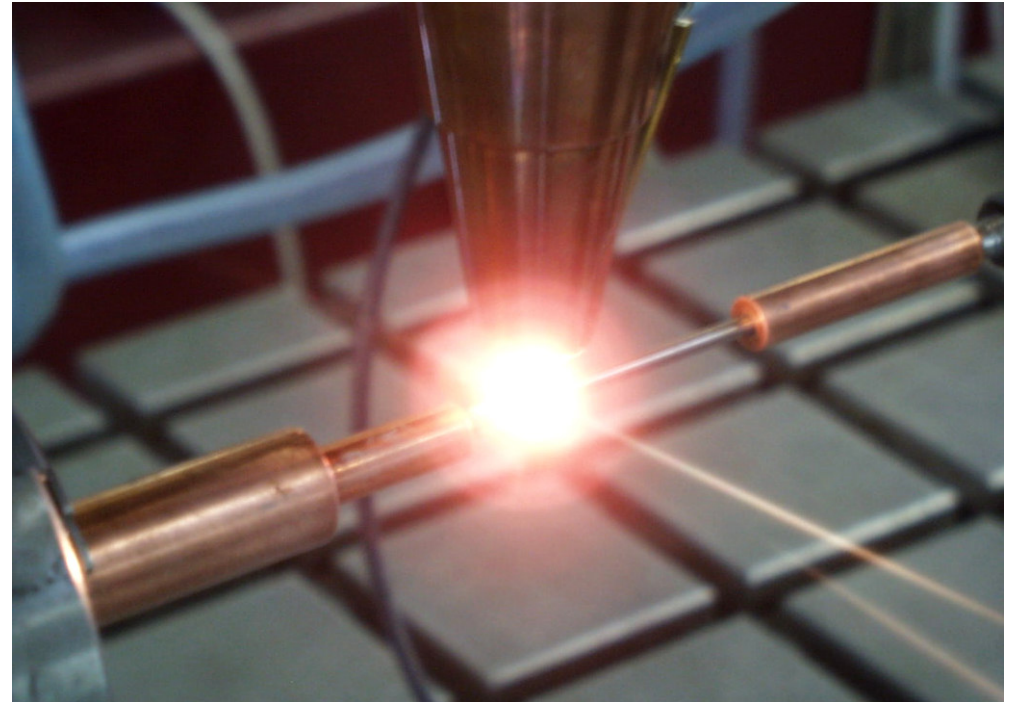
# Warum Laserschweissen?

## Laserschweissen bedeutet

- Hohe Leistungsdichte durch einen kleinen Strahlfokus
- Lokal begrenzter Wärmeinput, geringe Bauteilerwärmung

Das bedeutet

- **Wenig bis keinen Verzug**  
Wichtig für hochpräzise Bauteile wie Formwerkzeuge oder Blechkonstruktionen
- **Geringe thermische Beeinträchtigung von temperatur-empfindlichen Werkstoffen**  
z.B. hochwarmfeste Nickelbasislegierungen in Industriegasturbinen



## Laser-Pflichtenheft

# *gesucht:* die „**eierlegende Wollmilchsau**“

- Sehr gute Strahlqualität (Fokussierung), damit gleichermassen für fügendes Schweissen und Auftragschweissen geeignet
- Glasfasergekoppelte Strahlführung für hohe Prozess-Stabilität
- Weiter Leistungsregelbereich von 50 W bis 1.5 kW (später 3 kW)
- Möglichst klein und kompakt für mobilen Einsatz
- Hoher elektrischer Wirkungsgrad für Steckdosenbetrieb
- Geringer Wartungsaufwand
- Niedrige Investitionskosten



Quelle:  
[www.eierlegendewollmilchsau.com](http://www.eierlegendewollmilchsau.com)

# Vergleich der Wellenlängen

Lasertyp	CO <sub>2</sub>		Dioden, Nd:YAG, Faser	
Wellenlänge	<b>10600 nm</b> mittleres Infrarot		<b>~1065 nm</b> nahes Infrarot	
Strahlführung	Kupferspiegelsystem (CO <sub>2</sub> schneidet Glas)	-	Glasfaser	+
Absorbtion beim Auftragschweissen	~ <b>30%</b> starke Reflektionen ⇒ höhere Leistung notwendig	-	~ <b>60%</b> geringe Reflektionen ⇒ niedrigere Leistung notwendig	+
Gefährdung des Auges	Absorbtion in der Hornhaut	O	Passiert Hornhaut und wird auf der Netzhaut fokussiert !	-



# Auswahl der Strahlquelle nach Pflichtenheft

Lasertyp	Faser	Diode	Nd:YAG	CO <sub>2</sub>
hohe Strahlqualität	+	-	0	+
Fasergekoppelter Laserstrahl	+	+	+	-
weiter Leistungsregelbereich	+	+	- 0	-
Bauvolumen, mobiler Einsatz möglich	+	+	0	-
elektr. Wirkungsgrad	+	+	- 0	0
geringer Wartungsaufwand	+	+	-	0



1.5 kW Faserlaser

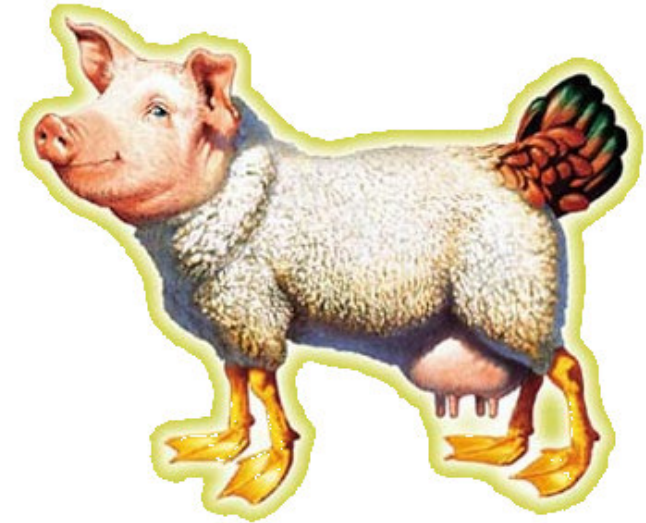
**Aber:** Neue Technologie! Trotz exzellenter Referenzen aus der akademischen Welt bislang wenig Erfahrung aus dem industriellen Einsatz verfügbar.

## Anlagen-Pflichtenheft

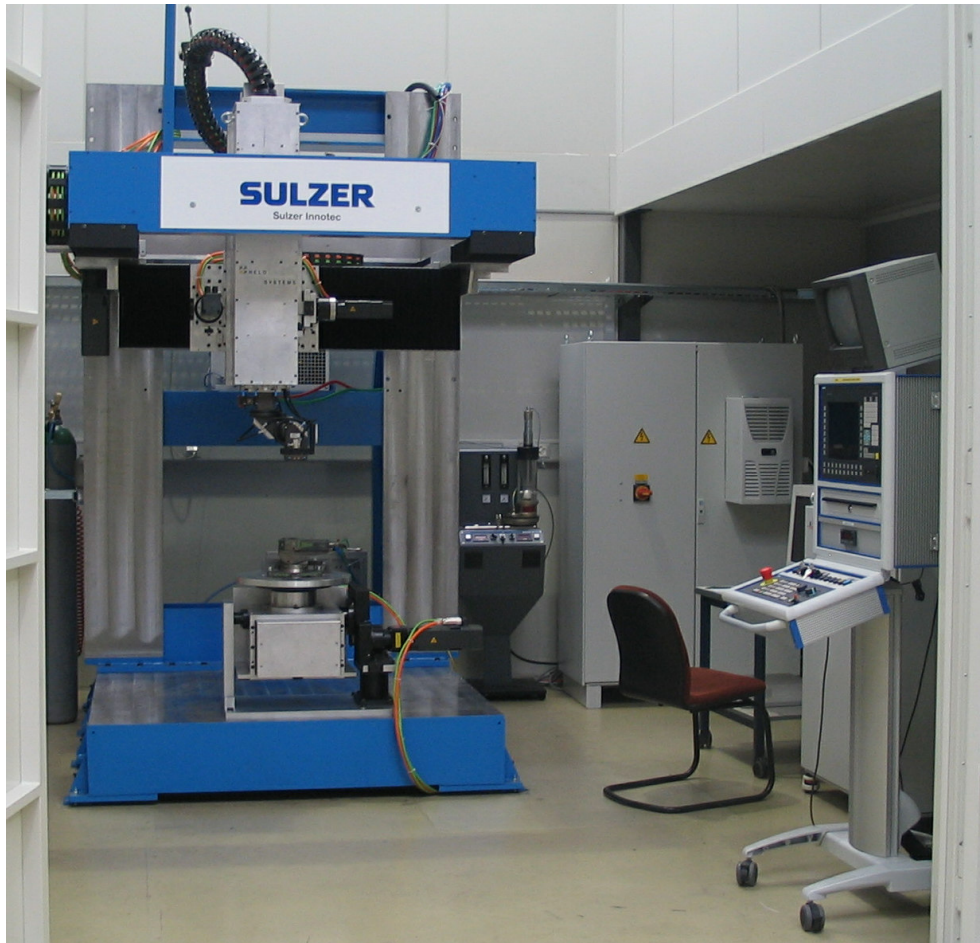
---

### **gesucht: die „Legeschermelkwurstmaschine“**

- Mindestens 5 Achsen für optimale Strahl-  
ausrichtung im Raum und auf das Werkstück
- Modulares Anlagenkonzept für stationären und  
mobilen Einsatz
- Alle Anschlüsse und Steuerleitungen steckbar
- CNC-Steuerung Industriestandard
  - 5-Achsentransformation für simultane  
Achsbewegung in der Schweissbearbeitung
  - Ansteuerung aller relevanten Laserparameter, Schutzgas-  
einstellungen, Peripheriegeräte
  - Netzwerkanbindung, Tele-Wartung



# Faserlaser-Anlage im stationären Betrieb



Faser-Laseranlage



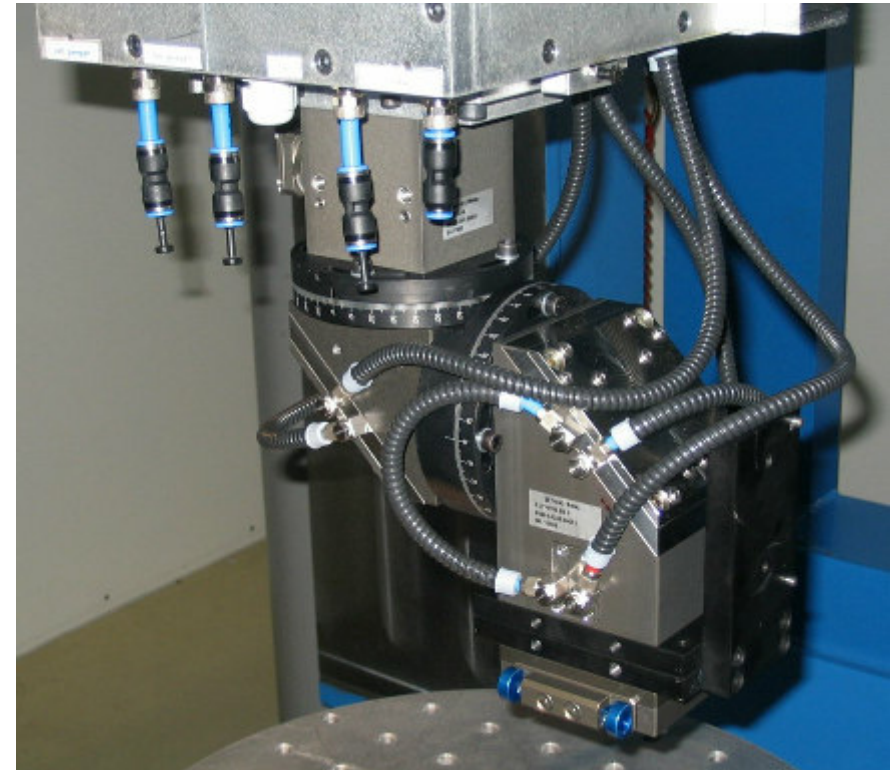
1.5 kW Faser-Laser mit Kühler  
und CNC-Bedienpult



# Faserlaser-Anlage im stationären Betrieb



Dreh-/Schwenktisch und Pulverförderer

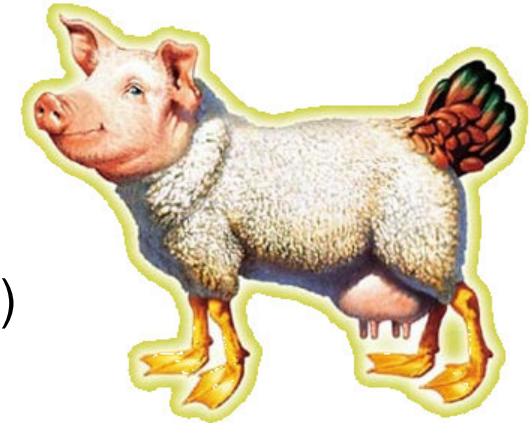


Laserkopf mit 2 manuellen Achsen,  
Kühlwasseranschlüsse, Prozessgas-  
anschlüsse



# Lasersicherheit

## *gesucht:* der passende Stall !



- Die eingesetzten Hochleistungs-Laser sind **Klasse IV**-Geräte!
- Der Gesetzgeber (und der gesunde Menschenverstand) fordern **Klasse I** ausserhalb der Anlage!



- Vollständige Einhausung notwendig
- Technische Absicherung des Verschluss-Betriebs (Türkontakt mit Quittierung)
- Schutzbrillen-Obligatorium innerhalb der Einhausung!

**Das gilt auch für den mobilen Einsatz!**



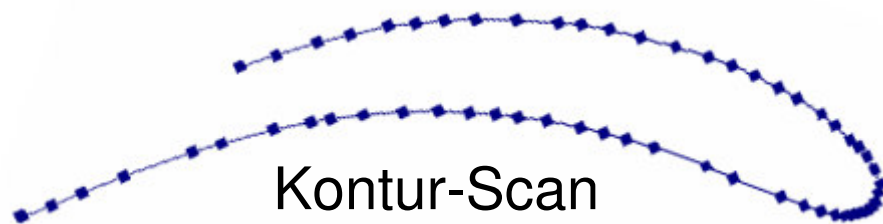
- Auch wichtig: Für die Maschine ist eine Konformitätserklärung vorhanden, die auf die EU „Maschinenrichtlinie“ Bezug nimmt



Faser-Laseranlage stationär in ihrer Sicherheits-Einhausung

# Auftragschweissen – Beispiele

## IGT: Wohl bekannt – Aufbau der Schaufelkrone



Schweissprozess



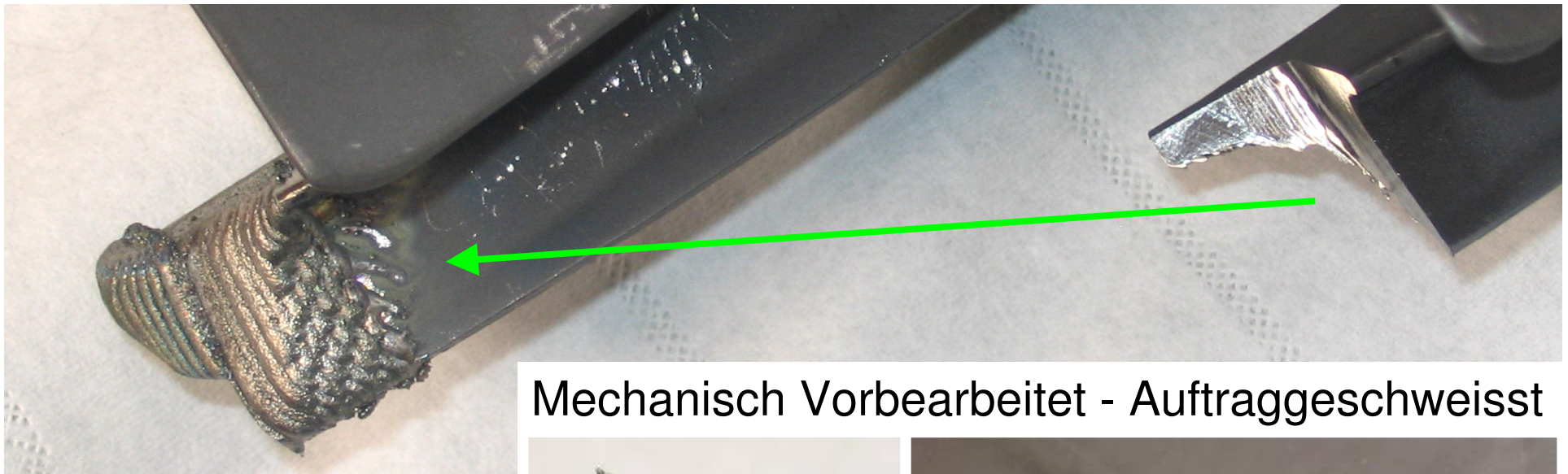
Schweissaufbau 6 mm



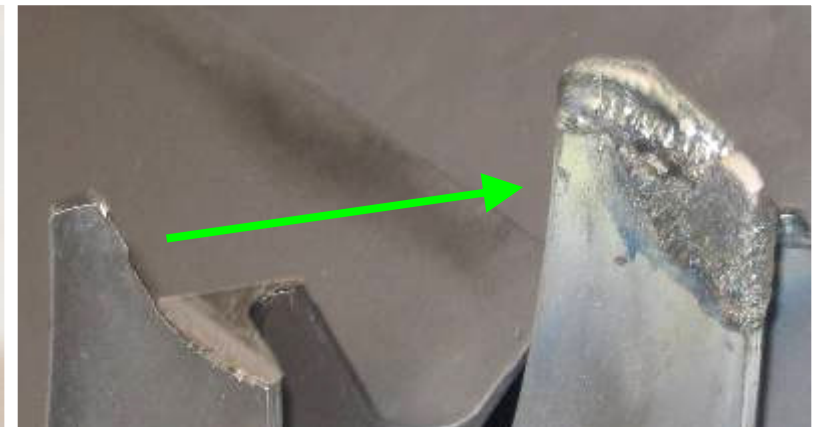
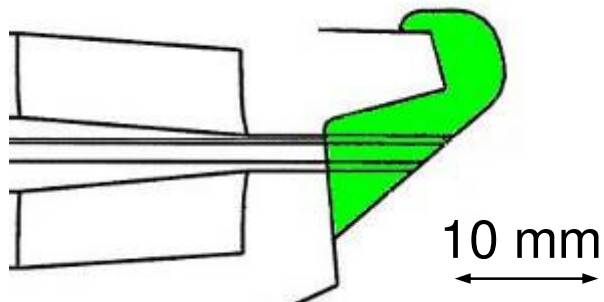
# Auftragschweissen – Beispiele

## IGT: Etwas besonderes – Deckband-Modifikation

Änderung des Kontaktflächenwinkels an Schaufeln mit Deckband



Mechanisch Vorbearbeitet - Auftraggeschweisst







**SULZER**

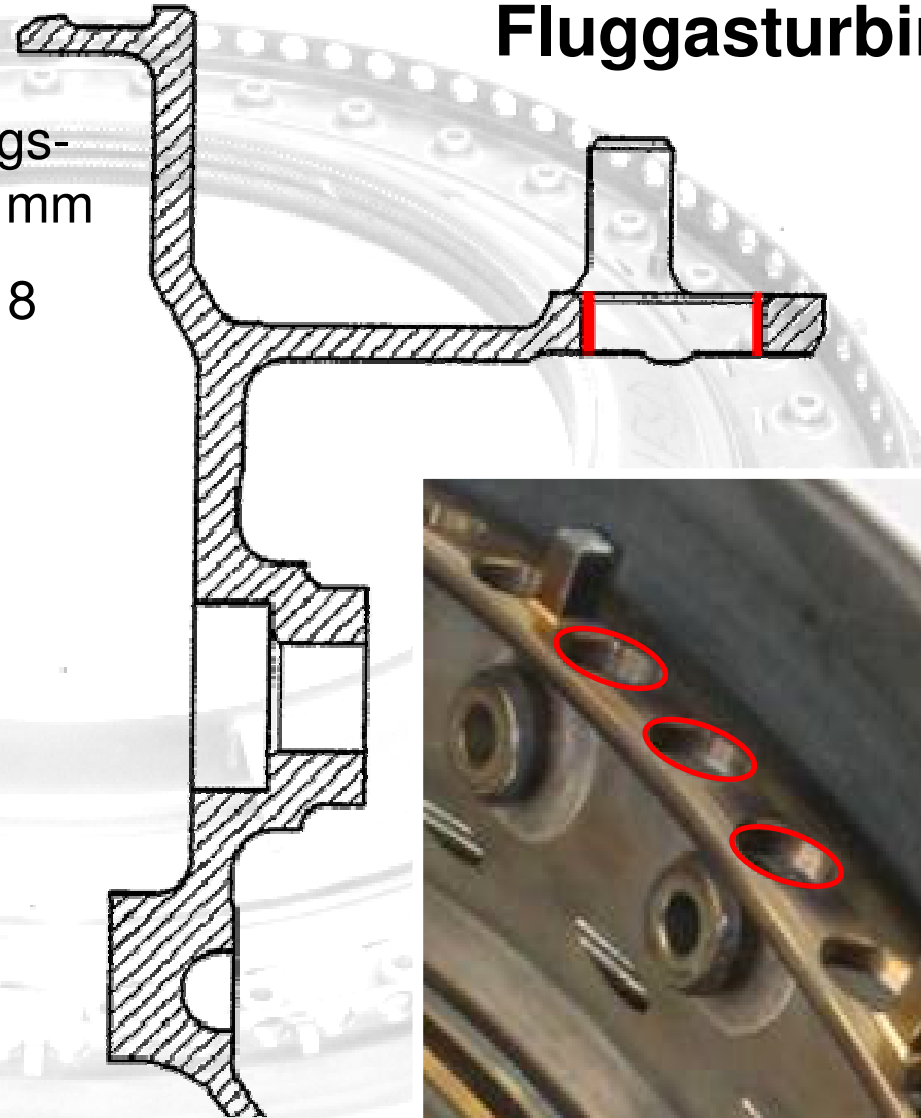
Sulzer Innotec

# Auftragschweissen – Beispiele

## EU-Projekt FANTASIA

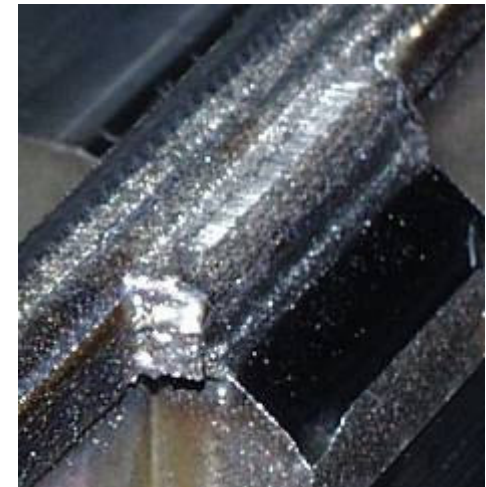
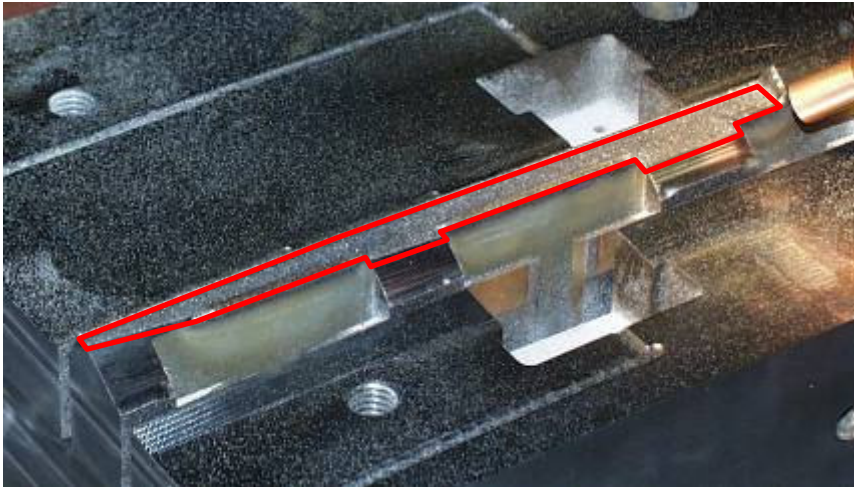
- Auftragschweissen auf der Bohrungsinnenseite, ~0.8 mm Aufbau,  $\varnothing$  12 mm
- Werkstoffkombination IN718 / IN718

## Fluggasturbinen



# Auftragschweissen – Beispiele

## Formwerkzeug



Aufbau eines Formstegs 200 x 10 mm,  
10 mm hoch

- Grundwerkstoff:  
1.2343 (X38 CrMoV5 1)
- Aufbauwerkstoff:  
1.2083 (X42 Cr13)



# Auftragschweissen – Beispiele

## Formwerkzeug



Schweissaufbau 27 mm hoch,  
~ 1 mm dick (3+1 Lage)

- Grundwerkstoff: 1.2344 (X40 CrMoV5 1)
- Aufbauwerkstoff: 1.2083 (X42 Cr13)



# Auftragschweissen – Beispiele

## Formwerkzeug

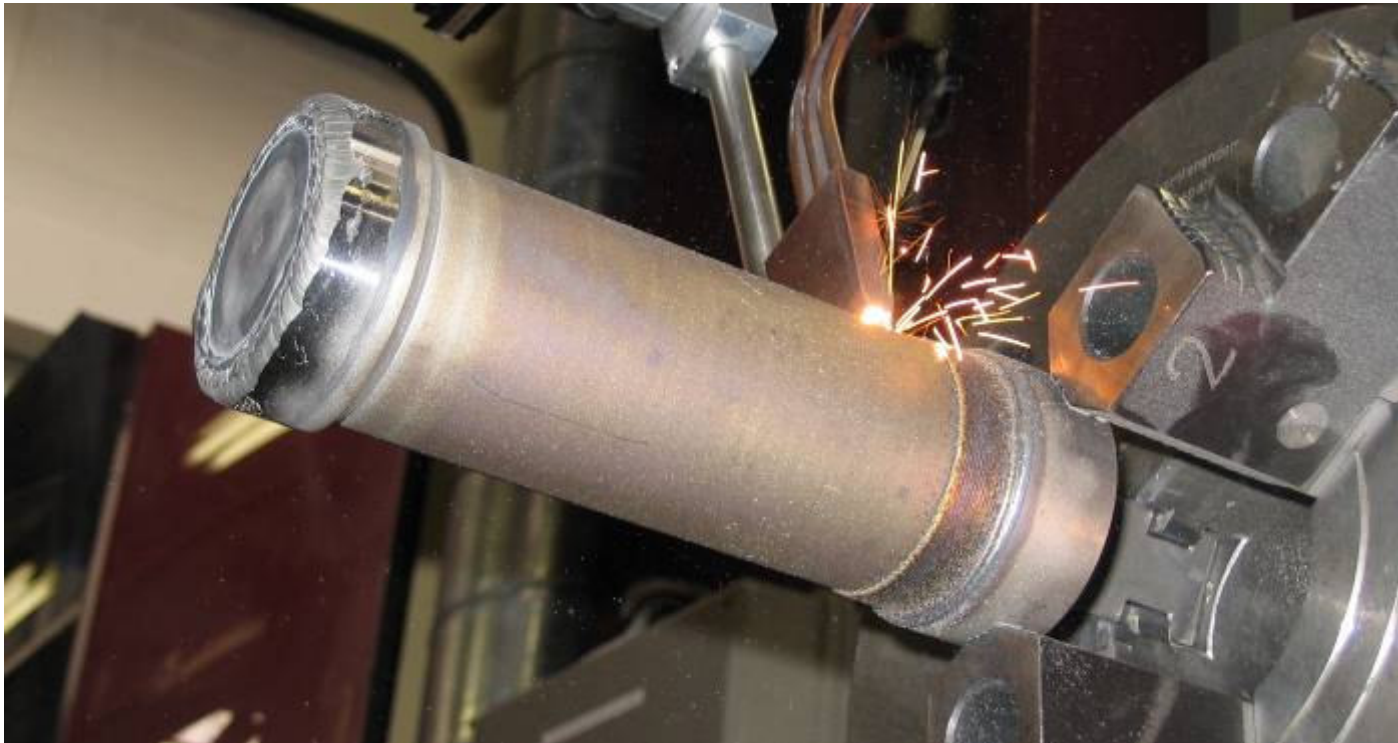


- Schweissaufbau auf Konus 0.25 hoch
- Innen-Ø 25 mm
- max. Verzug 1.5/100 auf den Innen-Ø !



## Beschichten – Beispiele

### Stellitieren eines Ventilkörpers



Beschichtung mit Stellite™ 6, 0.7 mm

- Minimale Durchmischung mit dem Grundmaterial



# Zusammenfassung

---

- Der Faserlaser ist im Kilowattbereich eine neue Strahlquelle, die mittelfristig den Nd:YAG-Laser in vielen Anwendungen ablösen wird und bezüglich Strahlqualität eine ernstzunehmende Konkurrenz zum Industriestandard CO<sub>2</sub>-Laser darstellt.
- Der Faserlaser ist gleichermaßen für Schweißen und Auftragschweißen wie auch Schneiden geeignet.
- Die kleine, kompakte und wartungsfreie Bauweise macht einen mobilen Einsatz möglich.
- Um die breiten Einsatzmöglichkeiten des Faserlasers abdecken zu können, wurde eine multifunktionale Laseranlage konzipiert.
- Sulzer Innotec deckt mit einem stationären **2kW CO<sub>2</sub>-Laser**, einem mobil einsetzbaren **1.5kW Faserlaser** und einem gepulsten **150W Nd:YAG-Laser** das Spektrum möglicher Laser(auftrag)schweissanwendungen bestmöglich ab.

# Backup – mobiler Betrieb

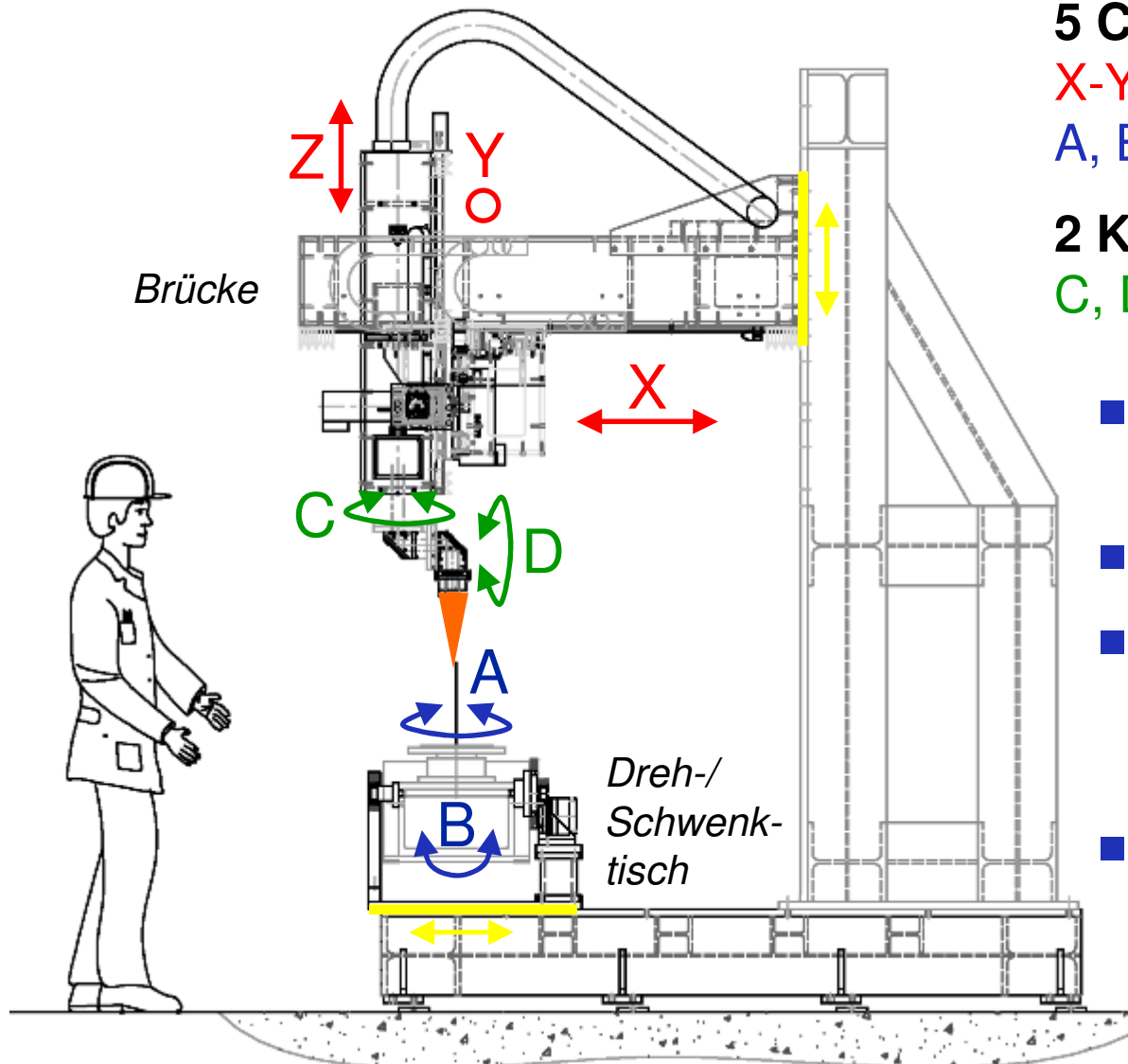
---

**SULZER**

Sulzer Innotec



# Anlagenkonzept I – stationärer Betrieb



## 5 CNC-Achsen

**X-Y-Z** = 700 x 700 x 500 mm

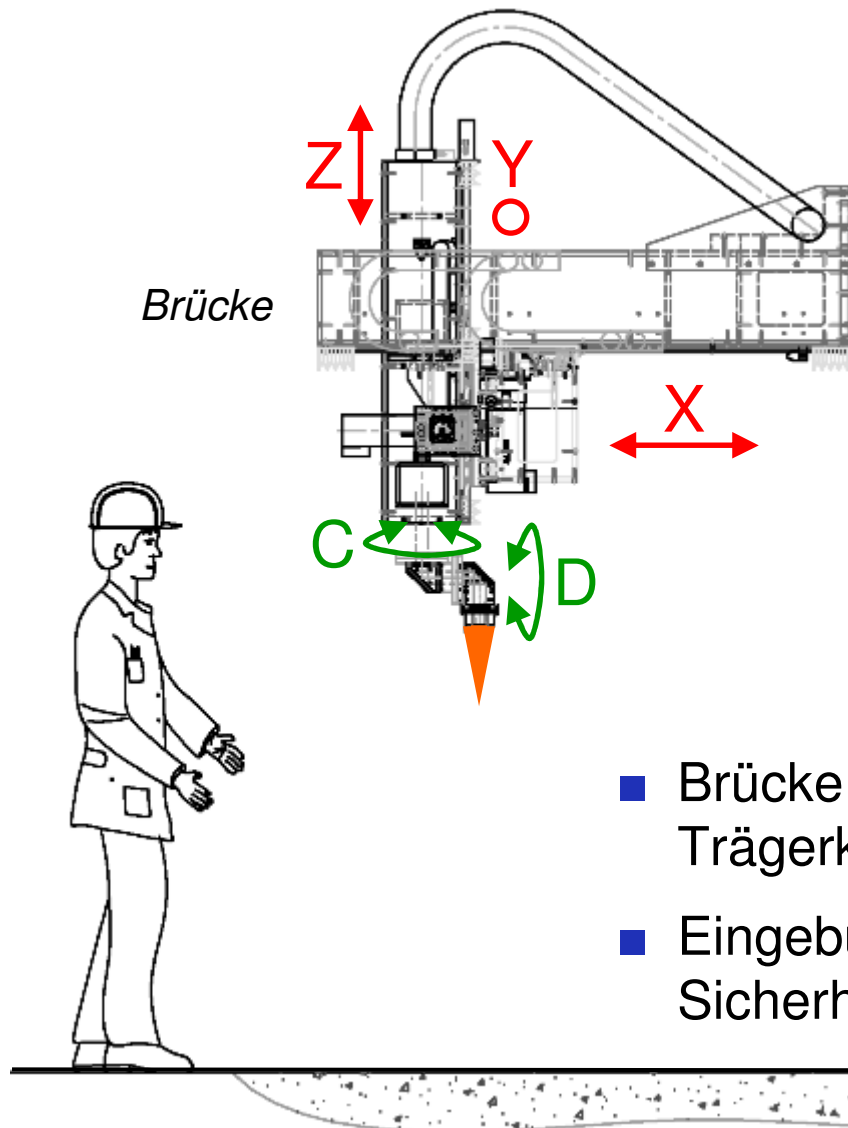
**A, B** = 360°, 360°

## 2 Klemm-Achsen

**C, D** = 360°, ±100°

- Dreh-/Schwenktisch verschiebbar und demontierbar
- Brücke in der Höhe verstellbar
- 5-Achsentransformation für simultane Achsbewegung in der Schweissbearbeitung
- Eingebunden in stationäres Sicherheitskonzept

# Anlagenkonzept II – mobiler Betrieb

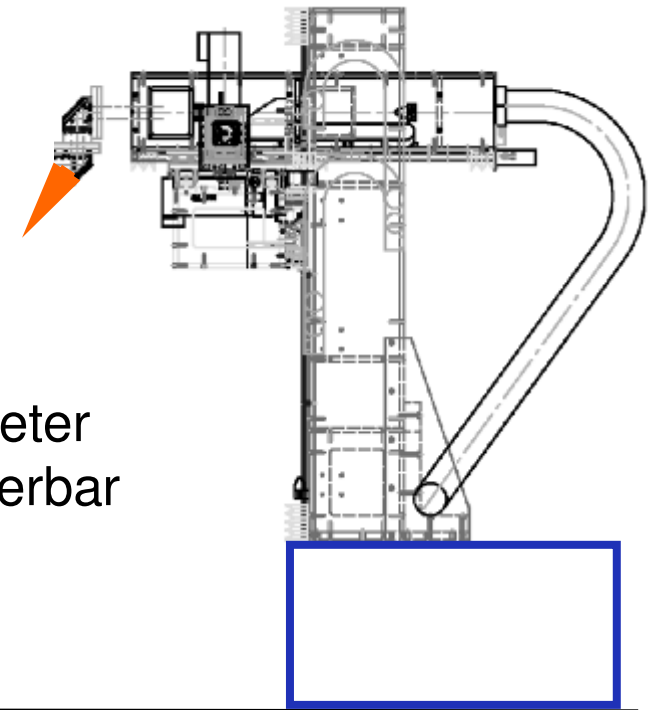


**3 CNC-Achsen**

**X-Y-Z** = 700 x 700 x 500 mm

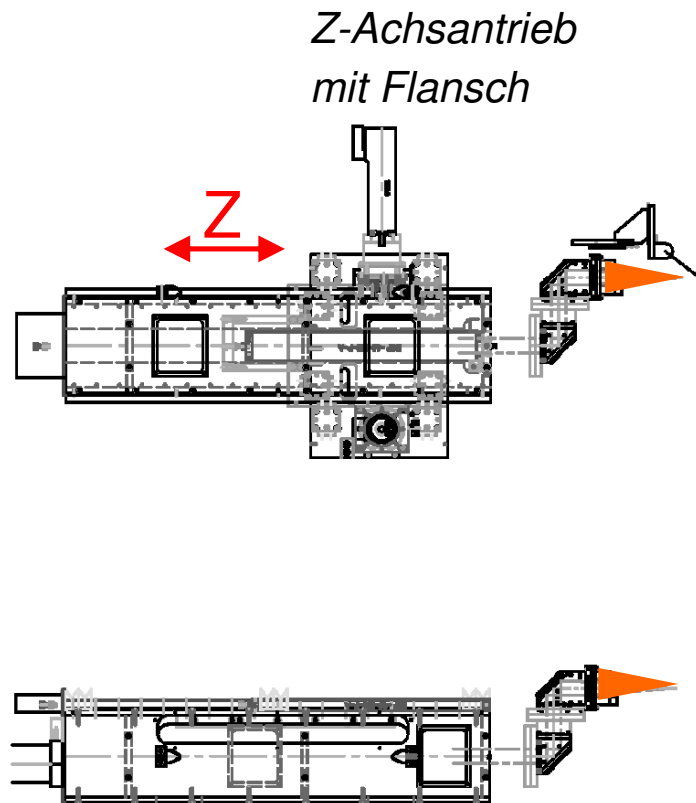
**2 Klemm-Achsen**

**C, D** = 360°, ±100°



- Brücke vor Ort an geeigneter Trägerkonstruktion montierbar
- Eingebunden in mobiles Sicherheitskonzept

# Anlagenkonzept III und IV – mobiler Betrieb



**1 bzw keine CNC-Achse**

**Z** = 500 mm

**2 Klemm-Achsen**

**C, D** = 360°, ±100°

- Z-Achskörper mit Bearbeitungskopf
- Wahlweise mit oder ohne eigenen Z-Achsantrieb
- Integration in Handhabungssystem vor Ort z.B. Drehmaschine
- Eingebunden in mobiles Sicherheitskonzept