



WATERjet[®]

Innovationen im Wasserstahlschneiden

Präzision durch Innovation

Walter Maurer
CEO Waterjet Holding AG
4912 Aarwangen





WATERjet[®]

Harte Dinge mit
Wasser schneiden?

das geht, und die Natur
ist dabei Vorbild!



WATERjet[®]

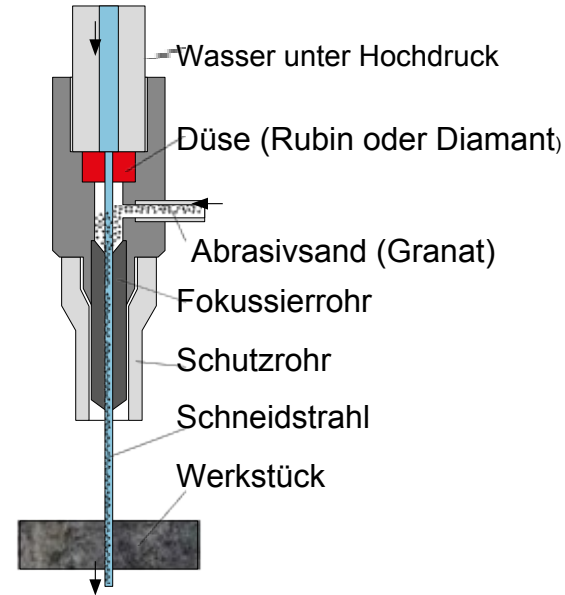


Und doch gibt es dazu mit der Verwendung von Wasser eine Alternative, die uns die Schweizer Natur überall in den Bergen zeigt, wo sie riesige Felsmassive abträgt und steile Täler und Schluchten selbst in härtesten Gesteinsformationen aushobelt.

Bekanntlich ist es nicht nur der stete Tropfen, der dabei den Stein aushöhlt: Einen Grossteil der Wirkung machen die vom Wasser mitgerissenen Steine, Kiesel und Sande aus, die durch ständige Stösse das Material abschmirgeln. Die heutige Wasserstrahltechnik hat dies perfektioniert, indem sie Wasser mit ungeheurem Druck verwendet – 4'000 oder gar 6'000 bar, das ist das 40-fache dessen, was die üblichen Gasflaschen aushalten können.



Wasserstrahl-Schneidkopf



Schema eines Wasserstrahlschneidkopfs

Beim Einsatz dieser Technologie hat sich der Mensch auch den Trick mit den Steinen von der Natur abgeschaut, indem er dem ultrascharfen Wasserstrahl nachträglich feine Mineralsand-partikel beimischt, was die Wirkung enorm verstärkt.

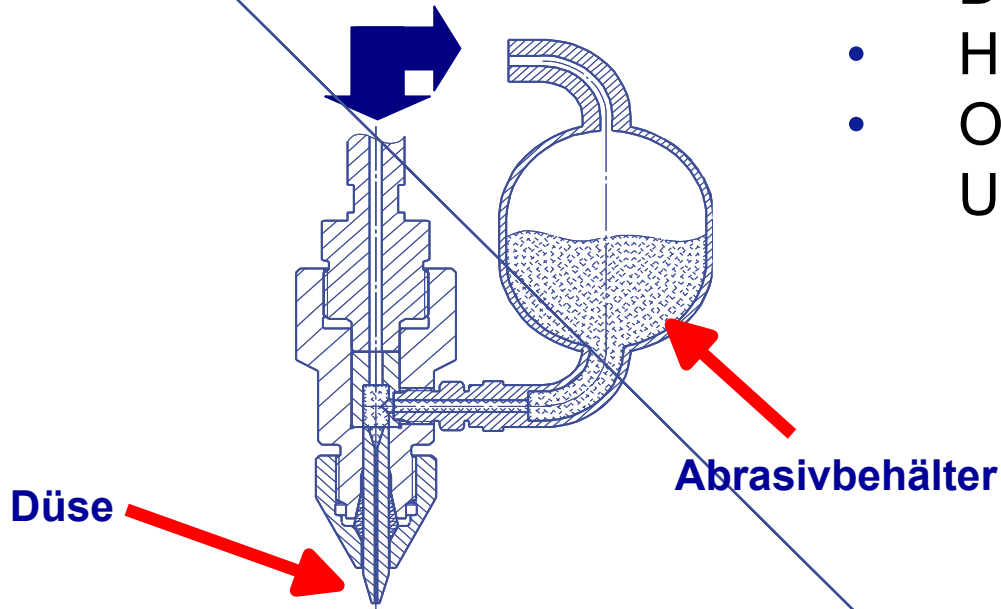


Suspensionsschneiden

© by Waterjet,

**Wasserabrasiv-
suspensionsstrahl**

**Unter Druck
stehendes Wasser**



- Abrasiv wird durch der Wasserdüse zugeführt
- Druck bis 1'000 bar
- Hoher Wirkungsgrad
- Off-shore- und Unterwasseranwendungen

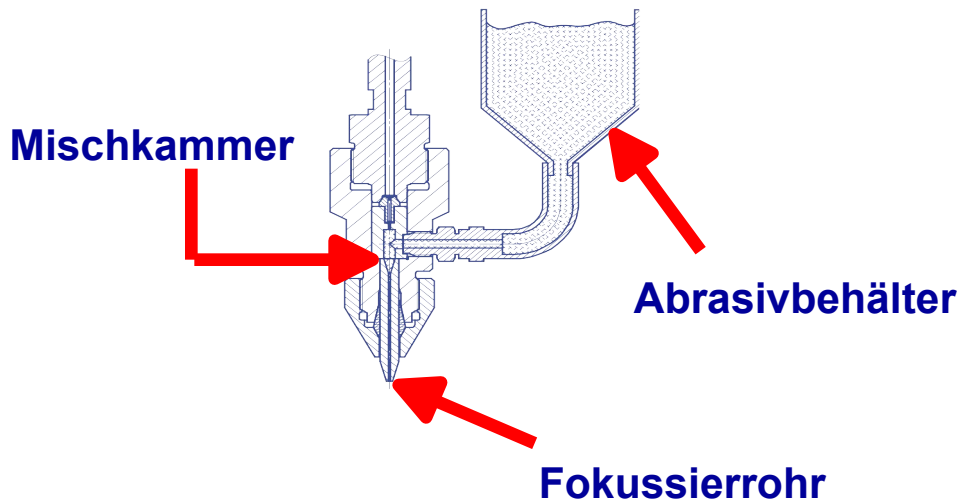


Injektionsschneiden

© by Waterjet,

Wasserabrasiv- injektorstrahl

Unter Druck
stehendes
Wasser



- Abrasiv wird nach der Wasserdüse zugeführt
- Druck bis 6'200 bar
- Geringerer Verschleiss gegenüber Suspensionsverfahren
- Meist stationäre Anwendung
- In 95% der Anwendungen wird dieses Verfahren genutzt.

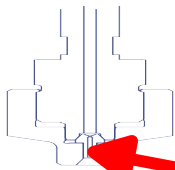
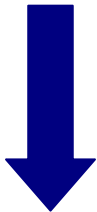


Reinwasserschneiden

© by Waterjet,

Wasserstrahl

Unter Druck
stehendes
Wasser



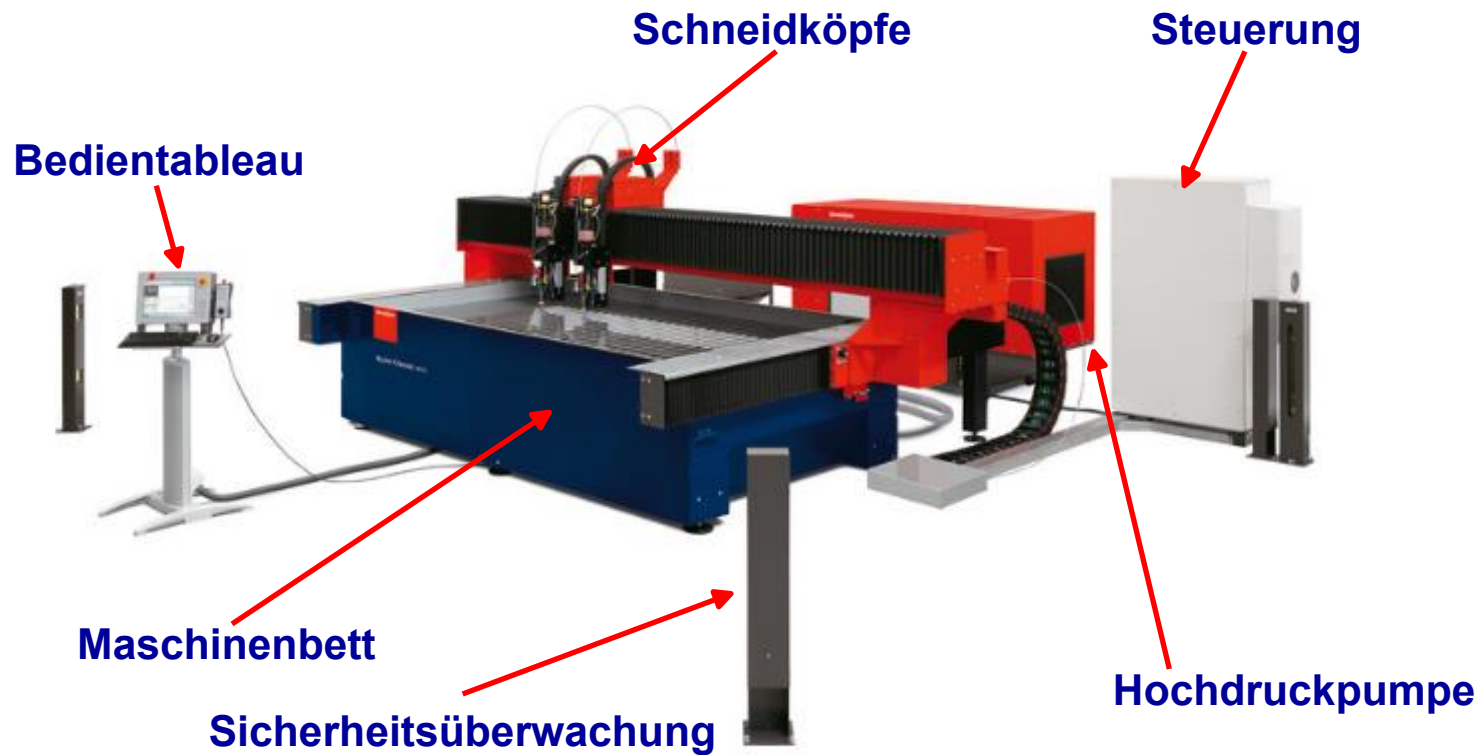
Wasserdüse

- Es wird ohne Abrasiv geschnitten
- Druck bis 6200 bar
- Meist stationäre Anwendung
- Anwendung für weiche Materialien wie z. B. Schaumstoffe, Lebensmittel Isoliermaterialien etc.
- Mehrkopfanlagen



Systemaufbau Standardanlagen

© by Waterjet,

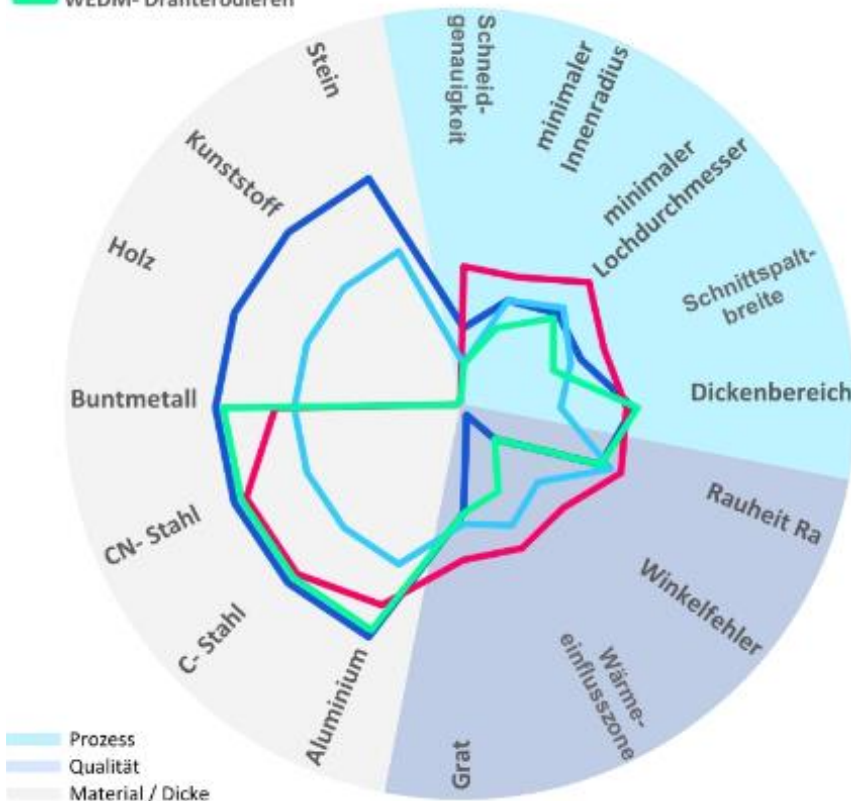




Vergleich Schneidtechnologien

© by Waterjet,

- AWJ- Wasserstrahlschneiden
- PAC- Plasmaschneiden
- YAG- YAG Laserschneiden
- WEDM- Drahterodieren





Kundenanforderungen: Suche nach neuartigen Produktionsverfahren

Ziele

- 10 x präziser als herkömmliche Wasserstrahlanlagen
- 5 x Kleinerer Schnittspalt
- Reproduzierbare Teilegenauigkeit
- Konstant hohe Maschinen- und Prozess-fähigkeit
- Präzises, verwindungssteifes, vibrations-absorbierendes Maschinenbett
- Hochgenaue Führungen und Antriebe
- Wasserstrahl adaptierte Steuerung
- Temperatur stabilisiertes Schneidbecken



WATERjet[®]

Suche nach geeigneten Entwicklungspartner



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Kommission für Technologie
und Innovation KTI

LTFE *Laboratory for Thermal & Fluid Engineering*
University of Applied Sciences Aargau
Northwestern Switzerland



Laboratory for Alternative echnologies
Faculty of Mechanical Engineering
University of Ljubljana, Slovenia

WATERjet[®]
Laboratories

Kompetenzzentrum für Wasserstrahltechnologie
Mittelstrasse 8, 4912 Aarwangen



WATERjet[®]

Entwicklungsteam



WATERjet[®]
Laboratories

Kernteam

Prof. Dr. Kurt Heiniger
Stephan Bühler
Basil Zweifel
Patrick Coray

Walter Maurer
Ing. Franz Helmhart
Ing. Martin Schmied
Dr. Ing. Giedrius Augustinavicius

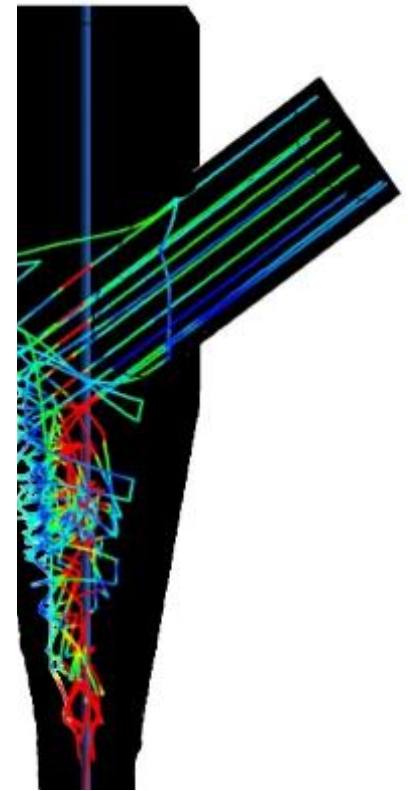
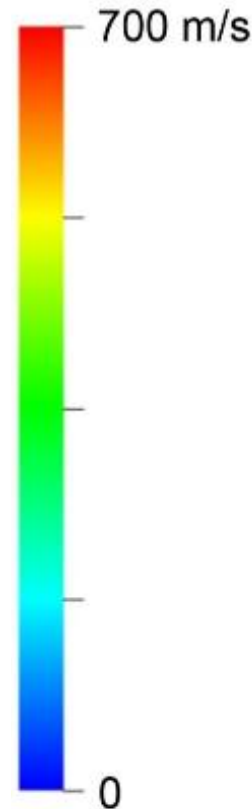
Unterstützung

Prof. Daniel Thommen
Willy Bertschi



Untersuchen der Vorgänge

- Zuführen des Abrasivmittels
- Fokussierung des Gemisches durch das Fokussierrohr
- Strömung/Beschleunigungsmechanismu im Fokussierrohr ist sehr komplex



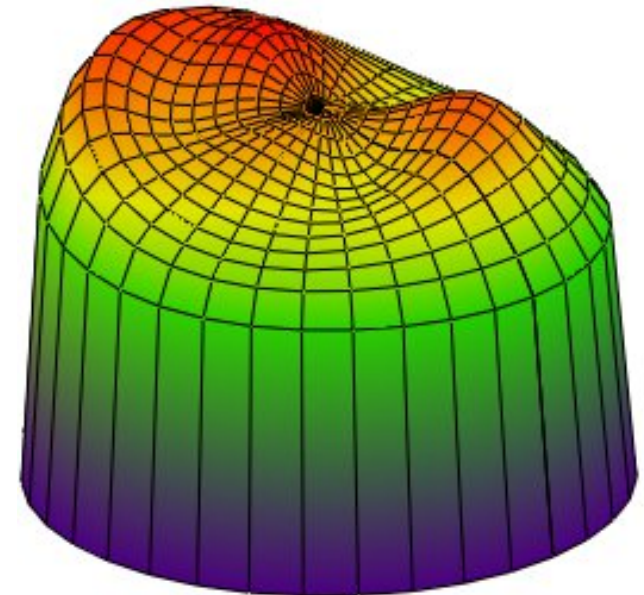


Kollimation

© by Waterjet,

Geschwindigkeitsprofil nach scharfen Umlenkungen

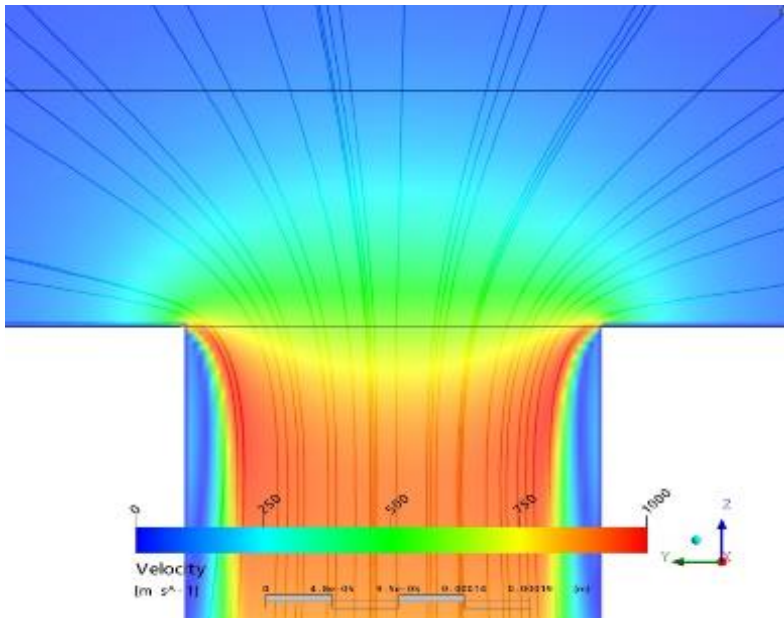
- Umlenkung der Strömung i Schneidventil um 90°
- Krümmung erzeugt Ablösung und sog. Sekundärströmungen in Umfangsrichtung
- Drall, Turbulenz
- Beeinflusst spätere Strahlbildung negativ ☾ schlechtere Strahlkohärenz, kürzere kohärente Länge



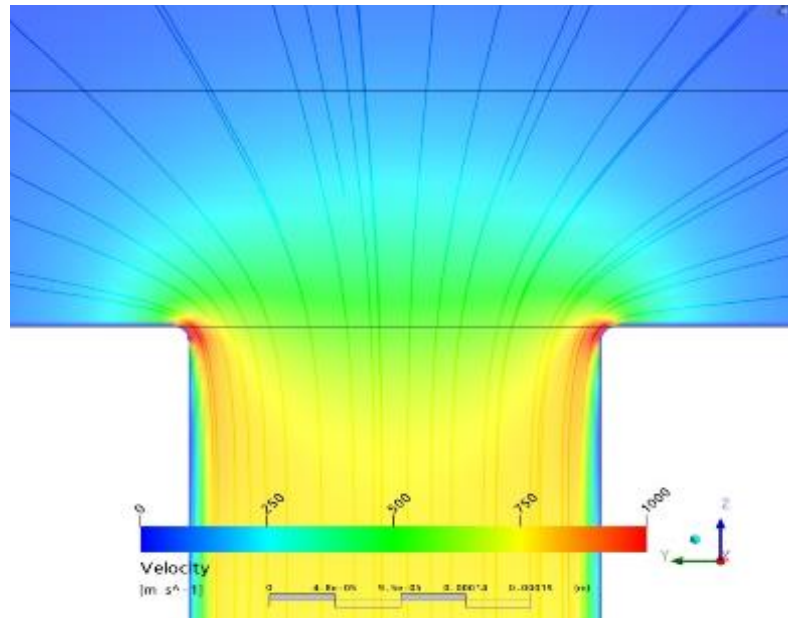


Untersuchen der Geschwindigkeitsverteilung

Einfluss der Düsenkante



scharfkantig



Radius



Der abrasive Wasserstrahl nach WJ / FHNW

Gerade

$$v_{\max} = \frac{f_a N_m P_w^{1.594} d_0^{1.374} M_a^{0.343}}{Chd_m^{0.618}} \left[1 - \frac{r_b}{100} \right]$$

Krümmung

$$v_{\max} = \frac{f_a N_m P_w^{1.594} d_0^{1.374} M_a^{0.343}}{Chd_m^{0.618}} \frac{\left((R + r_b)^2 - R^2 \right)^{1.15}}{0.182h} \left[1 - \frac{r_b}{100} \right]$$

Ecke

$$v_{\max} = \frac{f_a N_m P_w^{1.594} d_0^{1.374} M_a^{0.343}}{Chd_m^{0.618}} \frac{e^{1.15}}{0.182h \sin(\alpha)} \left[1 - \frac{r_e}{100} \right]$$



Der abrasive Wasserstrahl nach WJ / FHNW

- Empirisch ermittelte Formel

$$u = \frac{f_a \times N_m \times p_w^{1.594} \times d_0^{1.374} \times \left(\frac{M_a}{60}\right)^{0.343} \times 0.687}{C \times Q \times k \times d_m^{0.618} \times w(p_w)^{0.344}} \times 1.15$$

- Guter Richtwert für Schnittgeschwindigkeit
- Berechnung von Winkelfehler, Schlepp und Rauheit

T0 Temperatur [°C]

Fa Abrasivfaktor

Nm Machinability

Pw Wasserdruck [MPa]

Do Düsendurchmesser [mm]

Moa Abrasivmassenstrom [g/min]

C Skalierungskonstante [788]

Q Qualität [1...5]

H Werkstückdicke [mm]

Dm Fokussierrohr dm

U Düsenkoeffizient



WATERjet[®]

Micro- und Präzisionsschneiden

© by Waterjet,





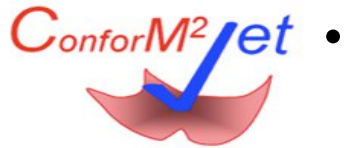
WATERjet[®]

Anlagenbau





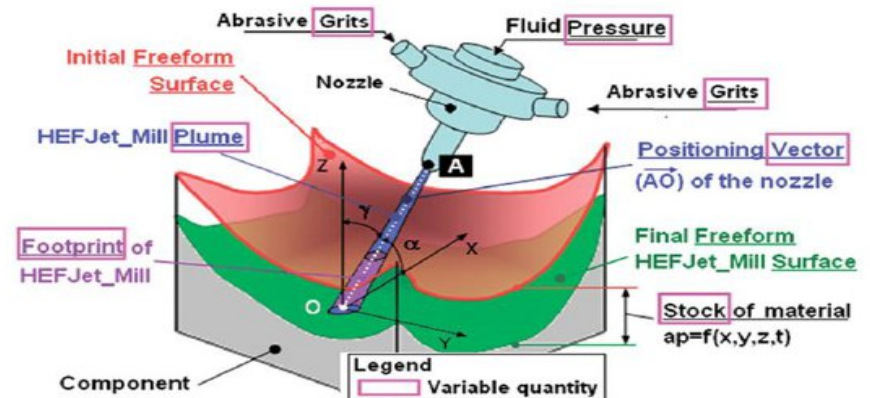
Internationale Zusammenarbeit



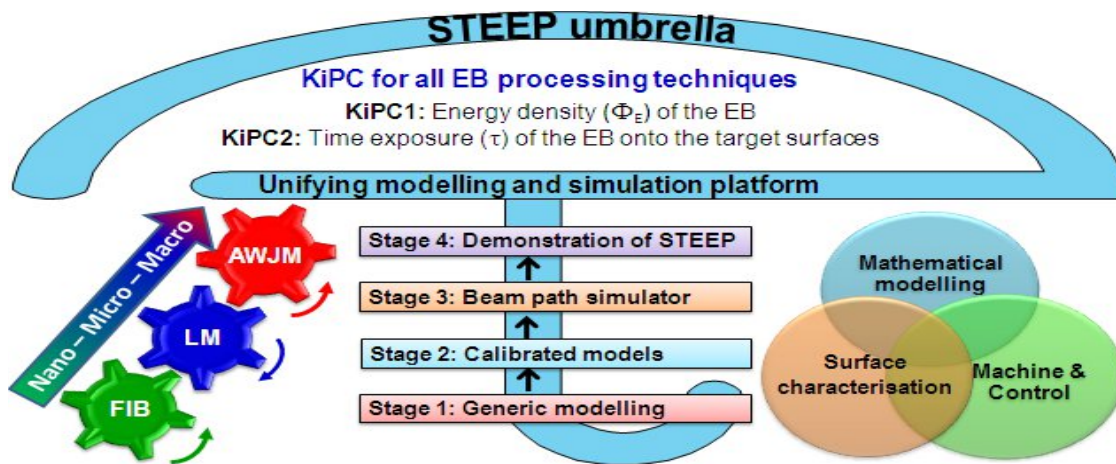
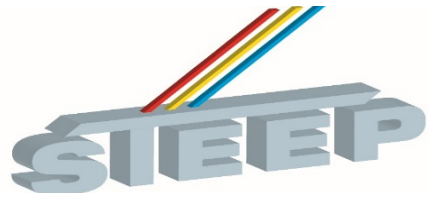
Self-Learning Control System for Freeurm Milling with High Energy Fluid Jets (ConforM-Jet)

A self-learning control system for High Energy Jets Milling (HEFJet_Mill) to generate freeform part was developed

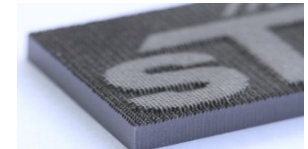
It was done by integrating models of HEFJet_mill with patterns of multi-sensory signals to control the outcomes of jet plume-workpiece interaction



Internationale Zusammenarbeit



STEPP aimed to establish a European training & research platform to enable a holistic approach to the Energy Beams (EB) processing methods

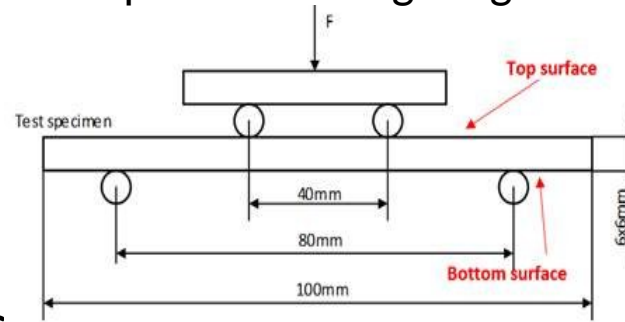


- Figure 1. STEEP umbrella

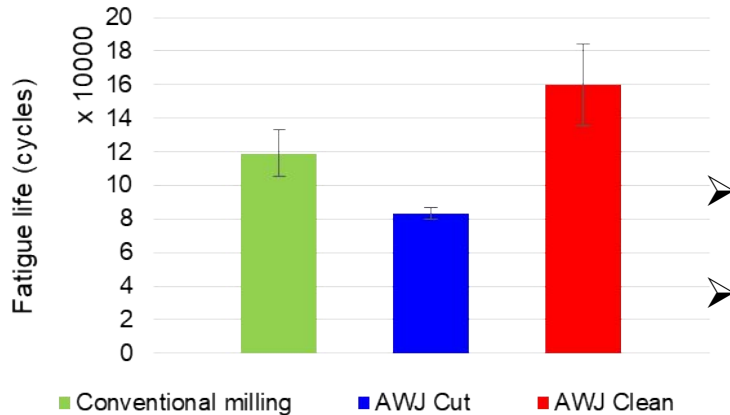


Fatigue test

Four points bending fatigue test



Fatigue results (load at yield success).



Fatigue test samples

AWJ shows **lower fatigue life** due to the embedment of the abrasive particle
 Secondary process shows **much longer fatigue life** due to the cleaning of embedment and increase of compressive residual stress.



WATERjet[®]

Wasserstrahlschneiden Eine Technologie mit viel Potential

Besten Dank für Ihre Aufmerksamkeit

**W. Maurer
CEO
Waterjet Group**

