

# A15011: Verfahren zur Herstellung von Rohteilen mit innenliegenden Kanälen,

## Gegenstand der Anmeldung, Verwertungsmöglichkeiten

Institut für Neutronenphysik und Reaktortechnik

Design, Analysis and Fabrication department

H. Neuberger

# Verwertung von DE102015110522A1

Fertigung von Rohteilen mit Kanälen zur Weiterbearbeitung mittels Draht-Erodieren



(10) DE 10 2015 110 522 B4 2017.04.27

(12)

## Patentschrift

(21) Aktenzeichen: 10 2015 110 522.5  
(22) Anmeldetag: 30.06.2015  
(43) Offenlegungstag: 05.01.2017  
(45) Veröffentlichungstag der Patenterteilung: 27.04.2017

(51) Int. Cl.: B23P 15/16 (2006.01)

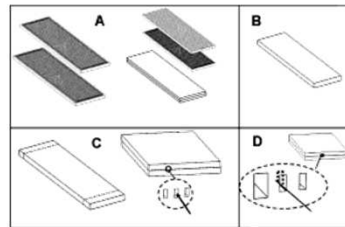
Innerhalb von neun Monaten nach Veröffentlichung der Patenterteilung kann nach § 59 Patentgesetz gegen das Patent Einspruch erhoben werden. Der Einspruch ist schriftlich zu erklären und zu begründen. Innerhalb der Einspruchsfrist ist eine Einspruchsgebühr in Höhe von 200 Euro zu entrichten (§ 6 Patentkostengesetz in Verbindung mit der Anlage zu § 2 Abs. 1 Patentkostengesetz).

(73) Patentinhaber: <b>Karlsruher Institut für Technologie, 76131 Karlsruhe, DE</b>	(56) Ermittelte Stand der Technik: DE 196 23 148 C2 DE 102 49 724 B4 DE 103 58 201 A1 DE 10 2010 035 606 A1 DE 10 2011 005 830 A1
(74) Vertreter: <b>Fitzner PartGmbH Rechtsanwalt und Patentanwälte, 40878 Ratingen, DE</b>	
(72) Erfinder: <b>Neuberger, Heiko, 76351 Linkenheim-Hochstetten, DE; Weth, Axel von der, 76676 Graben-Neudorf, DE; Zeile, Christian, 76187 Karlsruhe, DE; Rey, Jörg, 76706 Dettenheim, DE; Hernandez, Francisco, 76133 Karlsruhe, DE</b>	

(54) Bezeichnung: Verfahren zur Herstellung von Rohteilen mit innenliegenden Kanälen

(57) Hauptanspruch: Verfahren zur Herstellung von metallischen Bauteilen mit einer inneren Kanalstruktur aus wenigstens zwei gleichartigen plattenförmigen Teilen mit innenliegenden Kanälen mit folgenden aufeinanderfolgenden Verfahrensschritten:

- Einbringen einer oberflächigen Kanalstruktur in eine Plattenpaarung, sowie Positionieren der Platten zueinander,
- Fügen der Platten zur Bildung eines metallischen Bauteiles mit einer Kanalstruktur im Inneren des Bauteiles,
- Einfädeln eines Schneiddrahtes in die Kanalstruktur des Bauteiles nach einem Freilegen der Kanalenden durch Abtrennen der stirnseitigen Bereiche des Bauteiles,
- Weiterbearbeitung der Kanalstruktur des Bauteiles mittels Drahterodieren zur Herstellung der finalen Kanalinnenwände.



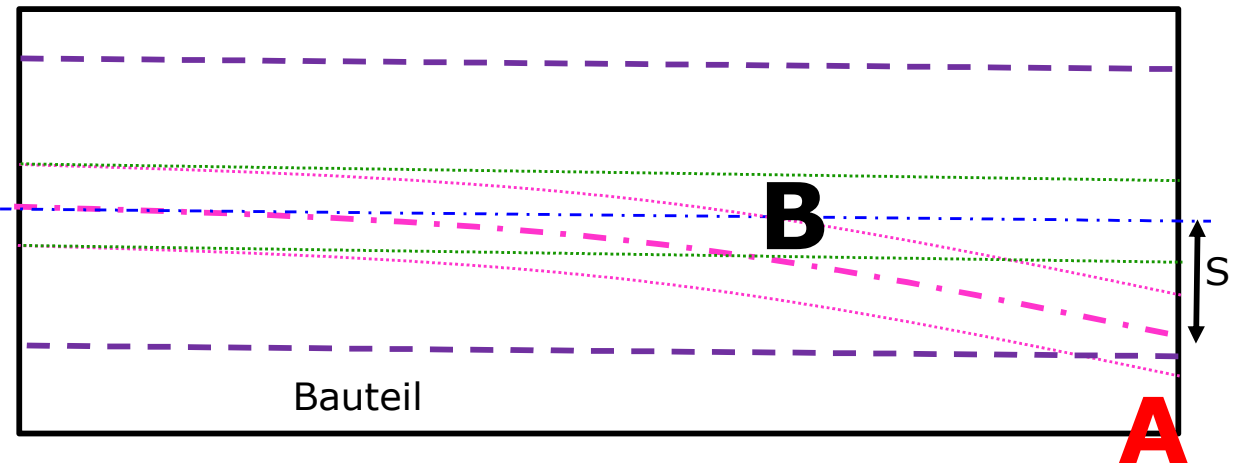
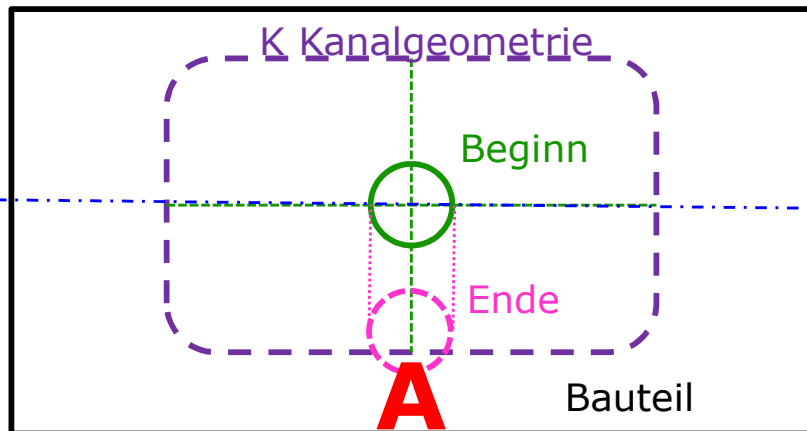
Finanzierung durch BMBF  
Förderkennzeichen 03FUS0011:  
Test-Blanket-Module für ITER:  
Entwicklung und  
Qualifizierung industrieller  
Fertigungstechnologien



Bundesministerium  
für Bildung  
und Forschung

### Einleitung, Zweck der Technologie

- Rohteile sind hierbei Körper mit möglichst geraden Durchdringungen (sog. Startloch-Bohrungen oder Pilot Holes) zum Einfädeln eines Schneiddrahtes für Weiterbearbeitung mit Draht-erodieren
- Diese Startlöcher besitzen üblicherweise Durchmesser von 1 - mehrere Millimeter
- In die Startlöcher wird der Schneiddraht eingefädelt und die Kanalgeometrie (K) ausgeschnitten
- Zwei Bedingungen müssen erfüllt sein:
  - I. Startlochbohrung darf Umriss der Kanalwand nicht verlassen, sonst:  
→ Defekt in der Wandung (A)
  - II. Abweichungen in der Geradheit/Verlauf (S) muss kleiner sein als der halbe Durchmesser sonst:  
→ Kurzschluss zwischen Schneiddraht und Bauteil (B)



# Verwertung von DE102015110522A1

Fertigung von Rohteilen mit Kanälen zur Weiterbearbeitung mittels Draht-Erodieren

Beispiele für Bauteile aus der Kernfusion: Test Blanket Module und Breeder Blanket

## TBM Cooling Plate

- $L = 850 \text{ mm}$
- $2.6 \times 4.5 \text{ mm}^2$
- $L/D > 300$

Rohteil mit Startlochkanälen

- Erodierbohren,  $D \sim 1.6 \text{ mm}$
- $L = 425 \text{ mm}$  (von 2 Seiten)
- Max. tolerierbarer Verlauf  $\pm 1,2 \text{ mm}$
- $L/D = \sim 265$



$L = 1600 \text{ mm}$ , 4 Rechteck-Kanäle,  $15 \times 15 \text{ mm}^2$

Startlochkanal:

- Tieflochbohren
- $D \sim 10 \text{ mm}$ ,  $L_{\text{max}} \sim 2500 \text{ mm}$
- Max. tolerierbarer Verlauf  $\pm 2,5 \text{ mm}$
- $L/D = 250$

Die Grenze ist jedoch hiermit erreicht, bei höherem L/D-Verhältnis (jenseits 250 - 300) verlässt das Startloch den Umriss der Kanalwand

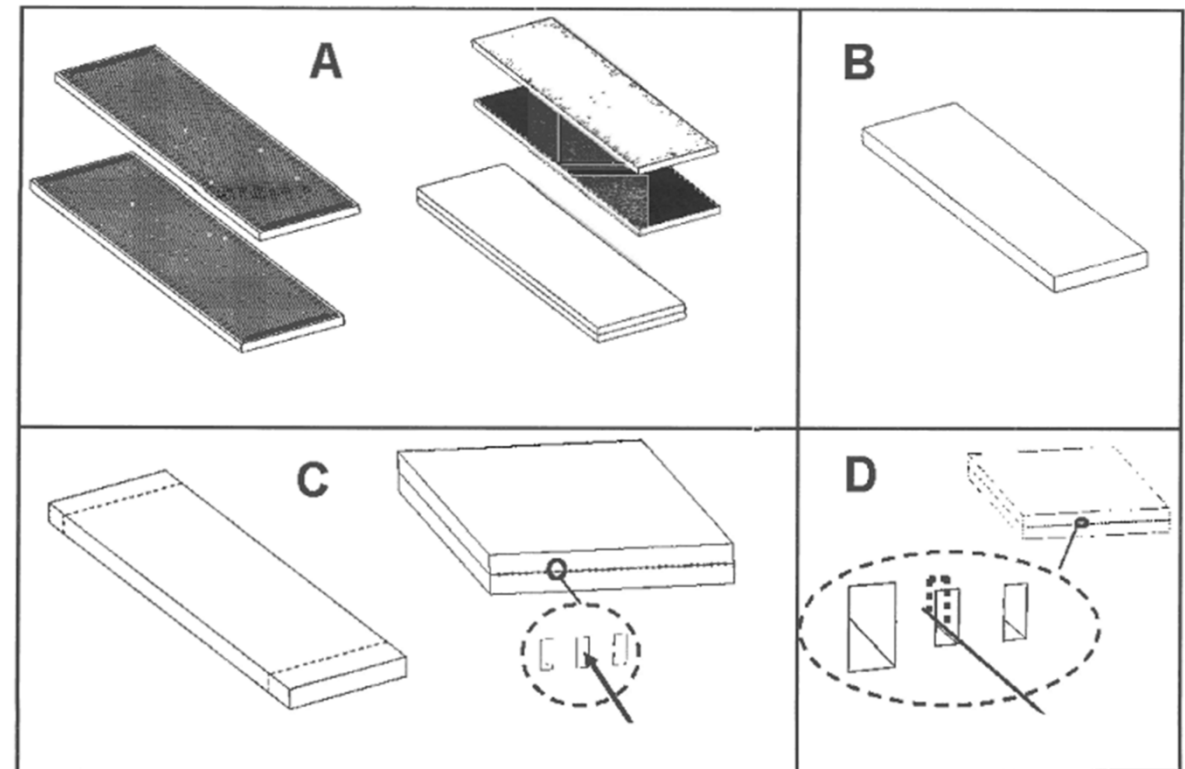
Warum ist es interessant die Grenze von L/D zu überschreiten?

- Neuere Entwicklungen von Draht-Erodier-Anlagen haben zu deutlich gesteigerten Bearbeitungslängen geführt (z.B. 2500 mm aus Entwicklung des INR zusammen mit der Fa. Krüger Erodieretechnik, BMBF)
- Die gängigen Fertigungsverfahren zur Herstellung von Startlochkanälen (z.B. Tieflochbohren) reichen daher nicht mehr aus um das volle Spektrum der Bearbeitungsmöglichkeiten auszuschöpfen
- Ein Beispiel: Herstellung eines quadratischen Kanals,  $s = 3$  mm Länge z.B. 1500 mm:
  - 2 mm Durchmesser des Startlochkanals
  - Länge des Kanals 1500 mm (L/D für Startlochkanal) = 750
  - Maximal tolerierbare Abweichung in der Geradheit = 0,5 mm
    - bis Defekt an der Wandung
    - bzw. Kurzschluss zwischen Schneiddraht und Bauteil

Daher: Entwicklung der in **DE102015110522A1: Verfahren zur Herstellung von Rohteilen mit innenliegenden Kanälen** beschriebenen Technologie

## Funktionsprinzip generell

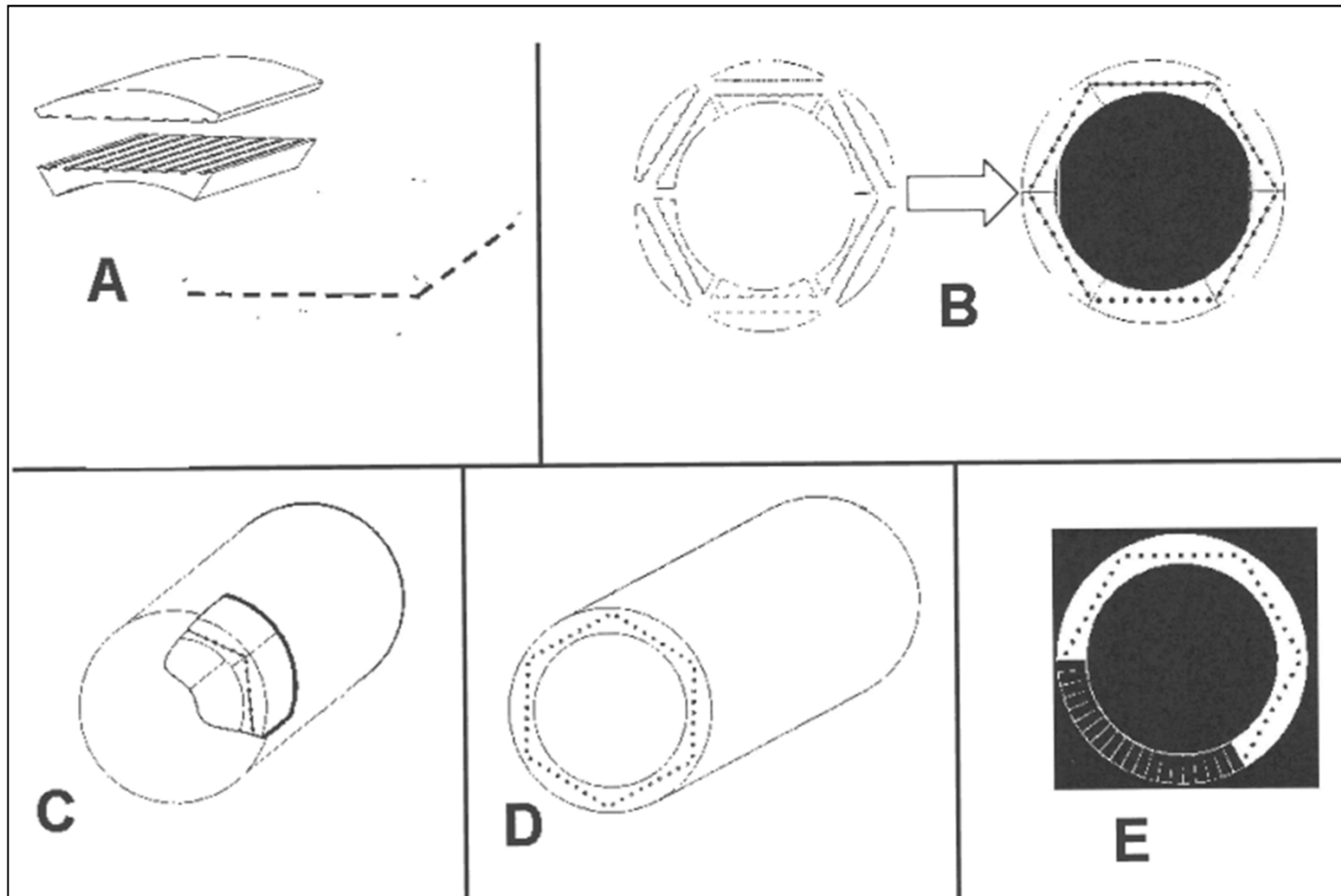
- Einbringung der Startlochkanals als Nut in eine Halbzeug-Oberfläche z.B. mittels Fräsen (A)
- Danach zusammensetzen eines Bauteiles aus mehreren Halbzeugen (A)
- Oberflächiges Fügen an den Trennlinien, z.B. EB-Schweißen (A)
- Danach flächiges Fügen mittels Diffusionsschweißen, HIP (B)
- Abtrennen der Stirnseiten (C)
- Fertigschneiden der Kanäle in der End-Geometrie (D)



# Verwertung von DE102015110522A1

Fertigung von Rohteilen mit Kanälen zur Weiterbearbeitung mittels Draht-Erodieren

Ein zusätzliches Ausführungsbeispiel, weitere siehe Patentschrift



# Verwertung von DE102015110522A1

Fertigung von Rohteilen mit Kanälen zur Weiterbearbeitung mittels Draht-Erodieren



Anwendungsbeispiele vergleichbarer Technologien wurden aus den Rechercheergebnissen des Patentamtes abgeleitet:

Zwei relevante Ergebnisse:

- **Anwendung 1)** US/2010/0108289, Method of manufacturing heat exchanger cooling passages in aero propulsion structure, Alliant Techsystems Inc.
- **Anwendung 2)** US 20130152392 A1: Methods for forming a heat exchanger and portions thereof, Unison



**Anwendung 1)** US/2010/0108289, Method of manufacturing heat exchanger cooling passages in aero propulsion structure , Alliant Techsystems Inc., ATK

Die Anmeldung (<http://www.google.ch/patents/US20100108289>) beschreibt die Weiterbearbeitung von in üblicher Weise hergestellten Startlöchern (Erodierbohren) mittels Draht-erodieren zur Fertigung der finalen Oberfläche der Kanäle einer Struktur in einem Flugtriebwerk (Brennkammer).

Der Hinweis auf das Verhältnis  $\sim 1.5$  mm Startlochdurchmesser /  $\sim 400$  mm Startlochtiefe, sowie die Anmerkung eines Zusammenbaues mehrerer Segmente mittels EB-Schweißen (siehe Patentschrift Text und Bild 7) zeigt die Grenzen des Verfahrens zur Startlochherstellung auf.

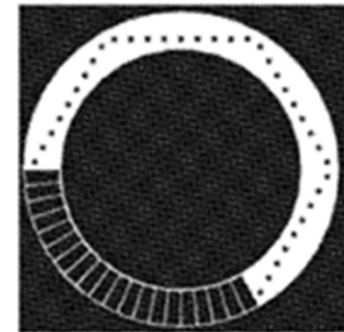
**Diese Einschränkung kann mit dem in DE102015110522A1 beschriebenen Ansatz umgangen werden, deutlich längere Bauteile mit identischer Kanalstruktur sind herstellbar**

## Anwendung 2) US 20130152392 A1: Methods for forming a heat exchanger and portions thereof, Unison

US 20130152392 A1 (links) und DE102015110522A

Ähnliche Zielsetzung, jeweils mit Kanälen durchzogene Strukturen vergleichbarer Bauweise

- Anwendung für Triebwerksbauteile z.B. Platten mit Kanälen im Detail
- Die Kanäle werden von Außen mit einem Draht-Erodier-Verfahren eingeschnitten (A)
- Die Öffnung durch das Einschneiden wird hinterher mit einer Platte abgedeckt und verschlossen. Das Fügen erfolgt z.B. durch Löten (B)

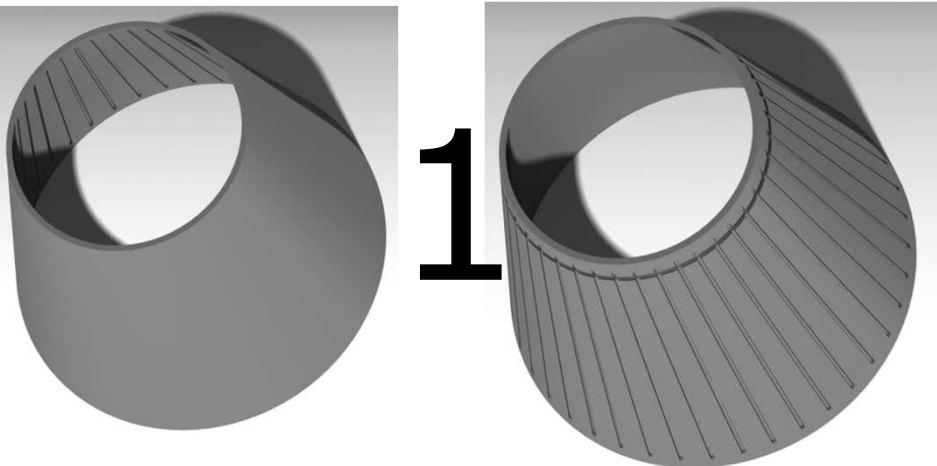
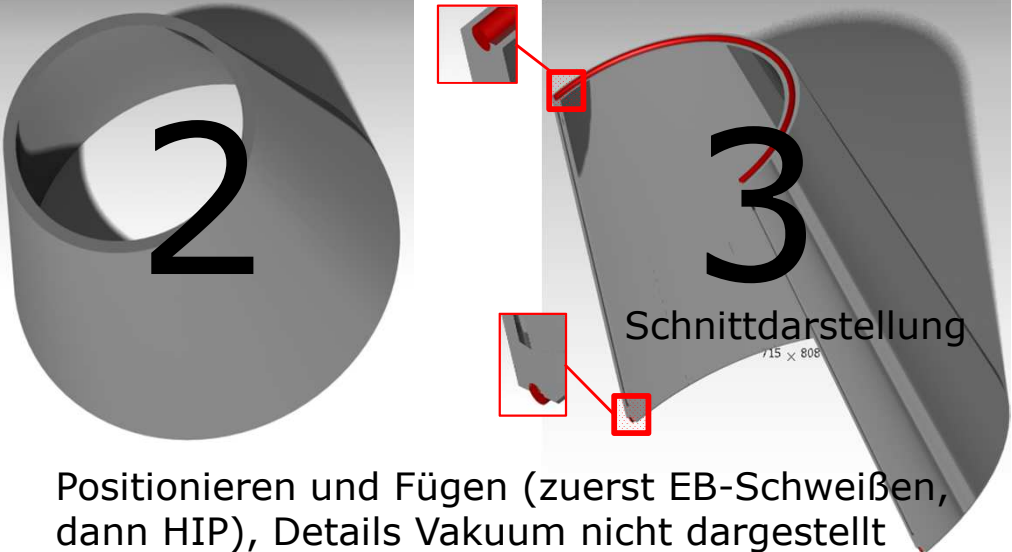




- Das Bauteil besitzt Startlochkanäle zum Einfädeln von Schneiddrähten
- Nach dem Fügen der Segmente durch HIP kann das Bauteil als ein homogener Körper aus einem Material gesehen werden.
- **Vorteil: Einzige Schwachstelle ist die HIP-Naht, vgl. höhere Einsatztemperaturen sind möglich als z.B. bei einem Bauteil mit Lötverbindung (vgl. Patent von Fa. Unison)**

# Verwertung von DE102015110522A1

Fertigung von Rohteilen mit Kanälen zur Weiterbearbeitung mittels Draht-Erodieren

Zum Abschluss: Ein weiteres Ausführungsbeispiel mit Zahlenwerten

 <p><b>1</b></p> <p>Oberflächige Einbringung von Kanalstruktur in Innen- und Außenhülle + Verbindung der Kanäle zum Evakuieren</p>	 <p><b>2</b></p> <p><b>3</b></p> <p>Schnittdarstellung 15 x 80</p> <p>Positionieren und Fügen (zuerst EB-Schweißen, dann HIP), Details Vakuum nicht dargestellt</p>	
 <p><b>4</b></p> <p>Schnittdarstellung</p> <p>Abtrennen von Ober- und Unterseite, Freilegen der Startlöcher</p>	 <p><b>5</b></p> <p>Fertigschneiden der Kanäle mittels Draht-erodieren</p>	<p>Bereits mittels Draht-Erodieren demonstrierte Abmessungen:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Kanallänge <math>L = 800 \text{ mm}</math></li><li>• Kanalquerschnitt = <math>2,6 \times 4,5 \text{ mm}^2</math></li><li>• Wandstärke: <math>1.2 \text{ mm}</math></li><li>• Toleranz Wandstärke <math>\pm 0,12 \text{ mm}</math></li></ul> <p>Eine Steigerung auf <math>L = 1600 \text{ mm}</math> bei gleichem Kanalquerschnitt ist mit der Technologie des KIT realisierbar</p>