

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

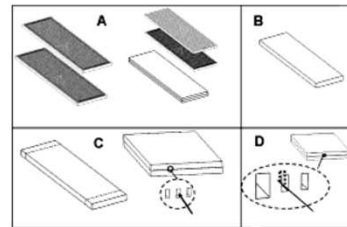
(51) Int. Cl.: B23P 15/16 (2006.01)

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).

<p>(73) Patentinhaber: Karlsruher Institut für Technologie, 76131 Karlsruhe, DE</p>	<p>(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</p>
<p>(74) Vertreter: Fitzner PartGmbH Rechtsanwalt und Patentanwälte, 40878 Ratingen, DE</p>	
<p>(72) Erfinder: 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</p>	

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

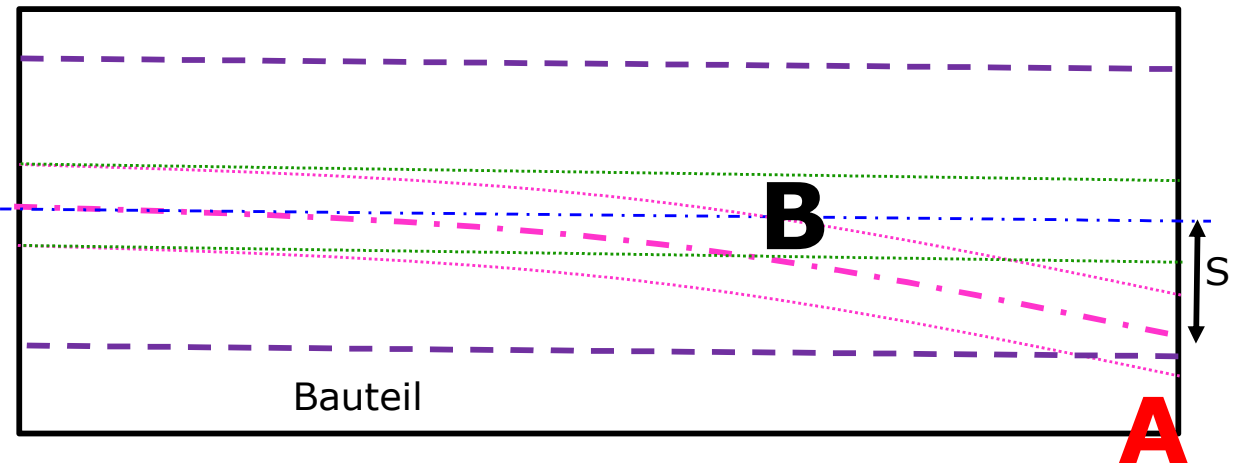
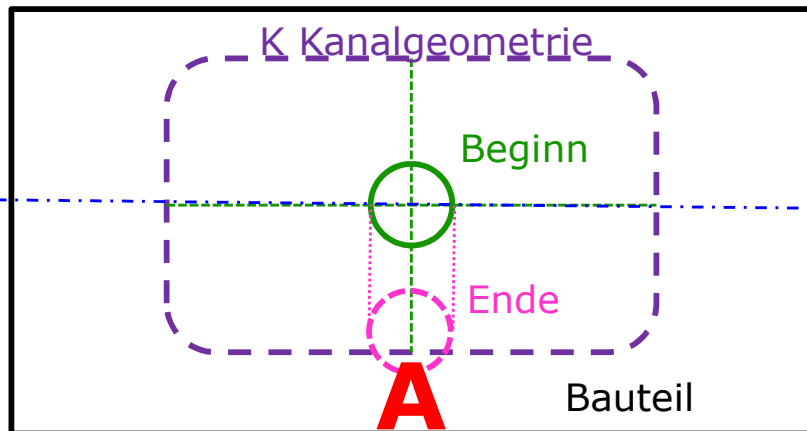


Finanzierung durch BMBF
 Förderkennzeichen 03FUS0011:
 Test-Blanket-Module für ITER:
 Entwicklung und
 Qualifizierung industrieller
 Fertigungstechnologien



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

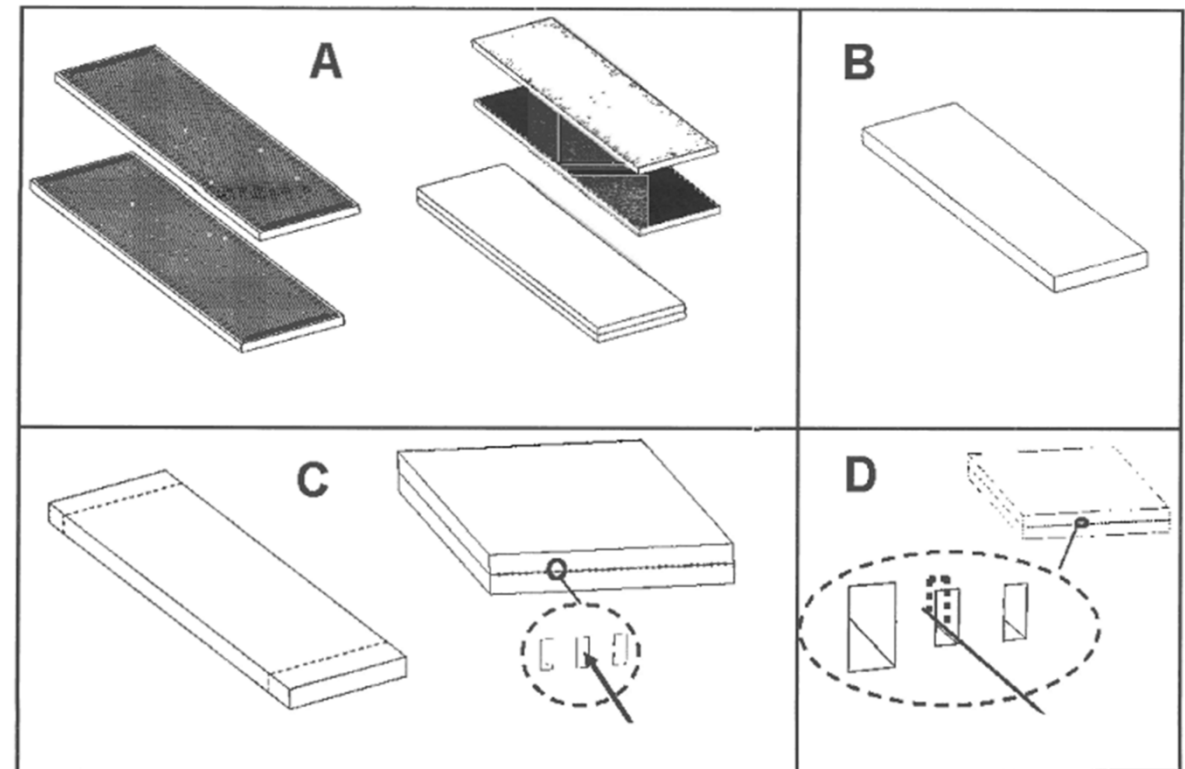
Warum ist es interessant die Grenze von L/D zu überschreiten?

- 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

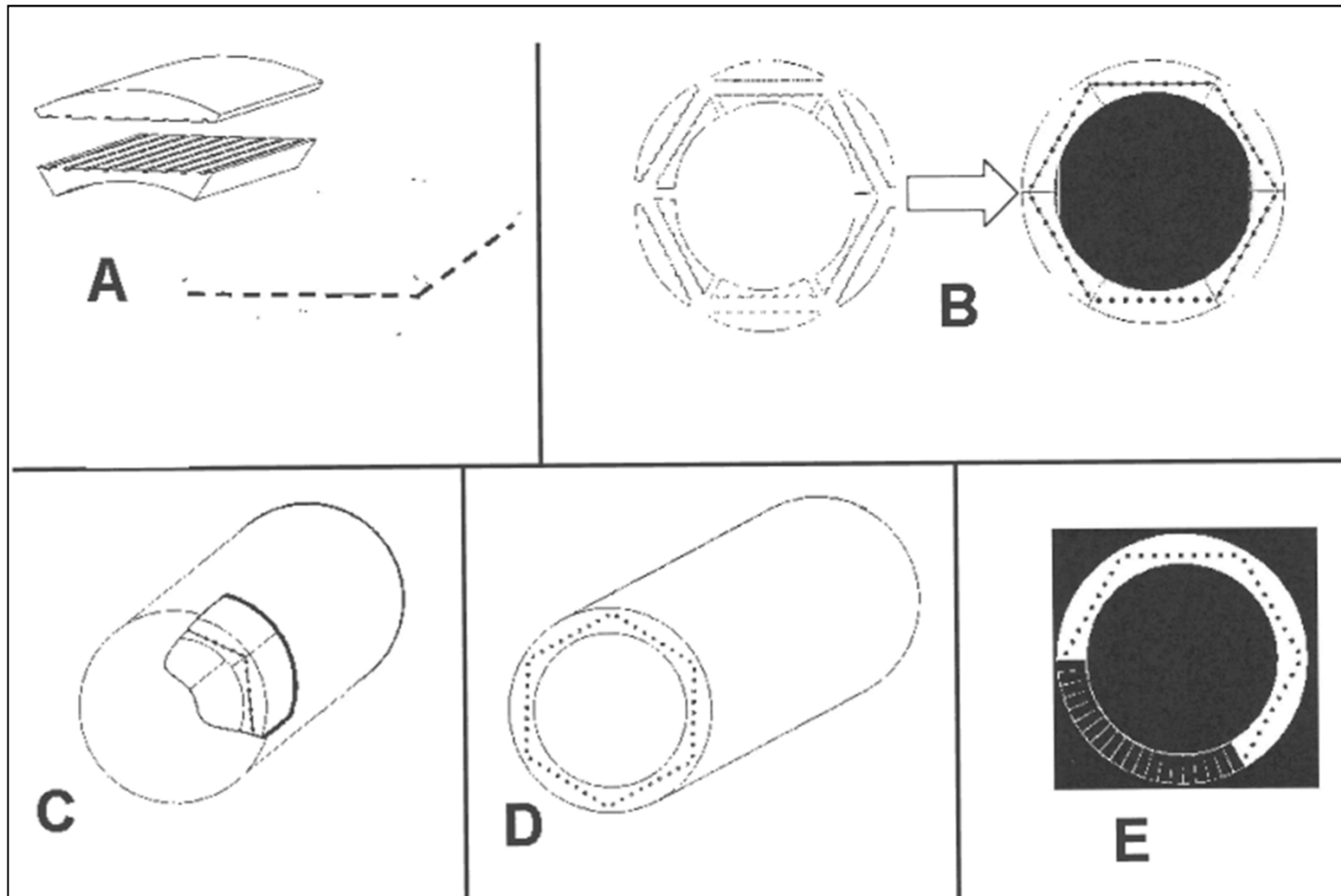
- Einbringung der Startlochkanals als Nut in eine Halbzeug-Oberfläche z.B. mittels Fräsen (A)
- Danach zusammensetzen eines Bauteiles aus mehreren Halbzeugen (A)
- Oberflächiges Fügen an den Trennlinien, z.B. EB-Schweißen (A)
- Danach flächiges Fügen mittels Diffusionsschweißen, HIP (B)
- Abtrennen der 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 ~ 1.5 mm Startlochdurchmesser / ~ 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.

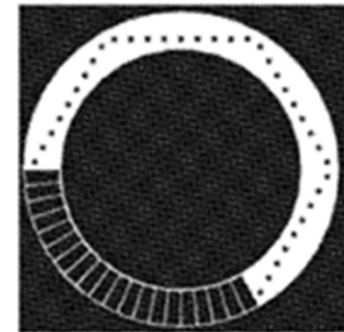
Diese Einschränkung kann mit dem in DE102015110522A1 beschriebenen Ansatz umgangen werden, deutlich längere Bauteile mit identischer Kanalstruktur sind herstellbar

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)

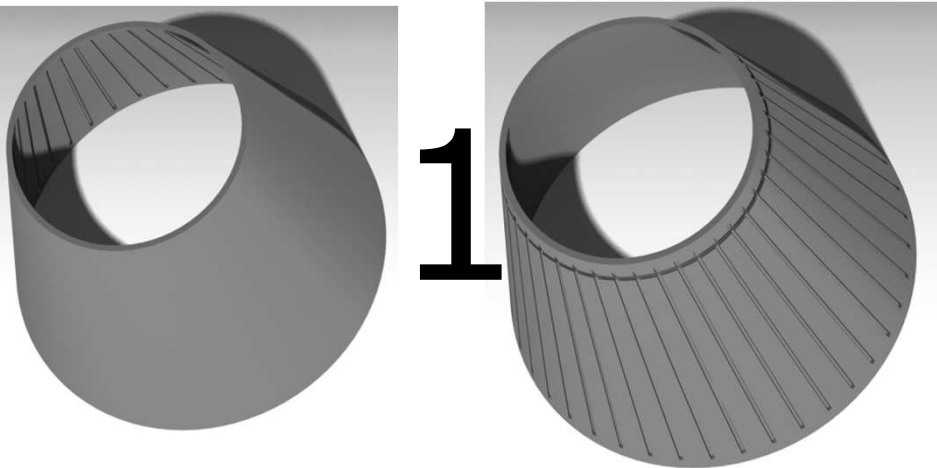
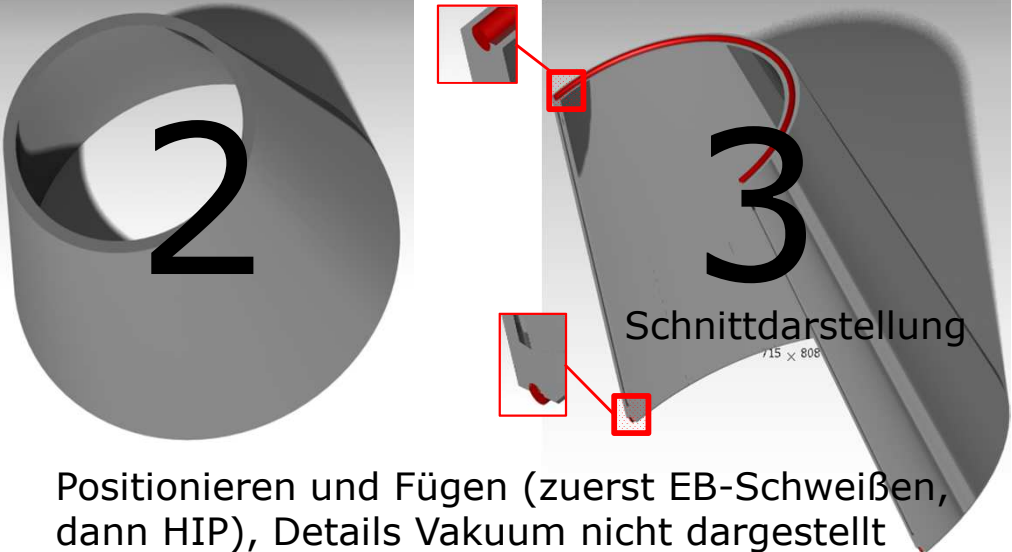




- Das Bauteil besitzt Startlochkanäle zum Einfädeln von Schneiddrähten
- Nach dem Fügen der Segmente durch HIP kann das Bauteil als ein homogener Körper aus einem Material gesehen werden.
- **Vorteil: Einzige Schwachstelle ist die HIP-Naht, vgl. höhere Einsatztemperaturen sind möglich als z.B. bei einem 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>1</p> <p>Oberflächige Einbringung von Kanalstruktur in Innen- und Außenhülle + Verbindung der Kanäle zum Evakuieren</p>	 <p>2</p> <p>3</p> <p>Schnittdarstellung 15 x 80</p> <p>Positionieren und Fügen (zuerst EB-Schweißen, dann HIP), Details Vakuum nicht dargestellt</p>	
 <p>4</p> <p>Schnittdarstellung</p> <p>Abtrennen von Ober- und Unterseite, Freilegen der Startlöcher</p>	 <p>5</p> <p>Fertigschneiden der Kanäle mittels Draht-erodieren</p>	<p>Bereits mittels Draht-Erodieren demonstrierte Abmessungen:</p> <ul style="list-style-type: none">• Kanallänge $L = 800 \text{ mm}$• Kanalquerschnitt = $2,6 \times 4,5 \text{ mm}^2$• Wandstärke: 1.2 mm• Toleranz Wandstärke $\pm 0,12 \text{ mm}$ <p>Eine Steigerung auf $L = 1600 \text{ mm}$ bei gleichem Kanalquerschnitt ist mit der Technologie des KIT realisierbar</p>