

(19)



Europäisches Patentamt  
European Patent Office  
Office européen des brevets



(11)

**EP 1 618 993 A1**

(12)

## EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:  
**25.01.2006 Patentblatt 2006/04**

(51) Int Cl.:  
**B24C 1/08 (2006.01)**

(21) Anmeldenummer: **04017335.3**

(22) Anmeldetag: **22.07.2004**

(84) Benannte Vertragsstaaten:  
**AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR  
HU IE IT LI LU MC NL PL PT RO SE SI SK TR**  
Benannte Erstreckungsstaaten:  
**AL HR LT LV MK**

- **Wons, Torsten**  
**9450 Altstätten (CH)**
- **Messelink, Wilhelmus**  
**9000 St. Gallen (CH)**

(71) Anmelder: **FISBA OPTIK AG**  
**9016 St. Gallen (CH)**

(74) Vertreter: **Müller, Christoph Emanuel et al**  
**Hepp, Wenger & Ryffel AG,**  
**Friedtalweg 5**  
**9500 Wil (CH)**

(72) Erfinder:  
• **Fähnle, Oliver, Dr.**  
**9000 St. Gallen (CH)**

(54) **Vorrichtung zum Abtragen von Material, Verwendung von Gaseinschlüssen in einer Abrasiv-Flüssigkeit und Verfahren zum Schleifen und/oder Polieren von Oberflächen**

(57) Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung (1) zum Abtragen von Material einer Oberfläche (S) eines Werkstücks beim Schleifen und/oder Polieren der Oberfläche mittels Abrasivmittel-Teilchen (5), die von einer Flüssig-

keit (3) gefördert werden. Die Vorrichtung enthält eine Einrichtung (8,13,16,19,M) zum Einstellen des Gasgehalts in der Flüssigkeit, insbesondere zum Beifügen von Gas (4), insbesondere Luft, zur Flüssigkeit (3).

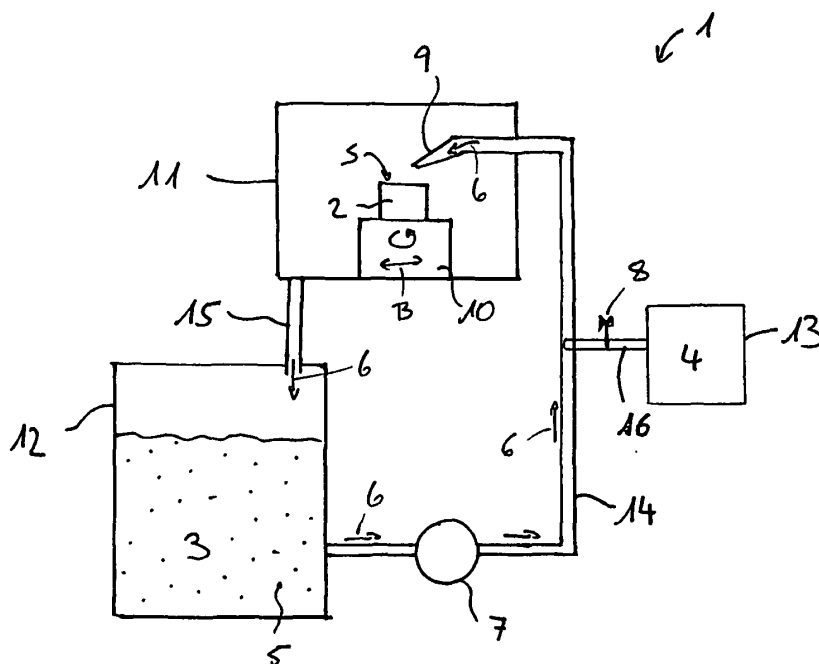


Fig. 1

EP 1 618 993 A1

## Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zum Abtragen von Material, die Verwendung von Gaseinschlüssen in einer Abrasiv-Flüssigkeit und ein Verfahren zum Abtragen von Material beim Schleifen und/oder Polieren von Oberflächen von Werkstücken gemäss den Merkmalen der unabhängigen Patentansprüchen.

[0002] Es ist bekannt, Oberflächen mit Abrasivmittel-Teilchen, die in einer Flüssigkeit gefördert werden, zu schleifen oder zu polieren. Das hat den Vorteil, dass auf ein Schleifwerkzeug verzichtet werden kann.

[0003] Die Abtragsrate der Oberfläche hängt einerseits von der Grösse der Abrasivmittel-Teilchen im Strahl ab. Andererseits hängt sie von der Energie und dadurch von der Geschwindigkeit der Partikel zum Zeitpunkt ab, wenn sie auf die Oberfläche prallen. Als Abtragsrate wird das der Materialabtrag pro Zeit betrachtet.

[0004] Aus US 5 700 181 sind beispielsweise ein Verfahren zum Schleifen und eine Düse zum Beschleunigen der Abrasiv-Flüssigkeit bekannt. Die Abrasiv-Flüssigkeit wird unter hohem Druck in die Düse gefördert und von dort auf die Oberfläche beschleunigt. Die Beschleunigung findet einerseits in der Düse, andererseits im Spalt zwischen der Düse und dem zu bearbeitenden Werkstück statt.

[0005] Ein ähnliches Verfahren ist aus EP 1 409 199 bekannt. Statt einer Düse wird ein Werkzeug mit einem breiten Auslass verwendet. Die Beschleunigung der Abrasivmittel-Teilchen findet im Spalt zwischen dem Auslass und der Oberfläche statt.

[0006] Diese bekannten Verfahren haben Nachteil, dass beim stark abtragenden Bearbeiten, insbesondere Schleifen, gröbere Abrasivmittel-Teilchen verwendet werden müssen als zum Feinschleifen und Polieren. Durch die gröberen Teilchen entstehen auch gröbere Schleifspuren, die anschliessend mit dem feineren Korn geglättet werden müssen. Der Übergang von Schleifen zu Polieren kann auch nicht kontinuierlich erfolgen. Zwischen Schleifen und Feinschleifen/Polieren muss das Schleifmittel gewechselt werden.

[0007] Die Verwendung von unterschiedlich groben Teilchen erfordert eine äusserst gründliche Reinigung des Geräts und des Werkstücks, wenn feiner geschliffen oder poliert werden soll. Falls beim Feinschleifen oder Polieren noch gröbere Teilchen vorhanden sind, führen diese zu tiefen Kratzspuren, die das gesamte Werkstück unbrauchbar machen können.

[0008] Oft werden für das Schleifen und für das Polieren unterschiedliche Geräte verwendet. Diese Geräte können beispielsweise mit unterschiedlichem Druck arbeiten. Dies erhöht die Beschaffungs- bzw. Herstellungskosten. Ausserdem muss das Werkstück während dem Bearbeitungsvorgang transportiert werden. Dies wiederum erhöht die Arbeitszeit und die Herstellungskosten. Dabei können ausserdem Verunreinigungen entstehen oder das Werkstück kann beschädigt werden,

[0009] Es ist die Aufgabe der vorliegenden Erfindung

die Nachteile des Bekannten zu vermeiden, also insbesondere eine verbesserte Vorrichtung und ein verbessertes Verfahren zum Schleifen und/oder Polieren von Oberflächen zu schaffen bei dem ein Wechsel zwischen Schleifen und Polieren auf einfache Art und Weise erfolgen kann. Insbesondere soll die Abtragsrate auf möglichst einfache Weise individuell eingestellt werden.

[0010] Diese Aufgabe wird mit einer Vorrichtung, mit der Verwendung von Gaseinschlüssen in der Abrasiv-Flüssigkeit und mit einem Verfahren zum Abtragen von Material beim Schleifen und/oder Polieren von Oberflächen gemäss den unabhängigen Patentansprüchen gelöst. Es hat sich überraschend gezeigt, dass mit steigendem Gasanteil bei gleicher Grösse des Schleifkorns und gleichen Prozessparametern (z.B. Förderdruck) die Abtragsrate erhöht wird. Wenn die Vorrichtung mit einer Einrichtung zum Einstellen des Gasanteils in der Flüssigkeit versehen ist, lässt sich daher die Abtragsrate auf einfache Weise kontrollieren oder ändern. Dank der vorliegenden Erfindung ist es möglich, mit relativ kleinen Korngrössen grosse Abtragraten zu erzielen. Durch das Einstellen eines hohen Gasanteils wird die Abtragsrate erhöht, ohne dass grösseres Schleifkorn eingesetzt werden muss.

[0011] Vorteilhaft lässt sich dabei auch die Abtragsrate und auch der Übergang von grobem Schleifen zum Feinschleifen und zum Polieren kontinuierlich variieren. Auch lässt sich die Korngrösse der Schleifkörner und der Förderdruck der Abrasiv-Flüssigkeit für grobes und feines Schleifen sowie für das Polieren gleich halten. Durch die Einstellung des Gasanteils in der Flüssigkeit wird die Abtragsrate auf einfache Art und Weise kontrolliert und nach Bedarf geändert. Dabei kann mit gleichem Förderdruck und mit gleichem Schleifkorn gearbeitet werden. Der Wechsel von einer Korngrösse zur anderen und die damit verbundene Reinigung der Maschine entfällt.

[0012] Die Vorrichtung zum Abtragen von Material einer Oberfläche eines Werkstücks beim Schleifen bzw. Polieren der Oberfläche mittels Abrasivmittel-Teilchen, die von einer Flüssigkeit gefördert werden, enthält dazu bevorzugt eine Einrichtung zum Beimengen von Gas zur Flüssigkeit.

[0013] Dieses Gas ist vorzugsweise Luft, weil Luft kostengünstig ist und die Umwelt nicht belastet. Andere Gase bzw. Gasmischungen, z.B. Argon, Helium, Stickstoff, CO<sub>2</sub> oder Sauerstoff, können aber ebenfalls verwendet werden und sind von der Erfindung nicht ausgeschlossen. Das Gas kann entweder in Form von Gasbläschen oder in gelöster bzw. gebundener Form in der Flüssigkeit enthalten sein.

[0014] Die vorliegende Erfindung bringt den Vorteil, dass mit einer Vorrichtung je nach Bedarf ein Werkstück sowohl geschliffen als auch poliert werden kann. Je mehr Gas die Abrasiv-Flüssigkeit enthält, desto grösser ist die Abtragsrate. Teure und verfahrenstechnisch heikle Schritte wie das Reinigen des Werkstücks oder des Geräts oder der Transport des Werkstücks von einem Gerät zu einem anderen entfallen somit.

**[0015]** Die Vorteile der vorliegenden Erfindung sind besonders vorteilhaft beim Schleifen und Polieren von Hochpräzisions-Teilen, wie z.B. Teilen aus der Optik oder Medizinaltechnik. Durch die breite Einsetzbarkeit der Vorrichtung und des Verfahrens können sowohl sphärische als auch asphärische Formen exakt geschliffen und poliert werden.

**[0016]** Es ist vorteilhaft wenn die Einrichtung zum Beimengen des Gases zur Flüssigkeit eine Anordnung zum Einstellen der Menge des zugefügten Gases umfasst. Dabei ist es vorteilhaft, wenn die Menge des zugeführten Gases kontinuierlich variierbar ist. Damit lässt sich z.B. die Abtragate durch Erhöhen der Gasmenge erhöhen. Reduzieren der Gasmenge führt zu kleinerem Abtrag. Vorzugsweise lassen sich durch vollständigen Gasentzug fein polierte Oberflächen erreichen.

**[0017]** Die Einrichtung zum Beimengen des Gases zur Flüssigkeit kann beispielsweise in einem Tank für die Flüssigkeit angeordnet sein. Ebenfalls denkbar ist es, die Einrichtung in einer Pumpe zum Fördern der Flüssigkeit oder in einer Förderleitung für die Flüssigkeit anzubringen. Kombinationen davon zum effizienteren und kontrollierteren Beifügen des Gases sind vorteilhaft.

**[0018]** Das Gas kann zum Beispiel mit einem Propeller im Tank beigefügt werden. Weiter kann ein Druckanschluss an die Leitung, den Tank oder die Pumpe vorgesehen sein. Ausserdem ist es auch möglich, das Gas chemisch, z.B. mit Tabletten beizufügen. Beispielsweise kann in der Art von Brausetabletten ein in Tablettenform gepresster chemischer Stoff dem Wasser beigefügt werden, der bei Kontakt mit Wasser reagiert und gasförmige Reaktionsprodukte abgibt. Es ist auch denkbar, dem Wasser elektrolytisch Gas beizufügen bzw. Gas elektrolytisch im Wasser zu erzeugen. Durch Anlegen einer Spannung in der Abrasiv-Flüssigkeit können z.B. Wassermoleküle in der Schleifflüssigkeit zu Wasserstoff und Sauerstoff getrennt werden. Kombinationen der genannten Möglichkeiten sowie weitere, dem Fachmann bekannte Möglichkeiten sind von der Erfindung ebenfalls umfasst.

**[0019]** Der Gasgehalt wird erfindungsgemäss kontrolliert und eingestellt. Typischerweise wird die Gasmenge (in Volumenprozent) auf gewünschte Werte eingestellt. Dabei kann das Gas entweder in der Flüssigkeit gelöst bzw. gebunden sein oder in Form von Blasen darin vorliegen.

**[0020]** Es kann auch eine Regelanordnung zum Regeln des Gasgehalts eingesetzt werden. Dabei wird der Gasanteil in der Flüssigkeit laufend gemessen und abhängig von dieser Messung eingestellt.

**[0021]** Wenn das Gas gelöst bzw. gebunden ist, kann das Mischverhältnis über die Viskosität der Abrasiv-Flüssigkeit bestimmt werden. Je grösser der Gasanteil in der Flüssigkeit ist, desto geringer wird die Viskosität.

**[0022]** Wenn das Gas in Blasen vorliegt, kann die Blasengrösse z.B. optisch bestimmt werden. Damit die Abtragate günstig beeinflusst wird, ist es vorteilhaft, wenn die entstehenden Gasblasen grösser sind als die Abra-

sivmittel-Teilchen.

**[0023]** In beiden Fällen findet die Messung vorzugsweise zwischen einer Pumpe für die Abrasiv-Flüssigkeit und einer Austritts-Öffnung für die Flüssigkeit statt.

**[0024]** Über den Gasgehalt in der Flüssigkeit wird die Abtragate an der Oberfläche des Werkstücks kontrolliert. Je grösser der Gasanteil in der Abrasiv-Flüssigkeit ist, desto grösser ist auch die Abtragate.

**[0025]** Die Abtragate hängt von der Aufprallenergie der Abrasivmittel-Teilchen ab. Der Übergang vom Schleifen zum Polieren von Oberflächen kann über den Gasanteil in der Abrasiv-Flüssigkeit direkt kontrolliert werden. Je kleiner der Gasanteil in der Abrasiv-Flüssigkeiten, desto kleiner ist die Abtragate, und desto eher wird die Oberfläche poliert. Bei spröden Oberflächen, z.B. bei Werkstücken aus Keramik oder Glas, kann der Übergang vom Schleifen zum Polieren zugleich einem Übergang vom spröden zum duktilen Abtragen von Material von der Oberfläche entsprechen. (Siehe z.B. Appl. Opt. 37, pp. 6771-6773 (1998))

**[0026]** Es wird angenommen, dass sich die Abtragate durch den Gasgehalt in der Flüssigkeit erhöht, weil die Gaseinschlüsse beim Aufprall besser kompressibel sind als die Flüssigkeit selbst. Die Schleifmittelteilchen werden kurz vor dem Aufprall durch die Flüssigkeit also stärker gebremst als durch das Gas. Je grösser der Gasanteil, desto grösser ist also auch die Aufprallenergie der Abrasivmittel-Teilchen.

**[0027]** Weiter werden Teilchen, die sich in einer Gasblase befinden, beim Auftreffen auf die Oberfläche weniger stark gekühlt als Teilchen, die von Flüssigkeit umgeben sind. Es wird davon ausgegangen, dass durch die erhöhte Temperatur die Wahrscheinlichkeit steigt, dass sich Risse bilden. Dadurch wird die Abtragate erhöht, weil beim spröden Abtragen von Material dem Abtrag eine Rissbildung auf der Oberfläche vorangeht.

**[0028]** Wenn das Gas nicht in Bläschen vorliegt sondern in der Flüssigkeit gelöst ist, sinkt die Viskosität der Abrasiv-Flüssigkeit. Bei gleichem Förderdruck wird die Abrasiv-Flüssigkeit dadurch stärker beschleunigt. Über diese grössere Beschleunigung steigt die Aufprall-Energie der Abrasivmittel-Teilchen an.

**[0029]** Es ist ausserdem möglich, dass weitere Faktoren zur erhöhten Abtragate beitragen.

**[0030]** Die erfindungsgemäss Vorrichtung ist bevorzugt zur Erzeugen eines Förderdrucks von weniger als 100 bar, besonders bevorzugt von weniger als 50 oder sogar weniger als 20 bar ausgelegt. Wenn gemäss einem der vorstehend bevorzugten Ausführungsformen der Erfindung der Flüssigkeit ein Gas beigemengt wird, kann die Aufprallenergie der Schleifmittelteilchen erhöht werden. Dies erlaubt bei gleich bleibender Abtragate eine Reduktion des Förderdrucks. Im Vergleich zu Hochdruckanordnungen wird so beim Fördern Energie eingespart, was sich ökonomisch als auch ökologisch günstig auswirkt. Eine weitere Reduktion des Förderdrucks lässt sich auch durch entsprechende, geeignete Anordnungen zum Beschleunigen der Abrasiv-Flüssigkeit erzielen. So

kann beispielsweise eine Anordnung zum Beschleunigen der Abrasiv-Flüssigkeit vorgesehen werden, in welcher die Abrasiv-Flüssigkeit vorteilhaft auf eine Geschwindigkeit von über 20 m/s beschleunigt wird. Dadurch erhalten die Abrasivmittel-Teilchen die notwendige Energie, damit Material abgetragen wird. Die Energie der Teilchen wächst quadratisch mit der Geschwindigkeit des Strahls an.

**[0031]** Die Beschleunigungsanordnung kann beispielsweise eine oder mehrere Düsen aufweisen.

**[0032]** Die Anordnung zum Beschleunigen der Abrasiv-Flüssigkeit kann auch eine Anordnung zum Einstellen des Abstands zwischen mindestens einer Austrittsöffnung der Flüssigkeit und der Oberfläche enthalten. Die Beschleunigung ist dann zwischen der mindestens einen Austrittsöffnung und der Oberfläche in Abhängigkeit des Querschnitts einer Flüssigkeitszufuhr-Öffnung und dem Querschnitt des Spalts zwischen der Oberfläche und der mindestens einen Austrittsöffnung einstellbar. Je kleiner der Spalt im Vergleich zum Querschnitt der Flüssigkeitszufuhr-Öffnung ist, desto stärker ist die Beschleunigung der Abrasiv-Flüssigkeit. Beispielsweise könnte die Anordnung gemäss EP 1 409 199 gestaltet sein.

**[0033]** Die Kombination von mechanischen Massnahmen zur Erhöhung der Austrittsgeschwindigkeit und dem Beifügen von Gas zum Erhöhen der Auftreffgeschwindigkeit der Partikel auf der zu bearbeitenden Oberfläche führt auf besonders effektive Weise zu einer Reduktion des notwendigen Förderdrucks. Gleichzeitig ist aufgrund der Regulierbarkeit des Gasanteils eine individuelle Einstellung der Abtragsrate möglich. Besonders vorteilhaft ist, dass bei gleichen Prozessparametern und gleicher Abrasiv-Flüssigkeit durch das zuführen von Gas eine bessere Abtragsrate erzielt werden kann.

**[0034]** Die Abrasivmittel-Teilchen haben vorzugsweise einen durchschnittlichen Korndurchmesser unter 50  $\mu\text{m}$ , vorzugsweise 1 bis 10  $\mu\text{m}$ . Die Korngrösse variiert aber je nach Anwendung. Je feiner die Oberfläche poliert werden soll, desto feinere Abrasivmittel-Teilchen werden verwendet.

**[0035]** Falls Gasblasen erzeugt werden, sollte ihre Durchmesser grösser sein als der Durchmesser der Abrasivmittel-Teilchen

**[0036]** Die Förderflüssigkeit ist bevorzugt vorwiegend Wasser. Andere bekannte Flüssigkeiten liegen aber ebenfalls im Rahmen der Erfindung. Andere Flüssigkeiten, z.B. auf Öl- oder Alkoholbasis können ebenfalls geeignet sein.

**[0037]** Die Verwendung von Gaseinschlüssen einer Förderflüssigkeit für Abrasivmittel-Teilchen zum Beeinflussen der Abtragsrate beim Abtragen von Material einer Oberfläche eines Werkstücks beim Schleifen bzw. Polieren der Oberfläche liegt ebenfalls im Rahmen der Erfindung. Das Gas ist vorzugsweise Luft.

**[0038]** Beim Verfahren zum Abtragen von Material einer Oberfläche eines Werkstücks zum Schleifen bzw. Polieren der Oberfläche mit Schleifmittelteilchen, die von einer Flüssigkeit gefördert werden, wird die Abtragsrate

durch die Einstellung des Gasanteils in der Förderflüssigkeit beeinflusst, insbesondere durch das Beimengen eines Gases zur Abrasiv-Flüssigkeit. Vorzugsweise ist das Gas Luft, andere Gase sind von der Erfindung aber nicht ausgenommen.

**[0039]** Vorzugsweise wird der Abrasiv-Flüssigkeit Gas von 0 bis 70% des Gesamtvolumens beigemischt. Je grösser die Menge des beigemischten Gases, desto grösser ist die Abtragsrate. Zum Polieren der Oberfläche wird kein oder nur wenig Gas beigemischt, da beim Polieren eine geringe Abtragsrate erwünscht ist.

**[0040]** Es ist durchaus denkbar, während des Abtragsverfahrens die Menge und/oder Art der erzeugten Gasblasen bzw. das Mischverhältnis des gelösten oder gebundenen Gases zur Flüssigkeit zu variieren. So ist es insbesondere denkbar, in einem ersten Schritt durch Zufuhr einer grossen Gasmenge hohe Abtragsraten zu erzielen und in einem zweiten Schritt während des gleichen Bearbeitungsverfahrens die Menge der Gaszufuhr zu reduzieren und so die Abtragsrate zu reduzieren. In diesem Fall erfolgt in einem zweiten Schritt bei Zugabe von weniger Gas oder ohne Gaszugabe ein Polieren.

**[0041]** In einem bevorzugten Ausführungsbeispiel verläuft die Reduktion der Gaszufuhr kontinuierlich. Der Übergang vom Schleifen zum Polieren ist dadurch nicht diskret.

**[0042]** Vorteilhaft wird der Förderdruck der Abrasiv-Flüssigkeit zum Schleifen sowie zum Polieren bei unter 100 bar, vorteilhaft unter 50 bar, besonders vorteilhaft unter 20 bar, konstant gehalten. Dadurch vereinfacht sich das Verfahren, weil der Förderdruck der Flüssigkeit nicht verändert werden muss, wenn die Abtragsrate variiert werden soll.

**[0043]** Im Folgenden wird die Erfindung anhand von Ausführungsbeispielen und Zeichnungen erläutert. Es zeigen:

Figur 1 ein Ausführungsbeispiel der erfindungsgemässen Vorrichtung in einer schematischen Darstellung,

Figur 2 eine alternative Ausführungsform der erfindungsgemässen Vorrichtung in einer schematischen Darstellung und,

Figur 3 eine weitere alternative Ausführungsform der erfindungsgemässen Vorrichtung in einer schematischen Darstellung.

**[0044]** In Figur 1 ist ein erstes Ausführungsbeispiel der Erfindung schematisch dargestellt. Ein Werkstück 2 befindet sich auf einer Halterung 10 in einem abgeschlossenen Behälter 11. Die Oberfläche S, welche geschliffen und poliert werden soll, befindet sich auf der Oberseite des Werkstücks 2.

**[0045]** Die Halterung 10 ist entlang einer Längsachse verschiebbar und um eine vertikale Achse drehbar. Die Bewegung der Halterung 10 ist mit den Pfeilen B ange-

deutet.

**[0046]** In einem Flüssigkeitstank 12 befindet sich eine Flüssigkeit 3, in diesem Beispiel Wasser. Dem Wasser 3 sind Abrasivmittel-Teilchen 5 in einer Konzentration von 10 % des Gewichts zugegeben. Es werden Abrasivmittel-Teilchen 5 aus Silizium-Karbit mit einer Korngrösse von 7 µm Durchmesser verwendet. Die Abrasiv-Flüssigkeit 3 wird mit einer Pumpe 7 in Richtung der Pfeile 6 durch die Förderleitung 14 gefördert. Der Förderdruck beträgt 12 bar.

**[0047]** Das Abtragen von Material findet bei Zimmertemperatur, d.h. bei ca. 21°C statt. Durch die mechanische Belastung kann sich die Abrasiv-Flüssigkeit auf ca. 25°C erwärmen, was die Abtragrate jedoch nicht negativ beeinflusst.

**[0048]** Die Förderleitung 14 führt in den Innenraum des Behälters 11. Dort wird das Wasser 3 mit einer Düse 9 auf ca. 40 m/s beschleunigt. Die Düse 9 ist auf die Oberfläche S gerichtet, die mit der Haltevorrichtung 10 darunter bewegt wird.

**[0049]** In einem Drucktank 13 befindet sich Luft 4, die über eine Anschlussleitung 16 in das Wasser 3 eingebracht werden kann. Die Luftzufuhr wird über ein Ventil 8 variiert. Je grösser die erwünschte Abtragrate ist, desto mehr wird Luft 4 dem Wasser 3 beigelegt. Der maximale Luftgehalt im Wasser 3 beträgt 70% des Gesamtvolumens. Der Druck im Tank 13 beträgt 250 bar. Zugeführt wird die Luft 4 mit einem Druck von 14 bis 50 bar. Wesentlich ist hierbei, dass der Zufuhrdruck der Luft grösser ist als der Förderdruck des Wassers. Zum Polieren wird die Luftzufuhr unterbunden oder zumindest reduziert.

**[0050]** Das verwendete Wasser 3 wird über einen Abfluss 15 wieder in den Tank 12 geführt. Die Abrasivmittel-Teilchen 5 befinden sich also in einem geschlossenen Kreislauf, welcher mit den Pfeilen 6 angedeutet ist. Dadurch wird der Materialverbrauch möglichst gering gehalten.

**[0051]** Die Luftzufuhr wird an einem Referenz-Werkstück (nicht dargestellt) geeicht. Die Abtragrate kann dann aufgrund dieser Eichung beim Werkstück 2 nach Bedarf eingestellt werden.

**[0052]** Eine alternative Ausführungsform der erfindungsgemässen Vorrichtung 1 ist in Figur 2 dargestellt. Wie im Ausführungsbeispiel nach Figur 1 befindet sich die Abrasiv-Flüssigkeit 3 auch bei dieser Ausführungsform in einem geschlossenen Kreislauf, der durch die Pfeile 6 angedeutet ist. Die verwendete Flüssigkeit 3 ist wiederum Wasser.

**[0053]** Zur Beschleunigung des Wassers 3 auf die Oberfläche S des Werkstücks 2 wird in diesem Beispiel im Gegensatz zum Beispiel gemäss Figur 1 keine Düse verwendet. Statt dessen tritt die Abrasiv-Flüssigkeit 3 durch einen Förderkopf 17 aus. Die Beschleunigung des Wassers 3 findet im Spalt 18 statt, der zwischen dem Kopf 17 und der Oberfläche S gebildet wird. Zur Regulierung der Breite des Spalts 18 ist die Haltevorrichtung 8 wie mit den Pfeilen B angedeutet auch in eine vertikale

Richtung verschiebbar. Die Beschleunigung ist umso grösser, je kleiner die Fläche des Spalts im Vergleich zur Querschnittsfläche der Förderleitung 14 ist. Das Verhältnis der Querschnittsfläche der Förderleitung zur Fläche des Spalts beträgt in diesem Beispiel 10 : 1.

**[0054]** Die Abtragrate wird durch die Zufuhr von Luft 4 in das Wasser 3 im Tank selbst kontrolliert. Luft 4 befindet sich im Tank 12 oberhalb des Wassers 3 und wird mit einem Propeller 19 unter das Wasser 3 gerührt. Angetrieben wird der Propeller 19 durch einen Elektromotor M. Die Drehzahl des Motors M bestimmt die Menge der zugeführten Luft 4. Da das Wasser 3 in einem geschlossenen Kreislauf verwendet wird, ist der Stand des Wassers 3 relativ konstant. Der Propeller 19 ist im Vergleich zum Wassertank 12 gross genug, dass sich Schwankungen des Wasserstands nicht negativ auf die zugeführte Luftmenge auswirken.

**[0055]** Figur 3 zeigt eine Vorrichtung analog Figur 1. Zusätzlich ist aber eine Vorrichtung zum Reduzieren des Luftgehalts im Wasser 3 im Tank 12 vorgesehen. Der Gasanteil von Wasser kann aufgrund von Umgebungsparametern variieren. In gewissen Fällen kann es gewünscht oder notwendig sein, den Gasgehalt zu reduzieren, um die gewünschte Abtragrate zu erzielen. Dies kann z.B. dann der Fall sein, wenn die Oberfläche besonders fein poliert werden soll.

**[0056]** Gemäss Figur 3 sind zur Reduktion des Luftgehalts im Wasser 3 Ultraschall-Sender 20 im Tank 12 angebracht. Diese senden Ultraschall-Wellen 21 aus, welche die Lufteinschlüsse im Wasser 3 verdrängen. Selbstverständlich sind andere Ausführungsformen der Erfindung realisierbar. Die hier erwähnten Beispiele dienen nur zur Erläuterung und haben keine einschränkende Wirkung.

## Patentansprüche

1. Vorrichtung (1) zum Abtragen von Material einer Oberfläche (S) eines Werkstücks (2) beim Schleifen und/oder Polieren der Oberfläche (S) mittels Abrasivmittel-Teilchen (5), die von einer Flüssigkeit (3) gefördert werden, enthaltend eine Einrichtung (8,13,16; 19,M) zum Einstellen des Gasanteils in der Flüssigkeit, insbesondere zum Beimengen von Gas (4), insbesondere Luft, zur Flüssigkeit (3).
2. Vorrichtung (1) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Einrichtung (8,13,16; 19,M) zum Beimengen von Gas (4) eine Einstellanordnung (8; M) zum Einstellen der Menge des beigelegten Gases (4) umfasst.
3. Vorrichtung (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Einrichtung (8,13,16; 19,M) zum Beimengen von Gas (4) zur Flüssigkeit (3) in oder an einem Tank (12) für die Flüssigkeit (3), in oder an einer Pumpe (7) zum För-

dern der Flüssigkeit (3) und/oder in einer Förderleitung (14) für die Flüssigkeit (3) angeordnet ist.

4. Vorrichtung (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Einrichtung (8, 13, 16; 19,M) zum Beimengen von Gas mit einem Druck ausgebildet ist, der grösser ist als der Förderdruck der Flüssigkeit (3).
5. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Einrichtung (8, 13, 16; 19,M) zum Beimengen von Gas zur Flüssigkeit (3) mit einem Volumenanteil von bis zu 70% gemessen am Gesamtvolumen ausgebildet ist.
6. Vorrichtung (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Vorrichtung zum Erzeugen eines Förderdrucks von weniger als 100 bar, insbesondere weniger als 50 bar, ausgelegt ist.
7. Vorrichtung (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine Anordnung (9; 17,18) zum Beschleunigen der Abrasiv-Flüssigkeit (3) vorgesehen ist.
8. Vorrichtung nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Abrasiv-Flüssigkeit (3) auf eine Geschwindigkeit von über 20 m/s beschleunigbar ist.
9. Vorrichtung (1) nach Anspruch 7 oder 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Anordnung (9; 17,18) zum Beschleunigen mindestens eine Düse (9) aufweist.
10. Vorrichtung (1) nach Anspruch 7 oder 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Anordnung (9; 17,18) zum Beschleunigen der Abrasiv-Flüssigkeit (3) eine Anordnung (B) zum Einstellen des Abstands zwischen mindestens einer Austrittsöffnung (17) der Flüssigkeit (3) und der Oberfläche (S) enthält und die Beschleunigung zwischen der mindestens einen Austrittsöffnung (17) und der Oberfläche (S) in Abhängigkeit von Querschnitt einer Flüssigkeitszufuhr-Öffnung und dem Querschnitt des Spalts (18) zwischen der Oberfläche (S) und der mindestens einen Austrittsöffnung (17) einstellbar ist.
11. Vorrichtung (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Vorrichtung zur Verwendung von Abrasivmittel-Teilchen (5) mit einem durchschnittlichen Korndurchmesser von unter 50  $\mu\text{m}$ , vorzugsweise 1 bis 10  $\mu\text{m}$ , ausgelegt ist.
12. Vorrichtung nach Anspruch 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Einrichtung (8, 13, 16; 19,M) zum Beimengen von Gas zum Erzeugen von Gasblasen in der Flüssigkeit (3) mit einem durchschnittlichen

Durchmesser ausgelegt ist, welcher grösser ist als der durchschnittliche Korndurchmesser der Abrasivmittel-Teilchen (5).

13. Verwendung von Gaseinschlüssen, insbesondere Lufteinschlüssen, in einer Förderflüssigkeit (3) für Abrasivmittel-Teilchen (5) zum Kontrollieren der Abtragrate Abtragen von Material einer Oberfläche (S) eines Werkstücks beim Schleifen und/oder Polieren der Oberfläche (S).
14. Verfahren zum Abtragen von Material, insbesondere Schleifen und/oder Polieren einer Oberfläche (S) eines Werkstücks mit Abrasivmittel-Teilchen (5), die von einer Flüssigkeit (3) gefördert werden, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Gasanteil in der Flüssigkeit eingestellt wird.
15. Verfahren nach Anspruch 14, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Flüssigkeit (3) Gas (4), insbesondere Luft beigefügt wird.
16. Verfahren nach Anspruch 14 oder 15, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Abrasiv-Flüssigkeit (3) Gas (4) von 0 bis 70% des Volumens zugeführt wird.
17. Verfahren nach Anspruch 14 bis 16, **dadurch gekennzeichnet, dass** während einem ersten Schritt zum Schleifen der Oberfläche (S) der Abrasiv-Flüssigkeit (3) Gas (4) beigemengt wird und dass in einem zweiten Schritt zum Polieren der Oberfläche der Abrasiv-Flüssigkeit kein Gas (4) beigemengt wird.
18. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche 14 bis 17, **dadurch gekennzeichnet, dass** mit Abrasivmittel-Teilchen (5) mit einem durchschnittlichen Korndurchmesser von unter 50  $\mu\text{m}$ , vorzugsweise von 1 bis 10  $\mu\text{m}$  die Oberfläche (S) sowohl geschliffen als auch poliert wird.
19. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Förderdruck der Abrasiv-Flüssigkeit (3) zum Schleifen sowie zum Polieren bei unter 100 bar, insbesondere unter 50 bar, konstant gehalten wird.
20. Verfahren nach einem der Ansprüche 14 bis 19, **dadurch gekennzeichnet, dass** als Flüssigkeit (3) vorwiegend Wasser verwendet wird.
21. Verfahren nach einem der Ansprüche 14 bis 20, **dadurch gekennzeichnet, dass** in der Flüssigkeit (3) Gasblasen erzeugt werden, welche grösser sind als die Abrasivmittel-Teilchen (5).

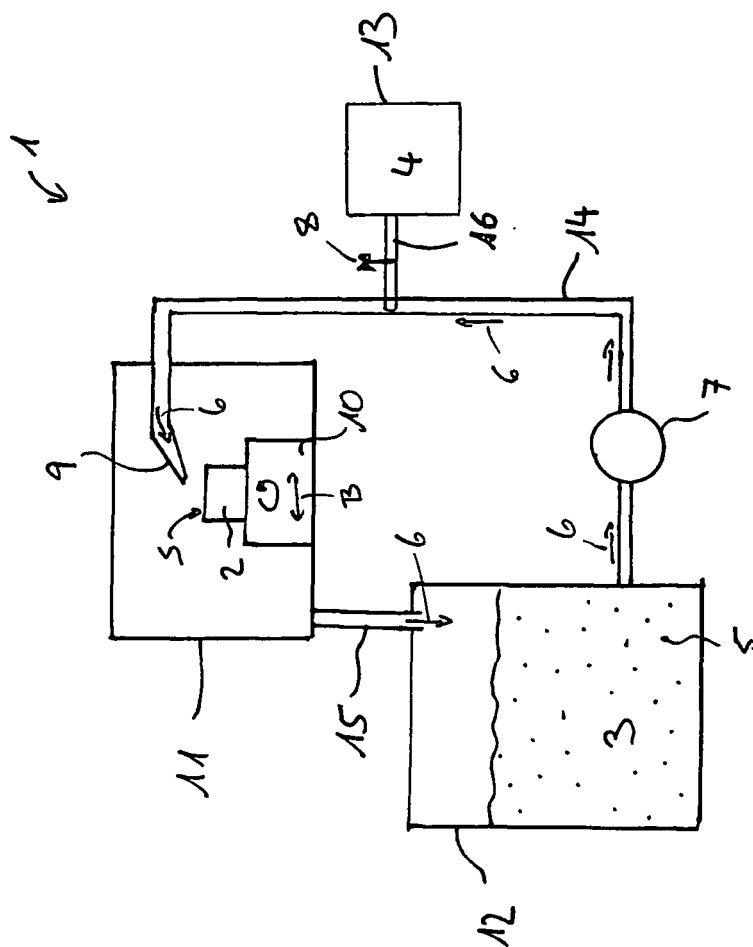


Fig. 1

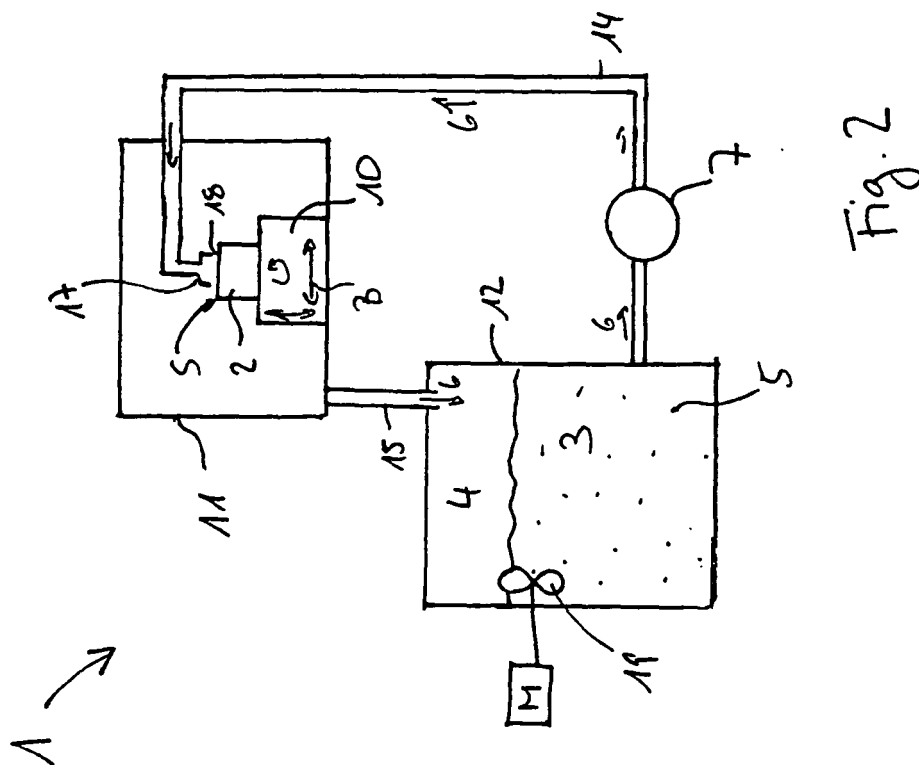


Fig. 2

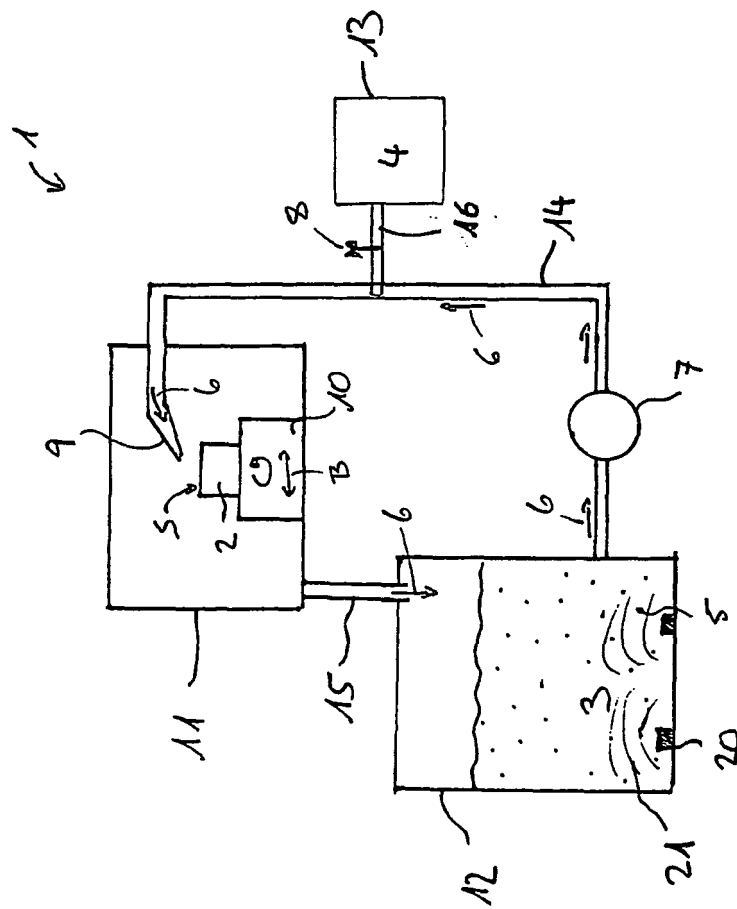


Fig. 3



Europäisches  
Patentamt

# EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung  
EP 04 01 7335

| EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                         |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------|
| Kategorie                                                                                                                                                                                                                                                                         | Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile                                                                                                                                                       | Betrifft Anspruch                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int.Cl.7) |
| X                                                                                                                                                                                                                                                                                 | US 5 283 991 A (KEIZERS JOSEF)<br>8. Februar 1994 (1994-02-08)                                                                                                                                                                            | 1-9,<br>11-21<br>10                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | B24C1/08                                |
| Y                                                                                                                                                                                                                                                                                 | * Spalte 1, Zeile 5 - Zeile 23 *<br>* Spalte 1, Zeile 67 - Spalte 2, Zeile 22 *<br>* Spalte 2, Zeilen 29-31,42-47 *<br>* Spalte 3, Zeilen 11-19 *<br>* Spalte 4, Zeile 1 - Spalte 6, Zeile 25 *<br>* Abbildung 1 *<br>* Zusammenfassung * |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                         |
| X                                                                                                                                                                                                                                                                                 | US 4 555 872 A (YIE GENE G)<br>3. Dezember 1985 (1985-12-03)                                                                                                                                                                              | 1-3,7-9,<br>11-15,<br>18,20,21                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                         |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                   | * Spalte 1, Zeilen 13-19 *<br>* Spalte 4, Zeile 40 - Spalte 5, Zeile 9 *<br>* Spalte 6, Zeilen 31-35,60-63 *<br>* Spalte 7, Zeilen 41-58 *<br>* Spalte 15, Zeile 56 - Spalte 16, Zeile 30 *<br>* Zusammenfassung *                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                         |
| D,Y                                                                                                                                                                                                                                                                               | DE 101 13 599 A (FISBA OPTIK AG ST GALLEN)<br>2. Oktober 2002 (2002-10-02)                                                                                                                                                                | 10                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | B24C                                    |
| A                                                                                                                                                                                                                                                                                 | * Spalte 1, Zeilen 11-16 *<br>* Absätze [0007] - [0011], [0019], [0025], [0026] *<br>* Anspruch 7 *<br>* Abbildungen 1,2 *                                                                                                                | 6,7,11,<br>18,19                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                         |
| D,A                                                                                                                                                                                                                                                                               | US 5 700 181 A (ARMSTRONG NEIL DEAN ET AL)<br>23. Dezember 1997 (1997-12-23)                                                                                                                                                              | 7-11,18,<br>20                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                         |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                   | * Spalte 1, Zeilen 10-13 *<br>* Spalte 3, Zeile 20 - Spalte 4, Zeile 21 *                                                                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                         |
| Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                         |
| Recherchenort<br>München                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                                                                                                                                                           | Abschlußdatum der Recherche<br>7. Dezember 2004                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                         |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                                           | Prüfer<br>Eder, R                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                         |
| KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE<br>X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet<br>Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie<br>A : technologischer Hintergrund<br>O : mündliche Offenbarung<br>P : Zwischenliteratur |                                                                                                                                                                                                                                           | T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze<br>E : älteres Patentedokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist<br>D : in der Anmeldung angeführtes Dokument<br>L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument<br>& : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument |                                         |

2  
EPO FORM 1503 03/02 (P04/C03)



Europäisches  
Patentamt

# EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung  
EP 04 01 7335

| EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                                                                                    |                                                        |                                         |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|-----------------------------------------|
| Kategorie                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile                                                                                | Betrifft Anspruch                                      | KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int.Cl.7) |
| X                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | US 4 716 690 A (SZUECS JOHAN)<br>5. Januar 1988 (1988-01-05)<br><br>* Spalte 2, Zeilen 5-18 *<br>* Spalte 3, Zeilen 17-27 *<br>* Spalte 4, Zeilen 18-59 *<br>----- | 1,2,4,6,<br>7,9,14,<br>15,20                           |                                         |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                                                                                                                                                    |                                                        | RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (Int.Cl.7)    |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                                                                                                                                                    |                                                        |                                         |
| Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                                                                                    |                                                        |                                         |
| Recherchenort<br><b>München</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                                                                                                                                                    | Abschlußdatum der Recherche<br><b>7. Dezember 2004</b> | Prüfer<br><b>Eder, R</b>                |
| KATEGORIE DER GENANNTE DOKUMENTE<br>X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet<br>Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie<br>A : technologischer Hintergrund<br>O : mündliche Offenbarung<br>P : Zwischenliteratur<br>T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze<br>E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist<br>D : in der Anmeldung angeführtes Dokument<br>L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument<br>& : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument |                                                                                                                                                                    |                                                        |                                         |

2  
EPO FORM 1503 03 82 (P04C03)

**ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT  
ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR.**

EP 04 01 7335

In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentdokumente angegeben.

Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am  
Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

07-12-2004

| Im Recherchenbericht<br>angeführtes Patentdokument | Datum der<br>Veröffentlichung | Mitglied(er) der<br>Patentfamilie | Datum der<br>Veröffentlichung |
|----------------------------------------------------|-------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------|
| US 5283991 A                                       | 08-02-1994                    | KEINE                             |                               |
| US 4555872 A                                       | 03-12-1985                    | US 4478368 A                      | 23-10-1984                    |
| DE 10113599 A                                      | 02-10-2002                    | DE 10113599 A1                    | 02-10-2002                    |
|                                                    |                               | WO 02074489 A1                    | 26-09-2002                    |
|                                                    |                               | EP 1409199 A1                     | 21-04-2004                    |
| US 5700181 A                                       | 23-12-1997                    | KEINE                             |                               |
| US 4716690 A                                       | 05-01-1988                    | EP 0171448 A1                     | 19-02-1986                    |
|                                                    |                               | AT 32317 T                        | 15-02-1988                    |
|                                                    |                               | DE 3469145 D1                     | 10-03-1988                    |
|                                                    |                               | DE 8519458 U1                     | 05-09-1985                    |
|                                                    |                               | ES 8608984 A1                     | 16-12-1986                    |
|                                                    |                               | HU 42368 A2                       | 28-07-1987                    |
|                                                    |                               | US 5035090 A                      | 30-07-1991                    |

EPO FORM P0461

Für nähere Einzelheiten zu diesem Anhang : siehe Amtsblatt des Europäischen Patentamts, Nr.12/82