



**Erfindungspatent für die Schweiz und Liechtenstein**  
Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

⑫ **PATENTSCHRIFT** A5

⑳ Gesuchsnummer: 8476/80

⑦③ Inhaber:  
Reishauer AG, Zürich

㉒ Anmeldungsdatum: 14.11.1980

⑦② Erfinder:  
Wirz, Walter, Pfäffikon ZH

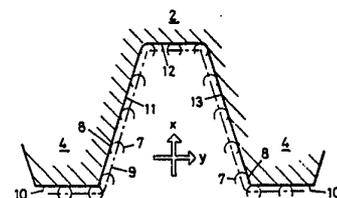
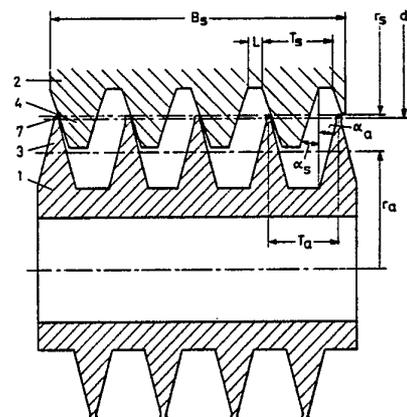
㉔ Patent erteilt: 15.02.1985

④⑤ Patentschrift  
veröffentlicht: 15.02.1985

⑦④ Vertreter:  
Patentanwalts-Bureau Isler AG, Zürich

⑤④ **Verfahren und Einrichtung zur Bearbeitung eines schneckenförmigen Werkstückes mit einem schneckenförmigen Werkzeug.**

⑤⑦ Das Verfahren ist insbesondere geeignet zum Abrichten einer ein- oder mehrgängigen, schnecken- oder gewindeförmigen Schleifscheibe (2) durch ein ein- oder mehrgängiges, schnecken- oder gewindeförmiges Abrichtwerkzeug (1). Während der Drehung der beiden Schnecken (1, 2) wird das Abrichtwerkzeug (1) in einem kämmenden Eingriff mit der Schleifscheibe (2) gebracht. Durch eine gezielt auf die radialen Zu- und Rückstellbewegungen abgestimmte zusätzliche axiale Relativbewegung zwischen dem Werkzeug und der Schleifscheibe werden die Eingriffstellen (8) so verschoben, dass auf der Scheibe das vorgesehene Schneckenprofil erzeugt wird. Da die Gesamtfläche der momentanen Eingriffsstellen (8) wesentlich kleiner ist als die Gesamtprofilfläche der Schleifscheibe (2), sind die auftretenden Schnittkräfte relativ klein, so dass hohe Abrichtgeschwindigkeiten erzielt werden können. Im weiteren ist es möglich, beliebige Flankenkorrekturen an der Schleifschnecke anzubringen.



## PATENTANSPRÜCHE

1. Verfahren zur Bearbeitung eines ein- oder mehrgängigen, schnecken- oder gewindeförmigen Werkstückes mit einem ein- oder mehrgängigen, schnecken- oder gewindeförmigen Werkzeug, wobei während der Drehung der beiden Schnecken das Werkzeug in bezug auf das Werkstück radial zu- und rückgestellt wird, und wobei das Verhältnis der Drehzahlen einem aus dem Verhältnis der Steigungen der beiden Schnecken resultierenden Grunddrehzahlenverhältnis entspricht, dadurch gekennzeichnet, dass das Werkzeug mit dem Werkstück in einen einfachen oder mehrfachen kämmenden Eingriff gebracht wird, wobei die Zahl der Eingriffsstellen eine Funktion der Steigung des Werkstückes und der Breiten der beiden Schnecken ist, und wobei die Eingriffsstellen sich in jedem Zeitpunkt auf dem gleichen Durchmesser und den gleichen Abschnitten der Achsschnittzahnprofile des Werkstückes befinden, und dass durch eine gezielt auf die radialen Zu- und Rückstellbewegungen abgestimmte, allfällige Profilkorrekturen berücksichtigende zusätzliche axiale Relativbewegung zwischen dem Werkzeug und dem Werkstück die Eingriffsstellen so verschoben werden, dass auf dem Werkstück das vorgesehene Schnecken- oder Gewindeprofil erzeugt wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die zusätzliche axiale Relativbewegung durch eine zusätzliche Drehbewegung des Werkzeuges gegenüber dem Werkstück erzeugt wird, wobei diese zusätzliche Drehbewegung der aus dem Grunddrehzahlenverhältnis zwischen dem Werkstück und dem Werkzeug resultierenden Drehbewegung des Werkzeuges überlagert wird.

3. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die zusätzliche axiale Relativbewegung durch eine Verschiebung des Werkzeuges in Achsrichtung erzeugt wird.

4. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass jedem Profilabschnitt des Werkstückes eine bestimmte Grösse der radialen Zu- und Rückstellbewegung zugeordnet wird.

5. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Abstimmung der Zusatzbewegung auf die radialen Zu- und Rückstellbewegungen durch eine mechanische oder hydraulische Kopiereinrichtung mit auswechselbarer Schablone bewerkstelligt wird.

6. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Abstimmung der Zusatzbewegung auf die radialen Zu- und Rückstellbewegungen mittels einer elektronischen Steuerungs- oder Regelungsvorrichtung bewerkstelligt wird.

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 5 oder 6, dadurch gekennzeichnet, dass zur Erzeugung gewünschter Profilkorrekturen die Steuerschablonen korrigiert bzw. entsprechende Daten in die elektronischen Steuerungs- oder Regelungsvorrichtungen eingegeben werden.

8. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass bei gleicher Steigungsrichtung der beiden Schnecken oder Gewinde das Werkstück im Gegenlauf und bei unterschiedlichen Steigungsrichtungen im Gleichlauf bearbeitet wird.

9. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass sich bei trapezförmigen Profilen der Profilkopf (7) des Werkzeuges (1) während der Bearbeitung auf einer Bahn (9) entlang der zylindrischen Kopffläche (10) des Werkstückprofils (4) bewegt, dann entlang der Profilflanke (11) und der zylindrischen Profilgrundfläche (12), sodann entlang der gegenüberliegenden Profilflanke (13) und wieder entlang der Kopffläche (10) eines benachbarten Werkstückprofils (4).

10. Einrichtung zur Durchführung des Verfahrens gemäss Anspruch 1, wobei das drehend angetriebene, schnecken- oder gewindeförmige Werkzeug in bezug auf das ebenfalls drehend angetriebene, schnecken- oder gewindeförmige Werkstück in radialer Richtung zu- und rückstellbar ist, und wobei das Verhältnis der Drehzahlen einem aus dem Verhältnis der Steigungen der beiden Schnecken resultierenden Grunddrehzahlenverhältnis entspricht, dadurch gekennzeichnet, dass das Werkzeug (1) mit dem Werkstück (2) in einem einfachen oder mehrfachen kämmenden Eingriff steht, wobei die Ein-

griffsstellen (8) sich in jedem Zeitpunkt auf dem gleichen Durchmesser (d) und den gleichen Abschnitten der Achsschnittzahnprofile (4) des Werkstückes (2) befinden, dass die Dicke (D) des Profilkopfes (7) des Werkzeuges (1) kleiner ist als die Lückenweite (L) im Profilgrund des Werkstückes (2), dass der Profiwinkel ( $\alpha_p$ ) des Werkzeugprofils (3) etwa gleich gross oder kleiner ist als derjenige ( $\alpha_s$ ) des Werkstückprofils (4), dass die Gesamtfläche der momentanen Eingriffsstellen (8) wesentlich kleiner ist als die Gesamtprofilfläche des Werkstückes (2), und dass elektronische und/oder mechanische und/oder hydraulische Mittel vorgesehen sind zur Erzeugung einer zusätzlichen axialen Relativbewegung zwischen dem Werkzeug (1) und dem Werkstück (2).

11. Einrichtung nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass das Werkzeug (1) eine Achsteilung ( $T_a$ ) aufweist, welche ein ganzzahliges Vielfaches (n) der Werkstückachsteilung ( $T_s$ ) ist, und dass das Werkzeug (1) mit jedem oder jedem zweiten, dritten oder jedem n-ten Achsschnittzahnprofil (4) des Werkstückes (2) im Eingriff steht.

12. Einrichtung nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass das Werkzeug (1) eine Steigung aufweist, welche mit der Steigung des Werkstückes (2) übereinstimmt.

13. Einrichtung nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass das Werkstück eine schneckenförmige Schleifscheibe (2) ist und dass das Werkzeug ein schneckenförmiges Abrichtwerkzeug (1) ist.

14. Einrichtung nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, dass der Profilkopf (7) des Werkzeuges (1) mit einem Schleifbelag (5) aus einem Material grosser Härte versehen ist.

15. Einrichtung nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, dass sich der Schleifbelag (5) über die Profilkopffläche (6) sowie seitlich auf einem Abschnitt der Profilflanken vom Profilkopf (7) gegen den Profilfuss hin erstreckt (Fig. 2).

16. Einrichtung nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, dass der Schleifbelag (5) im Bereich der Profilkopffläche (6) zylindrisch ist.

17. Einrichtung nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, dass der Schleifbelag (5) des Profilkopfes (7) — im Normalschnitt zum Schneckengang oder im Achsschnitt gesehen — einen Teil einer Kreisfläche bildet.

18. Einrichtung nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, dass die Flanken des Schleifbelages (5) gewölbt sind, dass die Wölbungstangenten einen Tangentenwinkel einschliessen, der sich über einen Bereich zwischen einem Maximum ( $\beta_1$ ) und einem Minimum ( $\beta_2$ ) erstreckt, und dass die beiden Grenzwerte ( $\beta_1$ ,  $\beta_2$ ) des Tangentenwinkels um einen Profilkorrektur betrags berücksichtigenden Betrag grösser bzw. kleiner sind als der Grösst- bzw. Kleinstwert des Profiwinkels ( $\alpha_s$ ) der Schleifscheibe, welcher noch bearbeitbar ist.

19. Einrichtung nach Anspruch 18, dadurch gekennzeichnet, dass die beiden Grenzwerte ( $\beta_1$ ,  $\beta_2$ ) des Tangentenwinkels sich um die Summe der beiden Korrekturbeträge voneinander unterscheiden.

20. Einrichtung nach Anspruch 10, gekennzeichnet durch folgende Teile: eine Eingabeeinheit (29) für die Werkstückprofilaten und Profilkorrekturdaten, einen Profilrechner (28), einen Vorschubgenerator (32), einen Schrittantrieb (33) oder Lageregelkreis (31) für die Werkzeug-Zustell- und Rückstellbewegung, einen Regelkreis für die Werkstückdrehbewegung, bestehend aus einem Drehantrieb (21), einem Drehwinkelgeber (25) und einem Regler (24), sowie einen Werkstückdrehwinkelgeber (23) (Fig. 5).

21. Einrichtung nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass sie eine Eingabeeinheit (29) für die Werkstückprofilaten und Profilkorrekturdaten, einen Profilrechner und einen Vorschubgenerator (28, 32), je einen Schrittantrieb (44, 45) oder Lageregelkreis für die radiale Zustell- und Rückstellbewegung bzw. für die axiale Werkzeugverschiebewegung sowie eine mechanische Drehverbindung (38 bis 40) zwischen Werkzeug (1) und Werkstück (2) aufweist (Fig. 6).

22. Einrichtung nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass zur Ableitung der Werkzeugdrehbewegung aus der Werkstückdrehbewegung und der radialen Werkstück-Zustell- und Rückstellbewegung ein Differentialgetriebe (54) vorgesehen ist (Fig. 8).

23. Einrichtung nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass sie einen Zustellschlitten (20) mit Spindeltrieb, einen Zustellmotor (44), eine Lagerung für das Werkzeug (1) und einen Werkzeugantrieb (21) aufweist.

24. Einrichtung nach Anspruch 23, dadurch gekennzeichnet, dass sie einen Axialvorschubschlitten (20) mit Spindeltrieb (45) und Motor aufweist, wobei dieser Axialvorschubschlitten im rechten Winkel zur Bewegung des Zustellschlittens auf oder unter dem letzteren angeordnet ist.

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Bearbeitung eines ein- oder mehrgängigen, schnecken- oder gewindeförmigen Werkstückes mit einem ein- oder mehrgängigen, schnecken- oder gewindeförmigen Werkzeug gemäss dem Oberbegriff des Patentanspruches 1.

Die Erfindung betrifft ferner eine Einrichtung zur Durchführung dieses Verfahrens gemäss dem Oberbegriff des Patentanspruches 10.

Aus der DE-PS Nr. 748587 ist ein Verfahren bekannt zum Profilieren von schneckenförmigen Schleifwerkzeugen. Als Abrichtwerkzeug wird ein schneckenförmiger Abwälzfräser verwendet, der mit den Gängen der Schleifschnecke in Eingriff gebracht wird. Durch Wahl eines geeigneten Profils wird erreicht, dass die Achse der Abrichtschnecke parallel zur Achse der Schleifschnecke gebracht werden kann, so dass zum Abrichten die mit der Schleifschnecke kämmende Abrichtschnecke lediglich in radialer Richtung zugestellt werden muss.

Die Abrichtschnecke ist mit Schneidflächen aus Hartmetall oder anderen Werkstoffen von grosser Härte versehen. Da die Abrichtschnecke mit dem ganzen Profil im Eingriff mit der Schleifschnecke steht, sind die auftretenden Schnittkräfte beim Abrichten und demzufolge auch die dabei entwickelte Wärme sehr gross. Das führt zu fertigungstechnischen Schwierigkeiten. Infolge der Wärmeausdehnung ist auch die Toleranzeinhaltung erschwert. Im weiteren können mit diesem Abrichtwerkzeug keine Flankenformkorrekturen an der Schleifschnecke angebracht werden.

Die Erfindung stellt sich zur Aufgabe, diese Nachteile zu vermeiden. Insbesondere soll es möglich sein, ein ein- oder mehrgängiges, schnecken- oder gewindeförmiges Werkstück mit einem ein- oder mehrgängigen, schnecken- oder gewindeförmigen Werkzeug bei hoher Geschwindigkeit mit kleinen Schnittkräften zu bearbeiten, so dass eine grosse Genauigkeit und eine kurze Bearbeitungszeit erzielt wird. Das Verfahren soll es auch ermöglichen, beliebige Profilkorrekturen auf dem Werkstück anzubringen.

Das erfindungsgemässe Verfahren, durch welches die Aufgabe gelöst wird, ist durch die Merkmale in der Kennzeichnung des Patentanspruches 1 definiert. Die erfindungsgemässe Einrichtung zur Durchführung dieses Verfahrens geht aus der Kennzeichnung des Patentanspruches 10 hervor.

Nachfolgend werden anhand der Zeichnungen Ausführungsbeispiele der Erfindung näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 eine Achsschnittdarstellung eines schneckenförmigen Abrichtwerkzeuges, welches mit einem schneckenförmigen Schleifwerkzeug im Eingriff steht,

Fig. 2, 3 zwei Ausbildungsformen des Achsschnittprofils der Abrichtschnecke,

Fig. 4 schematisch in Achsschnittdarstellung die Bahn des Profilkopfes der Abrichtschnecke beim Profilieren des Schleifschneckenprofils,

Fig. 5 ein Blockschema einer Einrichtung für das Abrichten und Profilieren einer Schleifschnecke mittels einer Abrichtschnecke, wobei die zusätzliche relative Axialbewegung durch eine Zusatzdrehbewegung der Abrichtschnecke erzeugt wird,

Fig. 6 ein Blockschema einer weiteren Abrichteinrichtung, wobei die zusätzliche axiale Bewegung direkt durch axiale Verschiebung der Abrichtschnecke erzeugt wird und wobei der Gleichlauf zwi-

schen der Abrichtschnecke und der Schleifschnecke mechanisch gewährleistet ist,

Fig. 7 ein Blockschema einer Abrichteinrichtung mit elektronisch geregelter Gleichlauf zwischen Abricht- und Schleifschnecke, und

Fig. 8 schematisch eine rein mechanisch mittels Kurvenscheibe gesteuerte Abrichteinrichtung.

Gemäss der Fig. 1 steht ein schneckenförmiges Abrichtwerkzeug, nachstehend Abrichtschnecke 1 genannt, mit einem schneckenförmigen Schleifwerkzeug, nachstehend Schleifschnecke 2 genannt, im Eingriff. Beide Schnecken 1, 2 weisen einen einzigen Gang auf, und die Achsteilung  $T_a$  der Abrichtschnecke 1 ist identisch mit der Achsteilung  $T_s$  der Schleifschnecke 2. Beide Schnecken 1, 2 besitzen auch den gleichen Modul  $m$ , und es gilt folgende Beziehung:

$$T_a = T_s = m \cdot \pi$$

In der Achsschnittdarstellung ist der Gang jeder Schnecke 1, 2 mehrfach geschnitten, wobei die Achsschnittprofile 3 der Abrichtschnecke 1 kammförmig in die Achsschnittprofile 4 der Schleifschnecke 2 eingreifen.

Der Gang 3 der Abrichtschnecke 1 weist einen Schleifbelag 5 auf, der aus Diamant, kubischem Bornitrid oder einem anderen Material grosser Härte bestehen kann (Fig. 2). Der Belag 5 erstreckt sich über die ganze Zahnkopffläche 6 sowie seitlich auf einem kurzen Abschnitt vom Zahnkopf gegen den Profilfuss der Abrichtschnecke 1 hin. Dieser seitliche Abschnitt kann sehr kurz sein.

Die Dicke  $D$  des Profilkopfes 7 der Abrichtschnecke 1 ist kleiner als die Lückenweite  $L$  im Profilgrund der Schleifschnecke 2. Der im Achsschnittprofil gemessene Profilwinkel  $\alpha_a$  der Abrichtschnecke 1 ist im allgemeinen kleiner als der Profilwinkel  $\alpha_s$  der Schleifschnecke 2. Die beiden Winkel könnten auch gleich sein:  $\alpha_a \leq \alpha_s$ .

In der vorliegenden Ausführungsform beträgt der Profilwinkel  $\alpha_a$   $15^\circ$ , so dass der Flankenwinkel  $2\alpha_a$   $30^\circ$  beträgt.

Wie aus der Fig. 1 hervorgeht, steht die Abrichtschnecke 1 mit der Schleifschnecke 2 in einem mehrfachen Eingriff, wobei im Achsschnitt gesehen die Profilköpfe 7 der Abrichtschnecke 1 die Profile 4 der Schleifschnecke 2 je entlang eines kleinen Bearbeitungsabschnittes 8 berühren. Diese momentanen, kleinen Berührungsflächen 8 liegen in jedem Zeitpunkt auf dem gleichen Bearbeitungsdurchmesser  $d$  der Schleifschnecke 2 und auf dem gleichen Abschnitt ihres Profils 4. Im Vergleich zum gesamten Profilmriss der Schleifschnecke 2 sind die jeweiligen Berührungs- bzw. Bearbeitungsflächen 8 sehr klein. Dies hat den Vorteil, dass keine hohen Schnittkräfte oder Wärmebelastungen beim Bearbeiten entstehen, so dass das Profilieren oder Abrichten mit hoher Genauigkeit und bei hohen Geschwindigkeiten durchgeführt werden kann.

Es ist nicht mehr notwendig, die Schleifschnecke 2 zum Abrichten abzubremesen, da es nun möglich ist, direkt bei der Schleifdrehzahl abzurichten. Dies stellt aus zeit- und energietechnischen Gründen einen wesentlichen Fortschritt dar.

Der Abrichtprozess, bei welchem das ganze Profil der Schleifschnecke 2 abgerichtet wird, setzt sich aus zwei gleichzeitig ablaufenden Vorgängen zusammen, die einander überlagert werden:

a) Die Schleif- und Abrichtschnecke 1, 2 werden mit den gleichen Grunddrehzahlen  $\omega_s$ ,  $\omega_a$  angetrieben. Da der Radius  $r_a$  der Abrichtschnecke 1 kleiner ist als der Radius  $r_s$  der Schleifschnecke 2, sind die Umfangsgeschwindigkeiten der beiden Schnecken unterschiedlich, wodurch ein Schlupf entsteht. Diese Umfangsgeschwindigkeitsdifferenz wird als Abrichtgeschwindigkeit bezeichnet.

Die Schleif- und Abrichtschnecke berühren sich ständig, ähnlich den Rotoren bei einer Schraubepumpe oder bei einem Schraubekompressor. An der Schleifschnecke wird eine Linie der ganzen Profiloberfläche profiliert. Diese Linie liegt auf einem Radius konstanter Grösse, wobei an allen gleichliegenden Flanken der Schleifschnecke gleichzeitig profiliert wird, d.h. nach einer Schleifschneckenumdrehung sind alle gleichliegenden Flanken — im Achsschnitt betrachtet — an der gleichen Stelle profiliert worden, und zwar unabhängig von der Schleifschneckenbreite, sofern die Breite der Abrichtschnecke 1 mindestens gleich ist wie die Breite der Schleifschnecke 2.

b) Die Schleifschnecke steht still und die Abrichtschnecke rotiert: Soll die sich drehende Abrichtschnecke ständig in Berührung bleiben mit der stehenden Schleifschnecke, so muss sie entsprechend der gewünschten Achsschnittprofilform der Schleifschnecke zusätzlich in radialer Richtung verschoben werden. Dadurch wird die Schleifschnecke auf einer zweiten Linie profiliert, die etwa dem Achsschnittprofil entspricht und die ungefähr rechtwinklig zur vorher beschriebenen ersten Linie liegt. Wenn die Abrichtschnecke eine Umdrehung ausgeführt hat, ist die Achsschnittprofilform über die ganze Schleifschneckenbreite erzeugt worden, wobei alle Zähne (des Achsschnittprofils) gleichzeitig profiliert werden.

Die zweite Linie entspricht nicht genau dem Achsschnittprofil, da sie genau genommen nicht in einer Ebene liegt, weil durch die Steigungswinkel von Schleifschnecke und Abrichtschnecke die Berührungspunkte des Profilkopfes der Abrichtschnecke mit der Schleifschnecke nur im Falle des Profilierens von zylindrischen Partien in derjenigen Ebene liegen, die durch die beiden Achsen von Schleifschnecke und Abrichtschnecke gegeben ist. Dadurch entstehende Fehler können aber leicht durch Eingabe von entsprechenden Profilkorrekturen beseitigt werden.

Durch die Überlagerung der beiden Vorgänge a und b wird die ganze Profilfläche der Schleifschnecke 2 bearbeitet. Infolge der zusätzlichen Drehbewegung  $\Delta\varphi$  der Abrichtschnecke 1 gegenüber der Schleifschnecke 2 entsteht eine zusätzliche axiale Verschiebung der Eingriffsstellen 8 zwischen den beiden Schnecken. Die Grösse der Zusatzdrehbewegung bzw. der axialen Relativbewegung ergibt sich aus dem angestrebten Konturenverlauf des Schleifschneckenprofils und der Grösse der radialen Zu- und Rückstellbewegungen.

In der Fig. 4 sind die momentanen Berührungspunkte 8 zwischen dem Profilkopf 7 der Abrichtschnecke 1 und den Profilen 4 der Schleifschnecke 2 während des Abrichtens schematisch im Achsschnitt gezeigt. Die relative Bahn des Profilkopfes 7 ist mit 9 bezeichnet. Der Profilkopf 7 bewegt sich entlang der zylindrischen Kopffläche 10 des Profils 4, dann entlang der Profilflanke 11 und der zylindrischen Profilgrundfläche 12, sodann entlang der Profilflanke 13 und wieder entlang der Kopffläche 10 eines benachbarten Profils.

Das Profil des Schleifbelages 5 auf dem Profilkopf 7 wird zweckmässigerweise so gewählt, dass die Bearbeitungsrillen relativ flach sind. Gemäss der Fig. 2 ist die Profilkopffläche 6 der Abrichtschnecke 1 zylindrisch ausgebildet, damit die Grundfläche 12 und die Profilkopffläche 10 der Schleifschnecke 2 bearbeitet werden können.

Die Flanken 14 des Schleifbelages 5 sind gewölbt und umfassen einen Bogenwinkel, der sich von einem Maximum  $\beta_1$  bis zu einem Minimum  $\beta_2$  erstreckt. Diese Winkel betragen im vorliegenden Beispiel 14 bzw. 31°.

Der in der Fig. 2 dargestellte Profilkopf 7 der Abrichtschnecke 1 ist vorgesehen zur Bearbeitung von verschiedenen Schleifschnecken 2, deren Profilwinkel  $\alpha_s$  15 bis 30° betragen können. Zur Berücksichtigung allfälliger Profilkorrekturen wird der Kleinst- bzw. der Höchstwert des Bogenwinkels  $\beta$  um einen zusätzlichen Betrag, z.B. um 1°, gegenüber dem Kleinst- bzw. Höchstwert des Profilwinkels an der Schleifschnecke 2 geändert. Somit gilt:

$$\beta_1 = 30^\circ + 1^\circ = 31^\circ$$

$$\beta_2 = 15^\circ - 1^\circ = 14^\circ$$

Falls die Abrichtschnecke 1 nur zum Profilieren einer bestimmten Schleifschnecke vorgesehen ist, genügt es, die beiden Tangentenwinkel  $\beta_1$  und  $\beta_2$  nur um den für die Durchführung von Profilkorrekturen notwendigen Winkelbetrag im negativen oder positiven Sinn zu ändern. Für einen Profilwinkel  $\alpha_s$  an der Schleifschnecke 2 von beispielsweise 20° könnten die beiden Tangentenwinkel  $\beta_1$  und  $\beta_2$  z.B. 21 und 19° betragen. Die Bearbeitungsrille ist dann sehr flach, und es entstehen keine eckigen Übergänge zwischen benachbarten Rillen.

Bei einer weiteren Ausführungsform des Profilkopfes 7 der Abrichtschnecke 1 könnte der Schleifbelag 5 im Querschnitt einen Teil eines Kreises darstellen (Fig. 3). Durch einen solchen Profilkopf lässt

sich eine Vielzahl verschiedener Profilformen bearbeiten, wobei durch eine entsprechend kleine Vorschubgeschwindigkeit entlang der relativen Bahn 9 die einzelnen Bearbeitungsrillen so dicht nebeneinandergelegt werden müssen, dass die gewünschte Oberflächenstruktur (Mikroprofil) auf der Schleifschnecke entsteht.

Der Schleifbelag könnte sich auch in nicht näher dargestellter Weise vollständig über die beiden Seitenflanken des Abrichtprofils erstrecken.

Obwohl im allgemeinen die zum Abrichten verwendete Abrichtschnecke die gleiche Steigung aufweist wie die Schleifschnecke, ist es auch möglich, die Achsteilung der Abrichtschnecke als ganzzahliges Vielfaches der Schleifschneckenachsteilung auszubilden. Die Abrichtschnecke steht dann nicht mehr mit jedem Achsschnittzahnprofil der Schleifschnecke im Eingriff, sondern mit jedem zweiten, dritten oder n-ten.

Bei gleicher Steigungsrichtung der Abrichtschnecke und der Schleifschnecke wird im Gegenlauf abgerichtet, währenddem bei unterschiedlichen Steigungsrichtungen im Gleichlauf abgerichtet wird.

Obwohl im vorstehend erwähnten Verfahrensbeispiel spezifisch das Abrichten und Profilieren einer Schleifschnecke mittels einer Abrichtschnecke erläutert wird, könnte das erfindungsgemässe Verfahren auch zur Herstellung beliebiger schnecken- oder gewindeförmiger Werkstücke verwendet werden. Die Abrichtschnecke könnte z.B. ein beliebiges schnecken- oder gewindeförmiges Werkzeug, z.B. ein umformendes Werkzeug sein, und auch die Schleifschnecke könnte durch ein anderes Werkstück ersetzt sein.

Eine Einrichtung zur Durchführung des vorbeschriebenen Abricht- und Profilierverfahrens geht aus der Fig. 5 hervor.

Die Abrichtschnecke 1 ist auf einem radial (in x-Richtung) zu stellbaren Schlitten 20 montiert und über den Abrichtmotor 21 angetrieben. Die Schleifschnecken spindle 22 wird über den Schleifmotor 36 angetrieben, wobei die jeweilige Drehwinkellage  $\varphi_s$  durch einen mit der Schleifspindel 22 verbundenen Winkelschrittgeber 23 gemessen wird. Die Drehwinkelimpulse werden in den elektronischen Gleichlaufregler 24 eingeführt, der ebenfalls mit den Drehwinkelimpulsen vom Winkelschrittgeber 25 der Abrichtspindel 26 gespeist wird. Im Regelkreis zur Aufrechterhaltung des Grunddrehzahlenverhältnisses zwischen der Schleif- und der Abrichtspindel 22 bzw. 26 befindet sich noch ein Leistungsverstärker 27, der auf den Antriebsmotor 21 für die Abrichtspindel einwirkt.

Ein elektronischer Scheibenprofilrechner 28, in den die verschiedenen Parameter wie Achsteilungsverhältnis, Profilwinkel, Profilform, Profilkorrekturen usw. über die Eingabeeinheit 29 eingegeben werden, errechnet laufend die Zustellwerte in Funktion der axialen Lage der Eingriffsstellen 8, wobei die Eingabeeinheit 30 gemäss den eingegebenen Profil- und Vorschubdaten und dem aktuellen Zustellwert die Impulse für die Relativdrehung zwischen der Schleifschnecke 2 und der Abrichtschnecke 1 mit der programmgemässen Frequenz erzeugt.

Die Einrichtung weist ferner einen Lageregelkreis 31 auf mit einem Regler 32, einem Leistungsverstärker 34 und einer Abrichtschlittenzustellung 33, um die Position der Abrichtschnecke 1 in x-Richtung kontinuierlich verändern zu können.

Die Abrichtschlittenposition  $x_{ist}$  wird mittels des Masstabellementes 35 erfasst und zum Regler 32 zurückgeführt. Der Werkstückprofilrechner 28 errechnet die Soll-Zustellwerte  $x_{soll}$  aufgrund der Zusatzimpulse  $y_{zz}$ , die zur Erzeugung einer Zusatzdrehbewegung für die Abrichtschnecke 1 von der Eingabeeinheit 30 abgegeben werden.

Diese Zusatzdrehbewegung, die der aus dem Grunddrehzahlenverhältnis zwischen der Abrichtschnecke und der Schleifschnecke resultierenden Drehbewegung der Abrichtschnecke überlagert wird, ergibt eine zusätzliche axiale Bewegung der Eingriffsstellen 8 zwischen den beiden Schnecken. Dadurch werden die Eingriffsstellen zwischen den beiden Schnecken kontinuierlich so verschoben, dass auf der Schleifschnecke das gewünschte Schneckenprofil erzeugt wird. Dieses kann aus geradlinigen und kurvenförmigen Abschnitten bestehen, wobei allfällige Profilkorrekturen problemlos mitberücksichtigt werden können.

Durch die beiden Eingabelemente 30, 29 ist es möglich, die Vorschubgeschwindigkeit beim Abrichten durch die Wahl einer geeigneten Grösse der radialen Zustellbewegung festzulegen. Somit kann auf die Erfordernisse des jeweils zu profilierenden Profilschnittes optimal eingegangen werden, indem jedem Profilschnitt die optimale Zustellgeschwindigkeit zugeordnet wird.

Zum Profilieren von zweigängigen Schleifschnecken mit einer eingängigen Abrichtschnecke müsste das Grunddrehzahlenverhältnis zwischen Abricht- und Schleifschnecke 2:1 betragen, wodurch aber die vorgeschriebene Relativgeschwindigkeit zwischen dem Profilkopf der Abrichtschnecke 1 und dem Schleifschneckenprofil nicht mehr gegeben wäre. Eine zweckmässige Methode zur Umgehung dieses Problems besteht darin, dass mit einer Abrichtschnecke mit der doppelten Teilung gearbeitet wird. Es muss dabei lediglich durch eine entsprechende Eingabe der Werkstückprofilrechner so programmiert werden, dass die ankommenden Steuerimpulse  $y_z$  am Eingang des Rechners mit 2 multipliziert werden. Alle übrigen Eingaben, z.B. Werkstückprofildaten, sind so zu wählen, wie wenn nur eine eingängige Schnecke profiliert würde. Auch Schleifschnecken mit mehr als zwei Gängen lassen sich nach dieser Methode bearbeiten.

Eine weitere Einrichtung zur Durchführung des Verfahrens geht aus der Fig. 6 hervor, wobei gleiche Teile mit gleichen Überweisungsziffern bezeichnet sind wie in der Fig. 5. Die auf die radiale Zu- und Rückstellbewegung abgestimmte und die Profilkorrekturen beinhaltende zusätzliche axiale Verschiebung der Eingriffsstellen 8 von Abricht- und Schleifschnecke wird hier nicht mehr mittels einer Zusatzdrehbewegung erzeugt, sondern erfolgt direkt durch axiale Verschiebung der Abrichtschnecke 1, die nunmehr auf einem Kreuzschlitten 37 gelagert ist.

Die Schleifspindel 22 und die Abrichtspindel 26 werden über einen gemeinsamen, nicht näher dargestellten Motor angetrieben. Die Abrichtspindel 26 ist als Schiebewelle ausgebildet, damit die Abrichtschnecke axial verschoben werden kann.

Beide Spindeln 22, 26 stehen über Zahnräder 38 bis 40 miteinander in Verbindung, wobei diese Zahnräder über die beiden Kniehebel 41, 42 miteinander im Eingriff stehen. Mittels eines Umschaltgetriebes 43 kann die Drehrichtung der Abrichtspindel 26 umgekehrt werden, damit das Abrichten im Gleich- oder Gegenlauf erfolgen kann.

Das durch die beiden Zahnräder 38, 40 gegebene Grunddrehzahlenverhältnis entspricht dem Verhältnis der Gangzahlen der beiden Schnecken 1, 2.

Die Werkstückprofil- und Korrekturdaten werden über die Eingabeeinheit 29 eingegeben und dem Werkstückprofilrechner 28 zuge-

führt. Dieser errechnet die Steuersignale für die beiden Vorschubmotoren 44, 45 für den Kreuzschlittenantrieb in x- und y-Richtung.

Der Gleichlauf der Abricht- und Schleifschnecken 1, 2 könnte auch elektronisch geregelt werden, wie dies in Fig. 7 gezeigt ist.

5 Dazu dient ein erster Steuerteil 46 mit einem Gleichlaufregler 24 und einem Leistungsverstärker 27 für den Abrichtmotor 21. Der Regler 24 wird mit den Steuersignalen der Winkelschrittgeber 23 und 25 gespeisen. Über die Eingabeeinheit 47 werden die Steigungen der beiden Schnecken 1, 2 eingegeben.

10 Im zweiten Steuerteil 48 werden die Bewegungen des Kreuzschlittens 20 über die beiden Vorschubmotoren 44, 45 beeinflusst, wobei die Motoren zusätzlich mit Winkelschrittgebern 49, 50 bestückt sind. Der zweite Steuerteil 48 besteht aus der Eingabeeinheit 29 für die Werkstückprofildaten und die Profilkonturvorschübe, dem Werkstückprofilrechner 28 und zwei Servoverstärkern 51, 52 für die Vorschubmotoren 44, 45.

Schliesslich zeigt die Fig. 8 eine Einrichtung, bei welcher die Zuordnung zwischen der radialen Zustellbewegung und der zur Erzeugung des angestrebten Schleifschneckenprofils erforderlichen Zusatzbewegung durch eine mechanische Kopiereinrichtung mit leicht auswechselbarer Schablone erzeugt wird.

Die auf einem in x-Richtung verschiebbaren Abrichtschlitten 53 gelagerte Abrichtschnecke 1 steht über das Zahnräderknie 38 bis 42, 60 mit der Schleifschnecke 2 in Verbindung. Die Schnecken 1, 2 werden über einen nicht näher dargestellten, gemeinsamen Antriebsmotor angetrieben.

30 Auf der Abrichtspindel 26 ist ein Differentialgetriebe 54 angeordnet, dessen Aussenzahnrad 55 zusammen mit den Zahnrädern 56 und 57, den zwei Zwischenrädern 60 sowie den Kniehebeln 58 und 59 ein weiteres Räderknie bildet. Ein Antriebsmotor 66 greift in das Zahnrad 57 ein, welches auf der Kurvenscheibenwelle 61 sitzt. Das dem Zahnrad 57 gegenüberliegende Ende der Welle trägt die leicht auswechselbare Kurvenscheibe 62.

35 Die Kurvenscheibe 62 wird von einer Kurvenrolle 63 abgetastet, die in einer auf dem Abrichtschlitten 53 montierten Halterung 64 gelagert ist. Mittels einer auf die Halterung einwirkenden Einstellspindel 65 kann die Grundeinstellung für den Vorschubschlitten 53 eingerichtet werden.

40 Die Kurvenscheibe enthält die Informationen für die Profiltiefe und die Profilkorrekturen. Sie erzeugt die Kopierbewegungen für den Abrichtschlitten in x-Richtung. Durch Drehzahlregulierung des Motors 66 kann die Profiliergeschwindigkeit festgelegt werden. Dadurch wird die Fertigungszeit und auch die Oberflächenrauigkeit des Schleifschneckenprofils definiert.

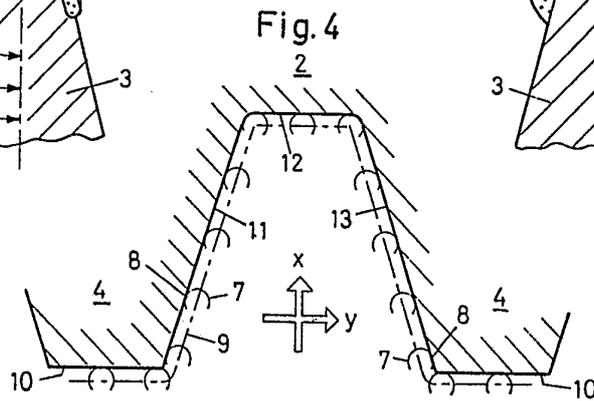
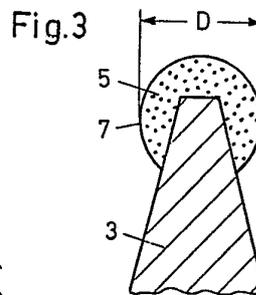
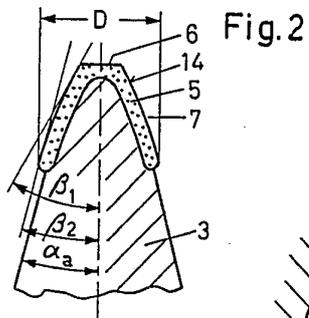
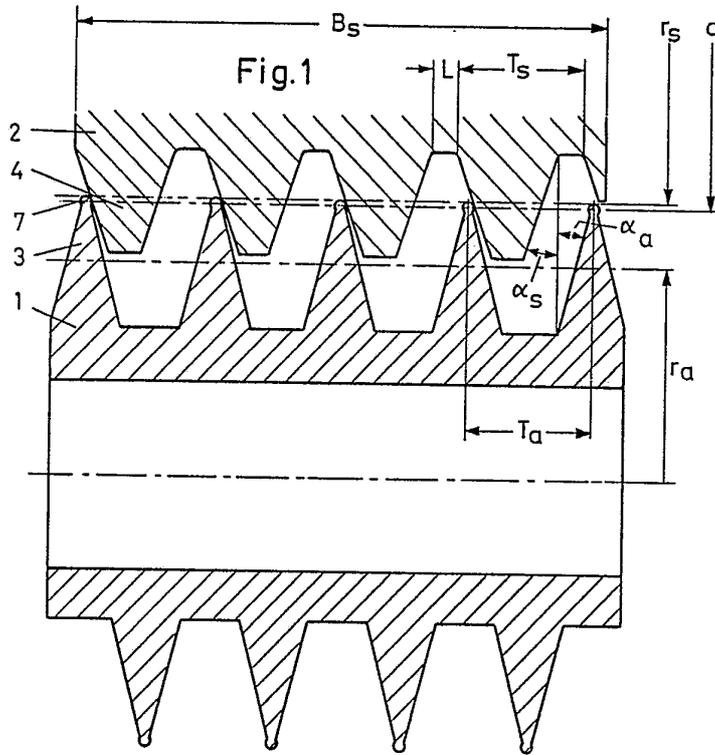


Fig. 5

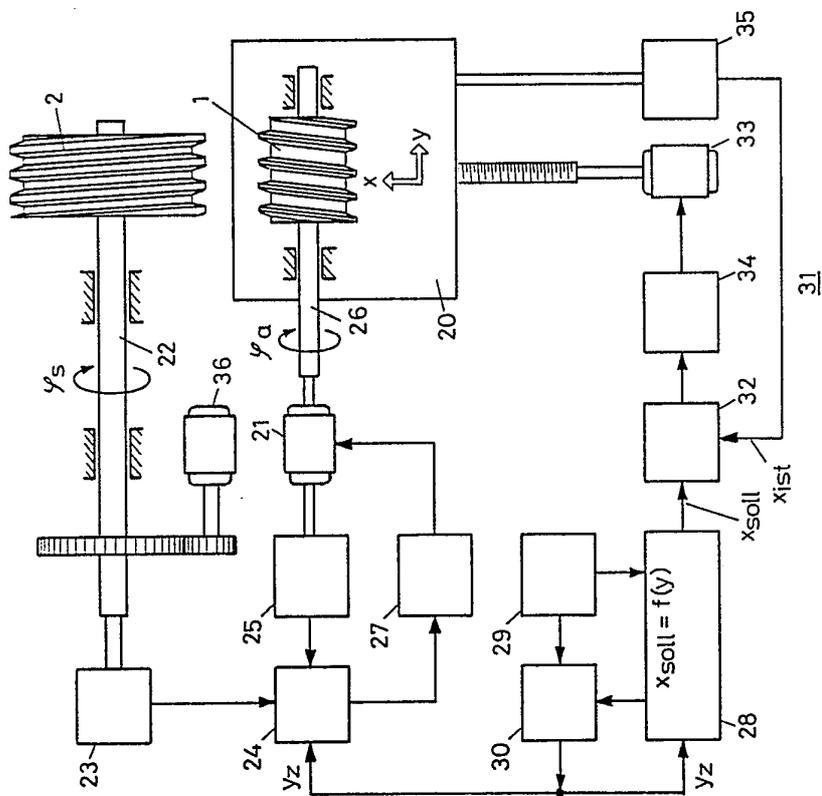


Fig. 6

