

12

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

21 Anmeldenummer: 82100085.8

51 Int. Cl.³: B 24 B 53/14

22 Anmeldetag: 08.01.82

43 Veröffentlichungstag der Anmeldung:
20.07.83 Patentblatt 83/29

84 Benannte Vertragsstaaten:
AT BE CH FR GB IT LI LU NL SE

71 Anmelder: Ernst Winter & Sohn (GmbH & Co.)
Osterstrasse 58
D-2000 Hamburg 19(DE)

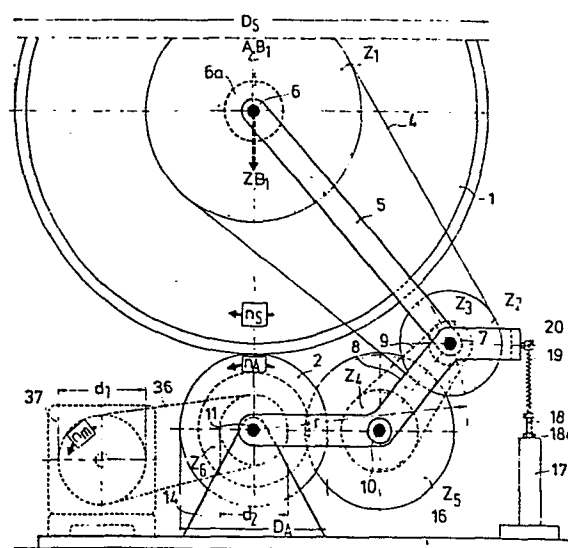
72 Erfinder: Sawluk, Wlodzimierz, Dr. Ing.
Falkenried 82
D-2000 Hamburg 20(DE)

74 Vertreter: Minetti, Ralf, Dipl.-Ing.
Ballindamm 15
D-2000 Hamburg 1(DE)

54 Verfahren und Vorrichtung zum Abrichten und Schärfen von Schleifscheiben sowie Abrichtrolle.

57 Für das Abrichten sowohl zylindrischer als auch profilierter Umfangsschleifscheiben werden ein Verfahren und eine Vorrichtung vorgeschlagen, bei deren Anwendung nicht nur eine hohe Form- und Laufgenauigkeit der Schleifscheibe (1), sondern auch eine jeweils im voraus zu bestimmende Topografie ihrer Arbeitsflächen erreicht werden.

Hierzu werden die Drehzahl (n_s) der abzurichtenden Schleifscheibe (1) und die Drehzahl (n_A) des Abrichtwerkzeuges (2) in ein bestimmtes Verhältnis $m = n_s : n_A$ gebracht, das durch einen kinematischen Verschluß zwischen der Schleifscheibe (1) und dem Abrichtwerkzeug (2) während des gesamten Abrichtprozesses konstant bleibt. Ist die Umfangsschleifscheibe (1) mittels Zahnräder (Z_1, Z_2, Z_3, Z_4, Z_5 und Z_6) mit dem Abrichtwerkzeug kinematisch gekoppelt, so bestimmt sich das Drehzahlverhältnis als $m = n_s : n_A = (Z_2 : Z_1) \cdot (Z_4 : Z_3) \cdot (Z_6 : Z_5)$.



$$m = \frac{n_s}{n_A} = \frac{Z_6}{Z_5} \cdot \frac{Z_4}{Z_3} \cdot \frac{Z_2}{Z_1}$$

Fig. 31

Verfahren und Vorrichtung zum Abrichten und Schärfen
von Schleifscheiben sowie Abrichtrolle

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Abrichten und Schärfen von sowohl zylindrischen als auch profilierten Umfangsschleifscheiben mit einem bzw. zwei rotierenden Abrichtwerkzeugen. Dieses Verfahren ermöglicht es, eine
5 im voraus bestimmte geometrische Beschaffenheit an den Arbeitsflächen der Schleifscheibe zu erzeugen. Die Erfindung betrifft außerdem die Vorrichtungen und Abrichtwerkzeuge, die zur Durchführung dieses Verfahrens erforderlich sind.

10

Alle bekannten Verfahren zum Abrichten von Schleifscheiben mit rotierenden Abrichtwerkzeugen sind kinematisch dadurch gekennzeichnet, daß man versucht, die Umfangsgeschwindigkeit der Schleifscheibe v_S und des Abrichtwerkzeuges v_A in ein bestimmtes Verhältnis $q = v_A : v_S$ zu
15 bringen. Die q -Kenngröße sollte beim Crushier-Abrichtverfahren einen Zahlenwert von $q = 1$ und bei allen anderen Verfahren einen Zahlenwert von $q \neq 1$ aufweisen. Hierzu ist zu bemerken, daß alle Abrichtverfahren fast ausschließlich im Mitlauf geführt werden.

20

Beim Crushier-Abrichtverfahren wird entweder die nicht angetriebene Schleifscheibe durch das angetriebene Abrichtwerkzeug, oder das nicht angetriebene Abrichtwerkzeug durch die angetriebene Schleifscheibe in Drehbewegung
25 gesetzt. Diese Bewegungen kommen infolge der zwischen der Schleifscheibe und dem Abrichtwerkzeug entstehenden Reibung zustande. Die Kenngröße dieser Reibung, nämlich die μ -Reibungszahl der Bewegung ist von der Anpreßkraft zwischen der Schleifscheibe und dem Abrichtwerkzeug,
30

sowie von der Oberflächenbeschaffenheit der Schleifscheibe abhängig. Bezeichnet man die Drehzahl der Schleifscheibe mit n_S und die des Abrichtwerkzeuges mit n_A , so läßt sich durch die Drehzahlmessungen feststellen, daß das
5 Drehzahlverhältnis $m = n_S:n_A$ während des Crushier-Abrichtprozesses ständigen Schwankungen unterliegt. Diese Erscheinung ist auf die ungleichmäßige Oberflächenbeschaffenheit der Schleifscheibe und die daraus resultierenden ständigen Änderungen der μ -Reibungszahl zurückzuführen.

10 Alle anderen bekannten Verfahren zum Abrichten von Schleifscheiben mit rotierenden Abrichtwerkzeugen unterscheiden sich von dem Crushier-Verfahren dadurch, daß bei ihnen sowohl die Schleifscheibe als auch das Abrichtwerkzeug
15 angetrieben wird, und daß die q-Kenngröße einen Zahlenwert von $0 < q < 1$ oder $q > 1$ aufweisen sollte. Auch bei diesen kinematischen Anordnungen läßt sich durch die Drehzahlmessungen feststellen, daß das Drehzahlverhältnis $m = n_S:n_A$ während des Abrichtprozesses nicht konstant
20 bleibt. Die Ursachen dieser Erscheinung sind an anderer Stelle der vorliegenden Druckschrift erläutert worden.

Die Tatsache, daß das Drehzahlverhältnis m sowohl beim Crushier-Verfahren als auch bei allen anderen bekannten
25 Abrichtverfahren Schwankungen unterliegt, sowie die Tatsache, daß keine kinematischen Anordnungen für die Konstanthaltung dieses Verhältnisses bekannt sind, erlauben es nicht die nachstehend erläuterten neuesten Erkenntnisse der Abrichttechnik ausnutzen zu können.

30 Der Einsatzzustand jeder Schleifscheibe ist durch ihre Form- und Laufgenauigkeit sowie durch die Topographie ihrer Arbeitsflächen gekennzeichnet. In der Schleiftechnik gilt die Regel, daß die Erhöhung der Form- und Laufgenauigkeit einer Schleifscheibe immer zur Verbesserung des
35 Schleifergebnisses führt. Die daraus resultierende erste Aufgabe für den Abrichttechniker ist also, die Schleifscheibe so abzurichten, daß sie höchstmögliche Form- und Laufgenauigkeit aufweisen wird. Die Anforderungen
40 an die dritte Kenngröße des Einsatzzustandes einer Schleif-

scheibe, nämlich an die Topographie ihrer Arbeitsflächen, sind jeweils von den Anforderungen an die Endergebnisse des Schleifprozesses abhängig. Sollen diese Ergebnisse durch ein großes Zeitspannungsvolumen gekennzeichnet
5 sein, so muß die Topographie der eingesetzten Schleifscheibe andere geometrische Eigenschaften aufweisen als die, die erforderlich sind, um eine hohe Oberflächen-
güte an dem Werkstück zu erzeugen. Die daraus resultierende zweite Aufgabe für den Abrichttechniker ist also,
10 die Schleifscheibe so abzurichten, daß die dadurch entstandene Topographie ihrer Arbeitsflächen die Erfüllung der an die Endergebnisse des Schleifprozesses gestellten Anforderungen sichern wird. Das bedeutet aber, daß ein
Abrichtverfahren zur Verfügung stehen muß, das eine
15 im voraus bestimmte Topographie an den Schleifscheiben-Arbeitsflächen zu erzeugen imstande sein wird.

In allen bekannten Veröffentlichungen über das Abrichten mit rotierenden Werkzeugen wird behauptet, daß diese
20 Aufgabe durch die Wahl eines entsprechenden Geschwindigkeitsverhältnisses q zu lösen ist. Nun hat man aber in der vorliegenden Druckschrift festgestellt, daß anhand der q -Kenngröße keine Voraussagen über die zu erwartenden Abrichterergebnisse gemacht werden können. Man hat nämlich
25 mathematisch nachgewiesen, daß bei gleichem q -Zahlenwert unterschiedliche Wellenhöhen (Rauhtiefen) und Wellenlängen auf den Arbeitsflächen der Schleifscheibe erzeugt werden können. Demzufolge müssen die sich seit Jahren wiederholenden Behauptungen in der Fachliteratur, daß die Topographie
30 einer abgerichteten Schleifscheibe von dem Geschwindigkeitsverhältnis $q = v_A : v_S$ abhängig ist, als nicht gültig erklärt und durch die neuesten diesbezüglichen Erkenntnisse ersetzt werden. Man hat nämlich festgestellt,
daß die Topographie einer Schleifscheibe sich durch
35 das Drehzahlverhältnis $m = n_S : n_A$ beeinflussen und im voraus bestimmen läßt. Dabei ist es unbedingt erforderlich, daß ein bestimmtes und eingestelltes Drehzahlverhältnis m während des ganzen Abrichtprozesses konstant gehalten wird. Dies ist aber bei allen bekannten Abrichtverfahren
40 nicht möglich.

- Aufgabe der Erfindung ist es, für das Abrichten sowohl zylindrischer als auch profilierter Umfangsschleifscheiben ein Verfahren sowie die dafür erforderlichen Vorrichtungen und Werkzeuge zu schaffen, bei deren Anwendung
- 5 nicht nur hohe Form- und Laufgenauigkeit der Schleifscheibe sondern auch eine jeweils im voraus bestimmte Topographie ihrer Arbeitsflächen erreicht wird. Die Erfindung sieht dafür vor, daß die Drehzahl n_S der abzurichtenden Schleifscheibe und die Drehzahl n_A des Abrichtwerkzeuges in
- 10 ein bestimmtes Verhältnis $m = n_S : n_A$ gebracht werden, das durch einen kinematischen Verschluß zwischen der Schleifscheibe und dem Abrichtwerkzeug während des gesamten Abrichtprozesses konstant bleibt. Dieser kinematische Verschluß kann entweder auf mechanischem oder auf elektrischem Wege, nämlich durch eine sogenannte "elektrische Welle" realisiert werden. Die Erfindung sieht außerdem
- 15 verschiedenartige Vorrichtungen und Abrichtwerkzeuge vor, die beim neuen Abrichtverfahren zum Einsatz kommen.
- 20 Weitere Merkmale der Erfindung und die ihnen zugrundeliegenden mathematischen Erkenntnisse bilden Gegenstand der Unteransprüche und sind nachstehend an einigen Ausführungsbeispielen unter jeweiliger Bezugnahme auf entsprechende Zeichnung erläutert. In dem Zeichnungskatalog
- 25 zeigt
- Fig. 1 die momentane Lage der Schleifscheibe und des Abrichtwerkzeuges während eines Abrichtprozesses,
- Fig. 2 das kinematische Modell für die Darstellung der Relativbewegungen des in Figur 1 gezeigten
- 30 Abrichtprozesses,
- Fig. 3 das mathematische Modell für die Ermittlung der kinematischen und geometrischen Kenngrößen eines Abrichtprozesses,
- 35
- Fig. 4 die auf das Abrichtwerkzeug und auf die Schleifscheibe wirkenden Kräfte in dem Fall, daß $m > q_R$ ist,

- Fig. 5 das gleiche wie in Figur 4, jedoch in dem Fall, daß $m < q_R$ ist,
- 5 Fig. 6 den Schnitt- und Wirkweg eines dem Abrichtwerkzeug zugehörenden Punktes in dem Fall, daß $m > q_R$ ist,
- Fig. 7 das gleiche wie in Figur 6, jedoch in dem Fall, daß $m < q_R$ ist,
- 10 Fig. 8 die graphische Darstellung der Abhängigkeiten $q_y = f(m)$ und $q_v = f(m)$ in dem Fall, daß $q_R = 9:16$ ist,
- 15 Fig. 9 das gleiche wie in Figur 8, jedoch in dem Fall, daß $q_R = 9:32$ ist,
- Fig. 10 die in der x-y Ebene liegende und nach n'_A Wirk- bis umdrehungen des Abrichtwerkzeuges entstandene
- 20 Fig. 17 geometrische Beschaffenheit der Schleifscheibe in Abhängigkeit von den jeweils in den einzelnen Figuren angegebenen Abrichtbedingungen,
- Fig. 18 den in der x-y Ebene liegenden Ausschnitt der geometrischen Beschaffenheit einer Schleifscheibe
- 25 in dem Fall, daß $m > q_R$ ist,
- Fig. 19 das gleiche wie in Figur 18, jedoch in dem Fall, daß $m < q_R$ ist,
- 30 Fig. 20 die schematische Darstellung eines mehrschneidigen Abrichtwerkzeuges,
- Fig. 21 die graphischen Darstellungen der Abhängigkeiten
- 35 bis $W_H = f(q_R)$, $W_L = f(q_R)$, $s = f(q_R)$ und $q_v = f(q_R)$
- Fig. 25 für das konstante und jeweils in den einzelnen Figuren angegebene Drehzahlverhältnis m ,

- Fig. 26 die graphischen Darstellungen der Abhängigkeiten
bis $W_H = f(q_R)$ und $W_L = f(q_R)$ für eine Reihe von
Fig. 30 unterschiedlichen und jeweils in den einzelnen
Figuren angegebenen Drehzahlverhältnissen m ,
- 5
- Fig. 31 die Seitenansicht der Vorrichtung mit einer
rotierenden Rolle zum Abrichten und Schärfen
einer Schleifscheibe,
- 10
- Fig. 32 die Draufsicht der Vorrichtung gemäß Figur 31,
- Fig. 33 das gleiche wie in Figur 31, jedoch mit zwei
rotierenden Rollen,
- 15
- Fig. 34 die Draufsicht der Vorrichtung gemäß Figur 33,
- Fig. 35 die zylindrische Rolle mit eingesetzten Abrichtseg-
menten,
- 20
- Fig. 36 das geradlinige Abrichtsegment aus einfachem
Baustahl (DIN 10065),
- Fig. 37 das profilierte Abrichtsegment aus einfachem
Baustahl (DIN 10065),
- 25
- Fig. 38 das gleiche wie in Figur 36, jedoch mit einge-
betteten superharten Schneidstoffkörnern,
- Fig. 39 das gleiche wie in Figur 37, jedoch mit einge-
betteten superharten Schneidstoffkörnern,
- 30
- Fig. 40 das zylindrische Abrichtwerkzeug mit eingesetzten
Segmenten, von denen jedes eine Reihe von geome-
trisch bestimmten Schneiden aus superhartem
Werkstoff aufweist,
- 35
- Fig. 41 die zylindrische Rolle aus einfachem Baustahl
(DIN 10065) mit gerändelter Mantelfläche,
- 40
- Fig. 42 das gleiche wie in Figur 41, jedoch profiliert,

0083572

Fig. 43 den Teilausschnitt einer profilierten Schleifscheibe im Eingriff mit einem profilierten Abrichtwerkzeug in schematischer Darstellung zur Wiedergabe der Eingriffs- und kinematischen Verhältnisse,

5

Fig. 44 das Abrichtwerkzeug im Eingriff mit einem profilierten Drehmeißel zum Korrigieren des Abrichtwerkzeug-Profils bei zurückgefahrener Schleifscheibe,

10 Fig. 45 das gleiche wie in Figur 43, jedoch mit zwei profilierten Abrichtwerkzeugen,

Fig. 46 das gleiche wie in Figur 44, jedoch mit zwei Abrichtwerkzeugen im Eingriff mit zwei profilierten Drehmeißeln.

15

Fig. 47 Informationstabellen mit bestimmten Zahlenwerten bis einiger in diesen Tabellen genannten Kenngrößen
Fig. 50 des Abrichtprozesses

20

Das Prinzip und die Wirkungsweise des erfundenen Abrichtverfahrens lassen sich nur unter Zuhilfenahme einer Reihe von mathematischen Abhängigkeiten und Diagrammen erläutern. Um sie ableiten bzw. erstellen zu können, sind die nun
25 folgenden Betrachtungen erforderlich.

In Figur 1 ist die momentane Lage der Schleifscheibe 1 und des Abrichtwerkzeuges 2, die sich aus dem Eingriff der beiden während eines im Mitlauf geführten Abrichtprozesses ergibt, schematisch dargestellt. Dieser Prozeß
30 ist durch den Durchmesser D_S und die Drehzahl n_S der Schleifscheibe 1, sowie den Durchmesser D_A und die Drehzahl n_A des Abrichtwerkzeuges 2 gekennzeichnet. Die in Betracht gezogene momentane Lage ist durch den Achsenabstand R_0
35 bzw. durch die Eingriffsgröße e eindeutig bestimmt. Hierzu ist zu bemerken, daß sowohl in Figur 1 als auch in allen folgenden Figuren jeweils ein ungewöhnlich großer Zahlenwert für die Eingriffsgröße e gewählt wurde. Diese Wahl ist deshalb getroffen worden, weil es nur bei einer solchen
40 Größenordnung möglich ist, die kinematischen Abrichtprozeß-

Vorgänge in einer für die optischen Betrachtungen erforderlichen Größe graphisch darzustellen. Die unter Zuhilfenahme solcher graphischen Darstellungen abgeleiteten mathematischen Abhängigkeiten gelten selbstverständlich für jeden beliebigen e-Zahlenwert. Für die Analyse eines Abrichtprozesses sind außer den oben genannten auch die nachstehenden Kenngrößen von Bedeutung.

m - Drehzahlverhältnis (das Verhältnis der Drehzahlen der Schleifscheibe n_S und des Abrichtwerkzeuges n_A)

$$m = \frac{n_S}{n_A} \quad (1)$$

Bildet man aus den Radien R_A und R_0 einen Quotienten

$$q_R = \frac{R_A}{R_0 - R_A} \quad (2)$$

so lassen sich die nachstehend genannten und aus Figur 1 zu ersehenden Winkel wie folgt mathematisch ausdrücken:

ξ_A - Eingriffswinkel des Abrichtwerkzeuges

$$\xi_A = 4 \cdot \arcsin \left[\frac{1}{2 \cdot R_A} \sqrt{\frac{e \cdot (2 \cdot R_A + e \cdot q_R)}{q_R + 1}} \right] \quad (3)$$

ξ_S - Eingriffswinkel der Schleifscheibe

$$\xi_S = 4 \cdot \arcsin \left[\frac{q_R}{2} \sqrt{\frac{e \cdot (2 \cdot R_A - e)}{R_A \cdot (R_A + e \cdot q_R) \cdot (q_R + 1)}} \right] \quad (4)$$

Um die kinematischen Vorgänge des in Figur 1 schematisch dargestellten Abrichtprozesses betrachten und analysieren zu können, ist es laut DIN 6580 erforderlich, alle Bewegungen dieses Prozesses dem Abrichtwerkzeug 2 zuzuordnen und auf die ruhend gedachte Schleifscheibe 1 zu beziehen. Für eine solche Transformation der Abrichtprozeß-Bewegungen wurde das in Figur 2 gezeigte kinematische Modell geschaffen. Dieses Modell und seine Wirkungsweise lassen sich wie folgt beschreiben:

Auf der Welle 4, die mittels des Ringes 8 und des Bolzens 10
 in dem Ständer 11 unbeweglich befestigt ist, sitzen das
 Zahnrad Z_1 und der Teller 1. Der Durchmesser D_S des Tel-
 lers 1 ist dem Durchmesser der in Figur 1 gezeigten Schleif-
 scheibe 1 gleich. Die Welle 5 mit der Kurbel 2 und dem
 Zahnrad Z_2 ist mittels des Lagers 12 in dem Verbindungsträger 9
 drehbar gelagert. Die Entfernung R_0 zwischen den Wellen
 4 und 5 ist dem aus Figur 1 zu ersehenden Abstand zwischen
 den Achsen der Schleifscheibe 1 und des Abrichtwerkzeuges 2
 gleich. An dem Verbindungsträger 9, der durch das Lager
 6 und 7 um die Achse M_S rotieren kann, befindet sich
 der Antriebsmotor 13, dessen Verbindung mit der Welle 5
 durch die Riemenscheiben D_1 und D_2 realisiert und kinematisch
 bestimmt ist. Die Kurbel 2 ist mit dem Schreibstift 3
 versehen, dessen Entfernung R_A von der Drehachse M_A dem
 halben Durchmesser des in Figur 1 gezeigten Abrichtwerkzeuges
 gleich ist. Schließlich ist zu bemerken, daß die Zahnradüber-
 setzung $r_2:r_1$ so gewählt worden ist, daß ihr Zahlenwert
 mit dem des sich aus Figur 1 ergebenden Drehzahlverhält-
 nisses $m = n_S:n_A$ identisch ist. Schaltet man den Antriebs-
 motor 13 ein, so wird das Zahnrad Z_2 um seine Drehachse M_A
 rotieren, die ihrerseits eine Kreisbewegung um die Achse M_S
 ausüben wird. Infolge dieser zwei zugleich stattfindenden
 Kreisbewegungen wird die Spitze des Schreibstiftes 3
 eine in der x-y Ebene liegende Kurve zeichnen, die mit
 der Relativ-Bahn des in Betracht gezogenen Schneidpunktes A
 des Abrichtwerkzeuges 2 identisch sein wird. Das bedeutet,
 daß die kinematische Anordnung dieses Modells es erlaubt,
 die während eines bestimmten Abrichtprozesses stattfindende
 Relativbewegung dieses Schneidpunktes A zu simulieren.
 Dieser im Mitlauf geführte Abrichtprozess ist durch die
 kinematischen Kenngrößen n_S und n_A sowie durch die geome-
 trischen Kenngrößen R_A und R_0 eindeutig bestimmt. Daraus
 ist zu erkennen, daß bei dem in Betracht gezogenen Abricht-
 prozess keine Vorschubbewegung in M_S -Richtung (keine
 Einstechbewegung) stattfindet. Das Nichtvorhandensein
 dieser Bewegung ist dadurch zu erklären, daß sie bei
 dem erfundenen Abrichtverfahren - wie an anderer Stelle
 der Druckschrift bewiesen wird - die geometrische Beschaffen-
 heit der Schleifscheibe nicht beeinflusst. Anders gesagt,

unter Zuhilfenahme des in Figur 2 dargestellten Modells
wird ein mit einem oder mehreren Schneidpunkten des Werk-
zeuges 2 geführter Abrichtprozess simuliert, der in dem
Moment anfängt, in dem der Abstand R_0 zwischen den Dreh-
achsen der Schleifscheibe M_S und des Abrichtwerkzeuges M_A
durch die Unterbrechung der Einstechbewegung erreicht
wird. Diese Tatsache ist an dieser Stelle deswegen beson-
ders hervorzuheben, weil alle nun folgenden Betrachtungen
und mathematischen Analysen jeweils auf dieser Art der
Abrichtprozesse basieren.

Die momentane Lage des Schneidpunktes A auf ihrer Bahn,
z.B. die Lage A_χ (siehe Figur 2) läßt sich in dem Carte-
sischen-Koordinatensystem unter Zuhilfenahme der zwei
nachstehenden Parameter-Gleichungen ermitteln.

$$x = f(\alpha) = R_A \cdot \left[\frac{q_R+1}{q_R} \cdot \cos \alpha - \cos \left(\alpha + \frac{\alpha}{m} \right) \right] \quad (5)$$

$$y = f(\alpha) = R_A \cdot \left[\frac{q_R+1}{q_R} \cdot \sin \alpha - \sin \left(\alpha + \frac{\alpha}{m} \right) \right] \quad (6)$$

Die Lage A_χ des Schneidpunktes A kann auch in dem Polar-
Koordinatensystem durch folgende zwei Parameter-Gleichun-
gen ermittelt werden.

$$\varrho = f(\alpha) = \frac{R_A}{q_R} \cdot \sqrt{4 \cdot q_R \cdot (q_R+1) \cdot \sin^2 \frac{\alpha}{2 \cdot m} + 1} \quad (7)$$

$$\beta = f(\alpha) = \arcsin \frac{(q_R+1) \cdot \sin \alpha - q_R \cdot \sin \left(\alpha + \frac{\alpha}{m} \right)}{\sqrt{4 \cdot q_R \cdot (q_R+1) \cdot \sin^2 \frac{\alpha}{2 \cdot m} + 1}} \quad (8)$$

Die in den Gleichungen (5) ... (8) erscheinenden Kurzbe-
zeichnungen bedeuten:

α = Drehwinkel des Radius R_0 q_R = Quotient gemäß (2)

m = Drehzahlverhältnis gemäß (1) ϱ = Radiusvektor und

$\frac{\alpha}{m}$ = Drehwinkel des Radius R_A β = Polarwinkel

Jedes der zwei obigen Paare der Parameter-Gleichungen
bestimmt also die Relativ-Bahn des in Betracht gezogenen

Schneidpunktes A des Abrichtwerkzeuges 2. Aus der mathematischen Form dieser Gleichungen geht hervor, daß der Schneidpunkt A sich entlang einer Epizykloide bewegen wird, deren Verlauf bei den gegebenen Radien R_A und R_0 ausschließlich von dem Drehzahlverhältnis m abhängig ist. Bevor man den Verlauf dieser Epizykloide analysiert, sollen zunächst die in Figur 3 kurzbezeichneten und jeweils dem Abrichtwerkzeug 2 zugeordneten Geschwindigkeiten definiert und in mathematische Abhängigkeiten gebracht werden.

v = Schnittgeschwindigkeit (diese Geschwindigkeit ist der Umfangsgeschwindigkeit v_A des Abrichtwerkzeuges gleich)

$$v = v_A = 2 \cdot \pi \cdot n_A \cdot R_A \quad (9)$$

u = Vorschubgeschwindigkeit (diese Geschwindigkeit ist mit der Umfangsgeschwindigkeit $v_{(M_A)}$ der Werkzeugachse M_A um die Drehachse M_S identisch)

$$u = v_{(M_A)} = 2 \cdot \pi \cdot n_S \cdot R_0 = v \cdot \frac{m \cdot (q_R + 1)}{q_R} \quad (10)$$

$u_{(A_W)}$ = Vorschubgeschwindigkeit des Schneidpunktes A in der Lage A_W

$$u_{(A_W)} = 2 \cdot \pi \cdot n_S \cdot (R_0 - R_A) = \frac{u}{q_R + 1} = v \cdot \frac{m}{q_R} \quad (11)$$

q_v = Geschwindigkeitsverhältnis (Verhältnis der Schnittgeschwindigkeit v zur Vorschubgeschwindigkeit $u_{(A_W)}$ des Schneidpunktes A in der Lage A_W)

$$q_v = \frac{v}{u_{(A_W)}} = \frac{R_A}{m \cdot (R_0 - R_A)} = \frac{q_R}{m} \quad (12)$$

$v_{e(A_W)}$ = Wirkgeschwindigkeit des Schneidpunktes A in der Lage A_W (siehe auch Figur 4 und Figur 5)

$$v_{e(A_W)} = v - u_{(A_W)} = v \cdot \frac{q_R - m}{q_R} \quad (13)$$

$u_{(A_E)} = u_{(A_A)} =$ Vorschubgeschwindigkeit des Schneidpunktes A in den Lagen A_E und A_A (diese Geschwindigkeit ist der Umfangsgeschwindigkeit v_S der Schleifscheibe gleich)

$$u_{(A_E)} = u_{(A_A)} = v_S = 2 \cdot \pi \cdot n_S \cdot R_S = v \cdot \frac{m}{q_R} \cdot \left(1 + q_R \cdot \frac{e}{R_A} \right) \quad (14)$$

Die abgeleiteten Abhängigkeiten (1) ... (14) bilden gemeinsam ein mathematisches Instrumentarium, unter dessen Zuhilfenahme man verschiedene kinetische und kinematische Abrichtprozeß-Vorgänge analysieren kann. So lassen sich anhand der Kenngrößen gemäß (1), (2), (12) und (13) folgende Aussagen über die kinetischen Vorgänge eines Abrichtprozesses machen.

In Figur 4 und Figur 5 ist jeweils die kinematische Anordnung eines im Mitlauf geführten Abrichtprozesses sowie die während dieses Prozesses wirkenden Kräfte schematisch dargestellt worden. Es handelt sich dabei um die momentane Zerspankraft F_Z und ihre beiden Komponenten, nämlich um die Schnittkraft F_S und um die Stützkraft F_{st} . Die Vektoren dieser Kräfte sind jeweils dem in der x-y Ebene liegenden Punkt A_W zugeordnet worden. Die mit durchgezogenen Linien gezeichneten Vektoren zeigen die Richtungen der auf das Abrichtwerkzeug 2 wirkenden Kräfte und die mit unterbrochenen Linien gezeichneten Vektoren zeigen die Richtungen der auf die Schleifscheibe 1 wirkenden Kräfte. Die Wirkrichtungen dieser Kraftvektoren sind von dem Zahlenwert des Drehzahlverhältnisses m oder des Geschwindigkeitsverhältnisses q_v abhängig. Läßt man die Stützkraft F_{st} außer acht und betrachtet man die Schnittkraft F_S , so kommt man zu folgenden Erkenntnissen.

Ist $m > q_R$ bzw. $q_v < 1$ (siehe Figur 4), so wird die Schnittkraft F_S in die Drehrichtung des Abrichtwerkzeuges 2 und entgegen der Drehrichtung der Schleifscheibe 1 wirken.

Ist $m < q_R$ bzw. $q_v > 1$ (siehe Figur 5), so wird die Schnittkraft F_S in die Drehrichtung der Schleifscheibe 1 und entgegen der Drehrichtung des Abrichtwerkzeuges 2 wirken.

Das bedeutet aber, daß bei dem in Figur 4 dargestellten Fall die Drehzahl n_A des Abrichtwerkzeuges 2 und bei dem in Fig. 5 dargestellten Fall die Drehzahl n_S der Schleifscheibe 1 beschleunigt wird. Diese Beschleunigung und die sich daraus ergebenden Schwankungen des Drehzahlverhältnisses m werden desto größer sein, je größer die Schnittkraft F_g also je kleiner die Wirkgeschwindigkeit $v_e(A_W)$ sein wird. Aufgrund dieser Erkenntnisse stellt man also fest, daß bei allen bekannten Abrichtverfahren, bei denen ein im Mitlauf rotierendes Werkzeug eingesetzt wird, immer die Schwankungen des Drehzahlverhältnisses m auftreten werden. Das bedeutet aber, daß die zur Erzeugung einer bestimmten und gleichmäßigen Schleifscheiben-Topographie unbedingt erforderliche Konstanthaltung des Drehzahlverhältnisses m sich bei allen bekannten Abrichtverfahren nicht realisieren läßt. Die Erfüllung dieser Anforderung ist erst durch die vorliegend beschriebene Erfindung möglich.

Für die weiteren Betrachtungen sollen die in Figur 6 und Figur 7 enthaltenen Darstellungen zu Hilfe gezogen werden. Zuvor soll bemerkt werden, daß die Definitionen der im folgenden erscheinenden Begriffe "Wirkweg w_e " und "Schnittweg w " der DIN 6580 zu entnehmen sind.

Man hat willkürlich zugrundegelegt, daß $R_A = 45 \text{ mm}$, $e = 12 \text{ mm}$, $m = 3:10$ und $q_R = 9:32$ ist, und für diese Zahlenwerte - unter Zuhilfenahme der Parameter-Gleichungen (5) und (6) - den Wirkweg $w_e = A_E - A_W - A_A$ des betrachteten Schneidpunktes A in Figur 6 graphisch dargestellt. Nun hat man dem q_R -Quotienten willkürlich den Zahlenwert von $q_R = 63:74$ zugeordnet und unter Beibehaltung der übrigen oben genannten Zahlenwerte den Wirkweg $w_e = A_E - A_W - A_A$ des gleichen Schneidpunktes A in Figur 7 aufgetragen. Der Schneidpunkt A weist auf dem Wirkweg w_e drei bestimmte Lagen auf, von denen jede durch die jeweils dem Buchstaben A zugeordnete Fußnote E, W oder A gekennzeichnet worden ist. Diese Fußnoten deuten auf eine der folgenden Lagen des Schneidpunktes A hin:

E = Eintrittslage, W = Wendelage und A = Austrittslage.

Die Fläche, die durch den Wirkweg $w_e = A_E - A_W - A_A$ und den Kreisbogen $A_E - A_A$ begrenzt ist, entspricht der Fläche, die der betrachtete Schneidpunkt A des Abrichtwerkzeuges von der Schleifscheibe in der x-y Ebene "abtragen" wird.

Um diese Flächen optisch besser zu erkennen, sind sie in beiden Figuren schraffiert worden. Aus Figur 6 und Figur 7 sind außer den Wirkwegen $w_0 = A_E - A_W - A_A$ auch die mit unterbrochenen Linien gezeichneten kreisbogenförmigen Schnittwege $w = A_E' - A_W - A_A'$ zu erkennen (hierzu siehe auch Figur 1, Figur 4 und Figur 5). Die Eintritts- und Austritts- lage des Schnaidpunktes A auf dem Schnittweg ist durch die dem Buchstaben A zugeordnete Fußnote E' bzw. A' gekennzeichnet worden.

Unter Berücksichtigung der in Figur 6 und Figur 7 enthaltenen Daten und Kurzbezeichnungen lassen sich folgende Kenngrößen mathematisch erfassen:

$y_{(AE)}$ - Ordinate des Schnaidpunktes A in der Eintrittslage A_E

$$y_{(AE)} = \frac{R_A + \theta \cdot q_R}{q_R} \cdot \sin \left[\frac{\varepsilon_A}{2} \cdot \left(\frac{\varepsilon_S}{\varepsilon_A} - m \right) \right] \quad (15)$$

$$y_{(AE)} = R_A \left[\sin \left(2 \cdot (m+1) \cdot \operatorname{arcsinh} \sqrt{\frac{e \cdot (2 \cdot R_A + e \cdot q_R)}{4 \cdot R_A^2 \cdot (q_R + 1)}} \right) - \frac{q_R + 1}{q_R} \cdot \sin \left(2 \cdot m \cdot \operatorname{arcsin} \sqrt{\frac{e \cdot (2 \cdot R_A + e \cdot q_R)}{4 \cdot R_A^2 \cdot (q_R + 1)}} \right) \right] \quad (15a)$$

w_0 = Wirkweg des Schnaidpunktes A

$$w_0 = \widehat{A_E A_W A_A} = 2 \cdot C \int_{\varphi_1}^{\varphi_2} \sqrt{1 - \sin^2 \theta \cdot \sin^2 \varphi} \cdot d\varphi = 2 \cdot C \cdot [E_1(\varphi_1, \theta) - E_2(\varphi_2, \theta)] \quad (16)$$

$\varphi_1 = 90^\circ$
 $\varphi_2 = \arccos \sqrt{\frac{e \cdot (2 \cdot R_A + e \cdot q_R)}{4 \cdot R_A^2 \cdot (q_R + 1)}}$

$$\text{wobei: } C = \frac{2 \cdot R_A}{q_R} \cdot [q_R \cdot (2m+1) + m] \quad (16a)$$

$$\theta = \arcsin \frac{2 \cdot \sqrt{q_R \cdot m \cdot (q_R + 1) \cdot (m+1)}}{q_R \cdot (2m+1) + m} \quad (16b)$$

$y_{(AE')}$ = Ordinate des Schnaidpunktes A in der Eintrittslage A_E'

$$y_{(AE')} = \frac{R_A + \theta \cdot q_R}{q_R} \cdot \sin \frac{\varepsilon_S}{2} \quad (17)$$

$$y_{(AE')} = \frac{\sqrt{\theta \cdot (2 \cdot R_A - \theta) \cdot (2 \cdot R_A + \theta \cdot q_R) \cdot [2 \cdot R_A \cdot (q_R + 1) + \theta \cdot q_R]}}{2 \cdot R_A \cdot (q_R + 1)} \quad (17a)$$

w = Schnittweg des Schneidpunktes A

$$w = \widehat{A_E' A_W A} = \frac{\pi \cdot R_A}{45^\circ} \cdot \arcsin \left[\frac{1}{2 \cdot R_A} \cdot \sqrt{\frac{e \cdot (2 \cdot R_A + e \cdot q_R)}{q_R + 1}} \right] \quad (18)$$

5

q_y = Ordinatenverhältnis (diese Kenngröße wird im folgenden q_y -Quotient genannt)

$$q_y = \frac{y(A_E)}{y(A_E')} = \frac{\sin \left[\frac{\varepsilon_A}{2} \cdot \left(\frac{\varepsilon_S}{\varepsilon_A} - m \right) \right]}{\sin \frac{\varepsilon_S}{2}} \quad (19)$$

10

$$q_y = \frac{R_A^2 (q_R + 1) \cdot \left[\sin \left(2(m+1) \cdot \arcsin \sqrt{\frac{e \cdot (2 \cdot R_A + e \cdot q_R)}{4 \cdot R_A^2 (q_R + 1)}} \right) - \frac{q_R + 1}{q_R} \cdot \sin \left(2m \cdot \arcsin \sqrt{\frac{e \cdot (2 \cdot R_A + e \cdot q_R)}{4 \cdot R_A^2 (q_R + 1)}} \right) \right]}{0.5 \cdot \sqrt{e \cdot (2 \cdot R_A - e) \cdot (2 \cdot R_A + e \cdot q_R)} \cdot [2 \cdot R_A \cdot (q_R + 1) + e \cdot q_R]} \quad (19a)$$

15

q_W = Wegeverhältnis (Verhältnis des Wirkweges w_e zum Schnittweg w . Diese Kenngröße wird im folgenden q_W -Quotient genannt.)

20

$$q_W = \frac{w_e}{w} = \frac{180^\circ \cdot [q_R \cdot (2m+1) + m]}{\pi \cdot q_R \cdot \arcsin \sqrt{\frac{e \cdot (2 \cdot R_A + e \cdot q_R)}{4 \cdot R_A^2 (q_R + 1)}}} \cdot \int_{\varphi_2}^{\varphi_1 = 90^\circ} \sqrt{1 - \sin^2 \Theta \cdot \sin^2 \varphi} \cdot d\varphi \quad (20)$$

$$\varphi_2 = \arccos \sqrt{\frac{e \cdot (2 \cdot R_A + e \cdot q_R)}{4 \cdot R_A^2 (q_R + 1)}}$$

25

$$\text{wobei: } \Theta = \arcsin \frac{2 \cdot \sqrt{q_R \cdot m \cdot (q_R + 1) \cdot (m+1)}}{q_R \cdot (2m+1) + m} \quad (20a)$$

30

Sind die Zahlenwerte der Kenngrößen R_A , q_R , e und m bekannt, so lassen sich anhand der Abhängigkeiten (15) ... (20) eine Reihe von Erkenntnissen über den Schnittweg w und den Wirkweg w_e des betrachteten Schneidpunktes A gewinnen. Hierzu zwei nachstehende Beispiele:

35

Man hat zugrundegelegt, daß $R_A = 45$ mm, $e = 0,015$ mm, und $q_R = 9:32$ ist. Nun hat man diesen Zahlenwerten im Fall 1 das Drehzahlverhältnis $m = 21:137$ und im Fall 2

40

das Drehzahlverhältnis $m = 7:23$ zugeordnet. Für diese beiden unterschiedlichen Fälle hat man jeweils die Zahlenwerte der Kenngrößen w , w_e , q_w , $y_{(A_E')}$, $y_{(A_E)}$, und q_y unter Zuhilfenahme der Formeln (15a), (16), (17a), (18),

5 (19a) und (20) ermittelt und die Ergebnisse in der Tabelle 1 (Figur 47) zusammengestellt. Die Tabelle 1 erlaubt es, eine Vorstellung über die Größenordnung der einzelnen Kenngrößen zu bekommen, die Zahlenwerte dieser Kenngrößen

10 miteinander zu vergleichen und dadurch einige Erkenntnisse über den Schnittweg w und den Wirkweg w_e zu gewinnen. So stellt man zunächst fest, daß der Schnittweg w und die Ordinate $y_{(A_E')}$ in beiden Fällen jeweils gleiche Zahlenwerte aufweisen, und demzufolge sind diese Kenngrößen nicht von dem Drehzahlverhältnis m abhängig. Ferner stellt

15 man fest, daß die Zahlenwerte des Wirkweges w_e und der Ordinate $y_{(A_E)}$ im Fall 1 größer als die im Fall 2 sind. Das bedeutet aber, daß diese beiden Kenngrößen von dem Drehzahlverhältnis m abhängig sind. Schließlich stellt

20 man fest, daß der q_y -Quotient im Fall 1 einen positiven und im Fall 2 einen negativen Zahlenwert aufweist. Daraus folgt, daß die Eintrittslage A_E des Schnidpunktes A sich im Fall 1 oberhalb und im Fall 2 unterhalb der x-Achse befindet. Um die in obiger Weise zu gewinnenden Erkennt-

25 nisse bei der Auslegung der Kinematik eines Abrichtprozesses ausnutzen zu können, ist es erforderlich, den Einfluß des Drehzahlverhältnisses m auf die geometrische Form des Wirkweges w_e zu untersuchen. Dies läßt sich unter Zuhilfenahme der in Figur 8 und Figur 9 enthaltenen Darstellungen realisieren.

30 In jeder der beiden Figuren ist jeweils der Verlauf der Funktion $q_y = f(m)$ gemäß Formel (19a) und der Verlauf der Funktion $q_v = f(m)$ gemäß Formel (12) graphisch dargestellt. Diesen Darstellungen sind in Figur 8 die Zahlenwerte: $R_A = 126$ mm, $e = 18$ mm und $q_R = 9:16$ und in Figur 9
35 die Zahlenwerte: $R_A = 63$ mm, $e = 18$ mm und $q_R = 9:32$ zugrundegelegt worden. Das bedeutet, daß der Verlauf der Funktion $q_y = f(m)$ in beiden Figuren nicht nur für die gleiche Eingriffsgröße $e = 18$ mm sondern auch für den gleichen Schleifscheiben-Durchmesser $D_S = 2 \cdot R_S = 2 \cdot [(R_A : q_R) + e] = 484$ mm
40 aufgezeichnet ist.

Um eine Vorstellung über den Kurvenverlauf der Funktion $q_y = f(m)$ auch für die beim Abrichten infrage kommenden Zahlenwerte der Eingriffsgröße e zu bekommen, hat man dieser Kenngröße einen extrem kleinen Zahlenwert von $e = 0,001 \text{ mm}$ zugeordnet und unter Beibehaltung der oben zugrundegelegten R_A - und q_R -Zahlenwerte die Funktion $q_y = f(m)$ gemäß Formel (19a) graphisch dargestellt. Diese Kurve ist in Figur 8 und Figur 9 mit einer unterbrochenen Linie gezeichnet. Im oberen Teil der beiden Figuren hat man vierzehn bestimmte Drehzahlverhältnisse m aufgetragen und sie mit eckigen Umrahmungen versehen. Für jedes dieser Drehzahlverhältnisse hat man - unter Zuhilfenahme der Parameter-Gleichungen (5) und (6), sowie unter Berücksichtigung der zugrundegelegten R_A -, q_R - und e -Zahlenwerte - den Wirkweg $w_e = A_E - A_W - A_A$ aufgezeichnet und dem jeweils gleichen Schnittpunkt $w = A_E' - A_W - A_A'$ gegenübergestellt. Es ist zu bemerken, daß der Schnittpunkt w immer einen Kreisbogen darstellt, dessen Radius R_A in Figur 8 den Zahlenwert $R_A = 126 \text{ mm}$ und in Figur 9 den Zahlenwert $R_A = 63 \text{ mm}$ aufweist.

Die Analyse der in Figur 8 und Figur 9 enthaltenen und oben erläuterten Darstellungen führt zu nachstehenden Erkenntnissen.

Für das Drehzahlverhältnis $m = 0$ ist der Wirkweg w_e dem Schnittpunkt w gleich, und der q_y -Quotient weist den Zahlenwert $q_y = 1$ auf. Ferner stellt man fest, daß jede Erhöhung des m -Zahlenwertes im Bereich $0 < m < \xi_S : \xi_A$ eine Verkürzung und im Bereich $m > \xi_S : \xi_A$ eine Verlängerung des Wirkweges w_e hervorruft. Für das Drehzahlverhältnis $0 < m < \xi_S : \xi_A$ ist der q_y -Zahlenwert positiv und er liegt im Bereich $1 > q_y > 0$. Daraus ergibt sich, daß in diesem Fall die Eintrittslage A_E sich oberhalb der x -Achse befindet. Für das Drehzahlverhältnis $m > \xi_S : \xi_A$ ist der q_y -Zahlenwert negativ, was bedeutet, daß in diesem Fall die Eintrittslage A_E sich unterhalb der x -Achse befindet. Weiterhin stellt man fest, daß der betrachtete Schnittpunkt A bei dem Drehzahlverhältnis $m = \xi_S : \xi_A$ den kürzesten Wirkweg w_e zurücklegt, und daß der q_y -Quotient den Zahlenwert $q_y = 0$ aufweist. Dabei ist die Eintrittslage A_E mit der Austrittslage A_A identisch, und demzufolge stellt der Wirkweg w_e in diesem Fall eine

geschlossene Kurve dar. Für das Drehzahlverhältnis

$m = 2 \cdot \xi_S : \xi_A$ weist der q_y -Quotient den Zahlenwert $q_y = -1$ auf, und der Wirkweg w_e ist dem Schnittweg w nahezu gleich.

- 5 Aus der graphischen Darstellung der Funktion $q_v = f(m)$ ist zu ersehen, daß jede Erhöhung des Drehzahlverhältnisses m eine Senkung des Geschwindigkeitsverhältnisses q_v hervorruft. Ferner stellt man fest, daß das Geschwindigkeitsverhältnis q_v beim Drehzahlverhältnis $m = R_A : (R_0 - R_A) = q_R$
- 10 den Zahlenwert $q_v = 1$ und beim Drehzahlverhältnis $m = 2 \cdot R_A (R_0 - R_A) = 2 \cdot q_R$ den Zahlenwert $q_v = 0,5$ aufweist. Wählt man für das Geschwindigkeitsverhältnis q_v einen beliebigen Zahlenwert, z.B. den Zahlenwert $q_v = 1,875$, so stellt man anhand der Formel (12) fest, daß dieser
- 15 q_v -Zahlenwert in Figur 8 beim Drehzahlverhältnis $m = 3:10$ und in Figur 9 beim Drehzahlverhältnis $m = 3:20$ erreicht wird. Für jedes dieser beiden Drehzahlverhältnisse läßt sich unter Berücksichtigung der in Figur 8 und Figur 9 angegebenen R_A -, q_R - und e -Zahlenwerte der q_y -Quotient gemäß Formel (19a) ermitteln. Er weist in Figur 8 den
- 20 Zahlenwert $q_y = 0,4126$ und in Figur 9 den Zahlenwert $q_y = 0,3791$ auf. Das bedeutet aber, daß der betrachtete Schnepidpunkt A beim gleichen Geschwindigkeitsverhältnis $m = 1,875$ zwei unterschiedliche Wirkwege w_e zurücklegen kann. Aufgrund dieser Tatsache stellt man fest, daß der
- 25 q_v -Zahlenwert allein keine maßgebenden Aussagen über die Länge und die geometrische Form des Wirkweges w_e liefern kann.
- 30 Betrachtet man die im oberen Teil der Figur 8 und Figur 9 enthaltenen Darstellungen, so stellt man fest, daß der Wirkweg w_e in Abhängigkeit von dem Drehzahlverhältnis m unterschiedliche geometrische Formen aufweisen kann. Die geometrische Form jedes beliebigen Wirkweges w_e
- 35 entspricht immer der geometrischen Form eines Ausschnittes der durch die Parameter-Gleichungen (5) und (6) bestimmten Epizykloide. Diese Epizykloide kann entweder verschlungen sein (siehe z.B. Figur 14) oder gestreckt (siehe z.B. Figur 10). Für das Drehzahlverhältnis $0 < m < R_A : (R_0 - R_A) = q_R$
- 40 stellt der Wirkweg w_e einen Ausschnitt der verschlungenen Epizykloide und für das Drehzahlverhältnis $m > R_A : (R_0 - R_A) = q_R$ einen Ausschnitt der gestreckten Epizykloide dar. Dieser

Ausschnitt ist durch folgenden Bereich des Drehwinkels α begrenzt: $-0,5 \cdot m \cdot \xi_A = -\alpha_e \leq \alpha \leq \alpha_e = 0,5 \cdot m \cdot \xi_A$ (siehe Figur 6 und Figur 7).

- 5 Aus dem obigen Katalog der gewonnenen Erkenntnisse geht hervor, daß bei dem gegebenen R_A -, q_R - und e -Zahlenwert die geometrische Form des Wirkweges w_e sich durch die Wahl des Drehzahlverhältnisses m variieren und im voraus bestimmen läßt. Berücksichtigt man die Tatsache, daß die geometrische
- 10 Oberflächenbeschaffenheit einer abgerichteten Schleifscheibe unter anderem aus der geometrischen Form der Wirkwege w_e resultiert, so steht fest, daß die abgeleiteten Abhängigkeiten (15) ... (20) und die sich daraus ergebenden Erkenntnisse für die Auslegung der Abrichtprozeß-Kinematik von Bedeutung
- 15 sind. Abschließend ist noch zu bemerken, daß alle Ergebnisse der oben durchgeführten Analysen nicht nur für die in Figur 8 und Figur 9 zugrundegelegte Eingriffsgröße $e = 18$ mm sondern auch für jeden beliebigen e -Zahlenwert ihre Gültigkeit haben.
- 20 Um die geometrische Oberflächenbeschaffenheit einer abgerichteten Schleifscheibe mathematisch erfassen zu können, ist es zunächst erforderlich, einige geometrische und kinematische Gesetzmäßigkeiten des Abrichtens mit rotierendem
- 25 Werkzeug zu erläutern. Dies soll unter Zuhilfenahme der in den Figuren 10 ... 17 enthaltenen Darstellungen erfolgen. Jede dieser Darstellungen zeigt eine vollständige Relativ-Bahn des in Betracht gezogenen und dem Abrichtwerkzeug zugehörigen Schneidpunktes A. Unter dem Begriff "vollständige Relativ-Bahn"
- 30 ist derjenige Relativ-Weg des Schneidpunktes A zu verstehen, den er zurücklegen muß, um ausgehend von der sich auf der x-Achse befindenden Wendelage A_W wieder in diese Lage zurückzukommen. Jede dieser vollständigen Relativ-Bahnen stellt immer eine Epizykloide dar, deren Verlauf bei den gegebenen
- 35 Zahlenwerten der Kenngrößen R_A , q_R und m durch die Parameter-Gleichungen (5) und (6) bestimmt ist. Jede der in den Figuren 10 ... 17 enthaltenen Darstellungen ist jeweils für bestimmte Zahlenwerte der Kenngrößen R_A , R_0 , e , n_S und n_A aufgezeichnet worden. Diese Zahlenwerte und die
- 40 sich daraus ergebenden Zahlenwerte der Kenngrößen q_R , ggI , n'_S , n'_A und m sind den entsprechenden Figurennummern zugeordnet und in der Tabelle 2 (Figur 48) zusammengestellt worden.

Aus dieser Informationstabelle geht zunächst hervor, daß alle in den Figuren 10 ... 17 enthaltenen Darstellungen den gleichen e-Zahlenwert aufweisen. Ferner ist zu ersehen, daß die Darstellungen in den Figuren 10 ... 13 (Fall 1) sich von den Darstellungen in den Figuren 14 ... 17 (Fall 2) durch den q_R -Zahlenwert unterscheiden. Weiterhin stellt man fest, daß die den Fällen 1a ... 1d zugeordneten und in den Figuren 10 ... 13 enthaltenen Darstellungen sich untereinander jeweils durch die Drehzahl der Schleifscheibe n_S und die des Abrichtwerkzeuges n_A unterscheiden. Das gleiche gilt auch für die Fälle 2a ... 2d, denen die in den Figuren 14 ... 17 enthaltenen Darstellungen zugeordnet sind. Aus dem Vergleich der m- und q_R -Zahlenwerte geht hervor, daß die vollständige Relativ-Bahn des betrachteten Schneidpunktes A im Fall 1 eine gestreckte Epizykloide und im Fall 2 eine verschlungene Epizykloide darstellt. Anhand der Darstellungen in den Figuren 10 ... 17 und der in der Tabelle 2 enthaltenen Daten lassen sich nachstehende Erkenntnisse gewinnen.

Jede der in den Figuren 10 ... 17 gezeigten Epizykloiden besteht aus einer bestimmten Anzahl von geometrisch identischen Bögen, von denen jeder - z.B. der erste Bogen $A_W-A_A-A_S$ - dem Relativ-Weg des Schneidpunktes A nach einer Umdrehung des Abrichtwerkzeuges entspricht. Dem Bogen $A_W-A_A-A_S$ lassen sich die nachstehend definierten und mathematisch erfaßten Kenngrößen zuordnen.

α_s = Vorschubwinkel (Drehwinkel des Radius R_0 pro Umdrehung des Abrichtwerkzeuges)

$$\alpha_s = m \cdot 360^\circ \quad (21)$$

s = Vorschub pro Umdrehung des Abrichtwerkzeuges (Länge des Kreisbogens, der durch den Vorschubwinkel α_s und den Radius $R_0-R_A = R_S-e$ bestimmt ist)

$$s = \widehat{A_W A_S} = 2 \cdot \pi \cdot (R_0 - R_A) \cdot \frac{\alpha_s}{360^\circ} = \frac{v(A_W)}{n_A} = 2 \cdot \pi \cdot R_A \cdot \frac{m}{q_R} \quad (22)$$

In jeder der Figuren 10 ... 17 ist ein schraffiertes Gebilde zu erkennen, das in den Figuren 10 ... 12 aus den unter-

... 17 aus einer einheitlich schraffierten Fläche besteht.
 Jedes der in den Figuren 10 ... 17 mit durchgezogenen
 Linien schraffierte Gebilde stellt die geometrische Beschaf-
 fenheit einer durch den Schnittpunkt A in der x-y Ebene
 abgerichteten Schleifscheibe dar, die vor dem Abrichten
 den Radius R_S aufwies. Man stellt fest, daß diese Schleif-
 scheiben in den Figuren 13 und 15 ... 17 vollständig und
 in den Figuren 10 ... 12 und 14 unvollständig abgerichtet
 sind. Der Umfang einer vollständig abgerichteten Schleif-
 scheibe weist immer eine wellenartige Form auf, die durch
 eine Anzahl von identischen und symmetrisch verteilten
 Kurven gekennzeichnet ist. Im Gegensatz hierzu weist der
 Umfang einer unvollständig abgerichteten Schleifscheibe
 keine Wellen auf. Er besteht aus einer Anzahl von durch
 den Radius R_S bestimmten Kreisbögen und einer Anzahl von
 Kerben, deren geometrische Form jeweils mit der des Wirk-
 weges $w_e = A_E - A_W - A_A$ identisch ist. Anhand der Darstellungen
 in den Figuren 10 ... 17 stellt man fest, daß eine den
 Radius R_S aufweisende Schleifscheibe nur dann vollständig
 abgerichtet sein wird, wenn zugleich die zwei nachstehenden
 Bedingungen erfüllt werden. Die benachbarten Bögen der
 Epizykloide müssen sich schneiden, und die entstandenen
 Schnittpunkte müssen entweder innerhalb des durch die
 Radien $R_0 - R_A$ und $R_0 - R_A + e$ bestimmten Kreisringes oder auf
 dem durch den Radius $R_0 - R_A + e$ bestimmten Kreis liegen.
 So sind z.B. die in den Figuren 10 ... 12 und 14 gezeigten
 Schleifscheiben deswegen unvollständig abgerichtet worden,
 weil in den Figuren 10 ... 12 die zweite und in Figur 14
 die erste der oben genannten Bedingungen nicht erfüllt
 ist.

Anhand der in den Figuren 10 ... 17 gezeigten Darstellungen
 und enthaltenen Daten läßt sich eine Reihe von nachstehend
 definierten Kenngrößen in mathematische Abhängigkeiten
 bringen.

Bezeichnet man

Z = Anzahl der am Umfang des Abrichtwerkzeuges
symmetrisch verteilten Schneidpunkte,

5 ggT = größter gemeinsamer Teiler der Drehzahlen
des Abrichtwerkzeuges n_A und der Schleif-
scheibe n_S (die Kenngröße ggT weist die
gleiche Dimension wie die Drehzahlen n_S
und n_A auf),

10 und bildet man aus den Kenngrößen Z , ggT und n_S einen
Quotienten:

$$q_A = Z \cdot \frac{ggT}{n_S} \quad (23)$$

so lassen sich die folgenden Kenngrößen definieren und
mathematisch erfassen:

15 n'_S = Anzahl der Wirkumdrehungen der Schleifscheibe
(Anzahl der Schleifscheiben-Umdrehungen,
die erforderlich ist, um diese Schleifscheibe
abzurichten).

20 Diese Kenngröße ist von dem q_A -Quotien-
ten (23) wie folgt abhängig. Ist der
 q_A -Quotient für ein Abrichtwerkzeug mit
 $Z=z$ Schneidpunkten eine Bruchzahl, so
wird

25
$$n'_S = \frac{n_S}{ggT} \quad (24)$$

sein. Weist der q_A -Quotient für ein Abricht-
werkzeug mit $Z=z'$ Schneidpunkten eine
ganze Zahl auf, so wird

30
$$n'_S = 1 \quad (24a)$$

sein.

35 n'_A = Anzahl der Wirkumdrehungen des Abrichtwerk-
zeuges (Anzahl der Werkzeugumdrehungen,
die erforderlich ist, um eine Schleifscheibe
abzurichten).

40 Diese Kenngröße ist von dem q_A -Quotienten (23)
wie folgt abhängig. Ist der q_A -Quotient für
ein Abrichtwerkzeug mit $Z=z$ Schneidpunkten
eine Bruchzahl, so wird

Die Tabelle 3 wurde wie folgt erstellt. Man hat einen Abrichtprozeß zugrundegelegt, der durch die Drehzahlen $n_S = 369 \text{ 1/min}$ und $n_A = 1230 \text{ 1/min}$ sowie durch die sich aus diesen Drehzahlen ergebenden Zahlenwerte $\text{ggT} = 123 \text{ 1/min}$ und $m = 3:10$ kinematisch eindeutig bestimmt ist. Für die Durchführung dieses Prozesses hat man eine Reihe von Abrichtwerkzeugen gewählt, von denen jedes z oder z' am Umfang symmetrisch verteilte Schneidpunkte hat. Hierzu ist zu bemerken, daß mit z jeweils diejenige Anzahl der Schneidpunkte kurzbezeichnet worden ist, für die der q_A -Quotient (23) eine Bruchzahl aufweist. Weist der q_A -Quotient für eine Anzahl der Schneidpunkte eine ganze Zahl auf, so hat man dieser Anzahl der Schneidpunkte die Kurzbezeichnung z' zugeordnet. Nun hat man für diese zugrundegelegten Daten die Zahlenwerte der Kenngrößen q_A , n'_S , n'_A , t_A , W_A und $\sim_t$ unter Zuhilfenahme der Formeln (23) ... (30) ermittelt und die Ergebnisse in der Tabelle 3 (Figur 49) zusammengestellt.

Die Tabelle 4 wurde wie folgt erstellt. Man hat zunächst den in der Tabelle 3 kinematisch bestimmten Abrichtprozeß zugrundegelegt. Dann hat man durch die Änderung der Drehzahlen n_S und n_A dieses Prozesses sechs zusätzliche Abrichtprozesse zugrundegelegt, von denen jeder im Vergleich zum ersten Prozeß durch ein geringfügig vergrößertes Drehzahlverhältnis m gekennzeichnet ist. Die Drehzahlverhältnisse m dieser sechs Abrichtprozesse weisen der Reihe nach folgende Zahlenwerte auf:

$m = 7:23$, $m = 16:53$, $m = 31:103$, $m = 61:203$, $m = 121:403$ und $m = 369:1229$. Daraus geht hervor, daß jedes dieser Drehzahlverhältnisse im Vergleich zum Drehzahlverhältnis $m = 3:10$ des ersten Abrichtprozesses jeweils um einen geringfügigen Zahlenwert, nämlich um $1:230$, $1:530$, $1:1030$, $1:2030$, $1:4030$ und $3:12290$ größer ist. Für die Durchführung jedes dieser insgesamt sieben Abrichtprozesse hat man jeweils vier Werkzeuge mit unterschiedlicher Anzahl der Schneidpunkte gewählt. Die zwei ersten dieser Werkzeuge weisen immer die gleiche Anzahl der Schneidpunkte, nämlich $z = 1$ und $z = 5$ auf. Die Anzahl der Schneidpunkte des dritten und vierten Werkzeuges wurde jeweils laut Formel (29) als $z' = z \cdot (n_S : \text{ggT})$ ermittelt. Nun hat man für diese oben zugrundegelegten Daten die Zahlenwerte der Kenngrößen

q_A , n'_S , n'_A , t_A , W_A und α_t unter Zuhilfenahme der Formeln (23) ... (30) ermittelt und die Ergebnisse in der Tabelle 4 (Figur 50) zusammengestellt.

- 5 Anhand der in den Tabellen 3 und 4 enthaltenen und sich aus den Abhängigkeiten (23) ... (30) ergebenden Zahlenwerten und unter Zuhilfenahme der graphischen Darstellungen in den Figuren 10 ... 17 lassen sich folgende sechs Gesetzmäßigkeiten des Abrichtens ableiten. Die Gültigkeit dieser
- 10 Gesetzmäßigkeiten erstreckt sich auf jeden beliebigen mit einem rotierenden Werkzeug geführten Abrichtprozeß, bei dem keine Schwankungen des Drehzahlverhältnisses $m = n_S:n_A$ auftreten.
- 15 Die erste Gesetzmäßigkeit besagt, daß jede abgerichtete Schleifscheibe durch eine bestimmte Anzahl von Wellen W_A und durch einen bestimmten, sich daraus ergebenden Teilungswinkel α_t gekennzeichnet ist. Jede der Kenngrößen W_A und α_t kann bei einem durch die Drehzahlen n_S und n_A kinematisch
- 20 bestimmten Abrichtprozeß den gleichen Zahlenwert für zwei unterschiedliche Werkzeuge aufweisen, wenn das eine Werkzeug z' Schneidpunkte und das andere laut Formel (29) $z=z' \cdot (ggT:n_S)$ Schneidpunkte haben wird. Die Anzahl der Wellen W_A wird im ersten Fall nach der Formel (28) und im zweiten Fall
- 25 nach der Formel (27) ermittelt. Weist der q_A -Quotient für ein Werkzeug mit $z=z' \cdot (ggT:n_S)$ Schneidpunkten eine ganze Zahl auf, so werden beim Einsatz dieses Werkzeuges die sich aus den z' Schneidpunkten ergebenden Zahlenwerte der Kenngrößen W_A und α_t nicht erreichbar sein. Der Teilungswinkel α_t ist jeweils von der Wellenanzahl W_A abhängig
- 30 und wird nach der Formel (30) errechnet. So ist aus der Tabelle 3 (Figur 49) zu ersehen, daß sich z.B. die Wellenanzahl $W_A = 130$ und der Teilungswinkel $\alpha_t = (36:13)^\circ$ beim Einsatz sowohl eines Abrichtwerkzeuges mit $z = 13$ Schneidpunkten als auch eines mit $z' = 39$ Schneidpunkten erreichen
- 35 lassen. Ferner ist aus dieser Tabelle zu ersehen, daß z.B. die Wellenanzahl $W_A = 150$ und der Teilungswinkel $\alpha_t = 2,4^\circ$ nur beim Einsatz eines $z' = 45$ Schneidpunkte aufweisenden Abrichtwerkzeuges zu erreichen sind. Dies
- 40 ist darauf zurückzuführen, daß der q_A -Quotient (23) für die nach der Formel (29) ermittelte Anzahl der Schneidpunkte $z = 45 \cdot (123:369) = 15$ eine ganze Zahl, nämlich $q_A = 15 \cdot (123:369) = 5$ aufweist.

$$n'_A = \frac{n_A}{ggT}$$

0083672 (25)

sein. Weist der q_A -Quotient für ein Ab-
richtwerkzeug mit $Z=z'$ Schneidpunkten
eine ganze Zahl auf, so wird

$$n'_A = \frac{n_A}{n_S} = \frac{1}{m} \quad (25a)$$

sein.

t_A = Abrichtzeit (Zeit, die für die Durchführung
eines durch die Drehzahlen n_S und n_A
bestimmten Abrichtprozesses erforderlich
ist).

Diese Zeit ist von dem q_A -Quotienten (23)
wie folgt abhängig. Ist der q_A -Quotient
für ein Abrichtwerkzeug mit $Z=z$ Schneidpunk-
ten eine Bruchzahl, so wird

$$t_A = \frac{1}{ggT} \quad (26)$$

sein. Weist der q_A -Quotient für ein Ab-
richtwerkzeug mit $Z=z'$ eine ganze Zahl
auf, so wird

$$t_A = \frac{1}{n_S} \quad (26a)$$

sein.

W_A = Wellenanzahl (Anzahl der Wellen, die
infolge des Abrichtens auf dem Umfang
einer Schleifscheibe erzeugt worden sind).
Diese Kenngröße ist von dem q_A -Quotien-
ten (23) wie folgt abhängig. Ist der q_A -
Quotient für ein Abrichtwerkzeug mit
 $Z=z$ Schneidpunkten eine Bruchzahl, so
wird

$$W_A = z \cdot \frac{n_A}{ggT} \quad (27)$$

sein. Daraus ergibt sich:

$$z = W_A \cdot \frac{ggT}{n_A}$$

0083672 (27a)

Weist der q_A -Quotient für ein Abrichtwerkzeug mit $Z=z'$ Schneidpunkten eine ganze Zahl auf, so wird

$$W_A = z' \cdot \frac{n_A}{n_S} = \frac{z'}{m} \quad (28)$$

sein. Daraus ergibt sich:

$$z' = W_A \cdot \frac{n_S}{n_A} = m \cdot W_A \quad (28a)$$

Aus den Abhängigkeiten (27) und (28) geht hervor, daß die durch diese Abhängigkeiten erfaßten Kenngrößen für

$$z = z' \cdot \frac{ggT}{n_S} \quad (29)$$

identische Zahlenwerte aufweisen werden. Das bedeutet aber, daß sich auf dem Umfang einer Schleifscheibe die gleiche Anzahl der Wellen W_A durch zwei unterschiedliche Abrichtwerkzeuge erzeugen läßt, von denen das eine z und das andere $z'=z \cdot (n_S:ggT)$ Schneidpunkte aufweist.

α_t = Teilungswinkel (Winkel zwischen den zwei benachbarten Wellen der abgerichteten Schleifscheibe)

$$\alpha_t = \frac{360^\circ}{W_A} \quad (30)$$

Die oben erscheinende Wellenanzahl W_A ist jeweils in Abhängigkeit von dem q_A -Zahlenwert (23) unter Zuhilfenahme der Formel (27) oder (28) zu ermitteln.

Um alle aus den Abhängigkeiten (23) ... (30) resultierenden Gesetzmäßigkeiten des Abrichtens erfassen und erläutern zu können, sollen außer den Darstellungen in den Figuren 10 ... 17 auch die in der Tabelle 3 (Figur 49) und in der Tabelle 4 (Figur 50) enthaltenen Daten zu Hilfe gezogen werden.

Die zweite Gesetzmäßigkeit besagt, daß eine Erhöhung der Wellenanzahl W_A und die daraus resultierende Verkleinerung des Teilungswinkels α_t bei einem durch die Drehzahlen n_S und n_A kinematisch bestimmten Abrichtprozeß ausschließlich durch die Erhöhung der Anzahl der Schneidpunkte realisiert werden können. Dabei ist die niedrigste Wellenanzahl $W_{A(\min)}$ und der größte Teilungswinkel $\alpha_{t(\max)}$ sowohl beim Einsatz eines Abrichtwerkzeuges mit einem Schneidpunkt ($z=1$) als auch eines mit $z' = n_S:ggT$ Schneidpunkten zu erreichen.

Bei einem durch die Drehzahlen n_S und n_A kinematisch bestimmten Abrichtprozeß lassen sich nur solche Zahlenwerte der Kenngrößen W_A und α_t erreichen, welche sich aus den nachstehenden Formeln ergeben:

$$W_A = k \cdot W_{A(\min)} = k \cdot \frac{n_A}{ggT} \quad (31)$$

$$\alpha_t = \frac{\alpha_{t(\max)}}{k} = \frac{360^\circ}{k} \cdot \frac{ggT}{n_A} \quad (32)$$

wobei: $k = 1, 2, 3, 4, \dots$

ist. So ist aus der Tabelle 3 (Figur 49) zu ersehen, daß z.B. für den durch die Drehzahlen $n_S = 369$ l/min und $n_A = 1230$ l/min kinematisch bestimmten Abrichtprozeß die niedrigste Wellenanzahl $W_{A(\min)} = 10$ und der größte Teilungswinkel $\alpha_{t(\max)} = 36^\circ$ sowohl beim Einsatz eines Werkzeuges mit einem Schneidpunkt ($z=1$) als auch eines mit $z' = 369:123 = 3$ Schneidpunkten zu erreichen sind. Ferner ist aus dieser Tabelle zu ersehen, daß die durch die Änderung der Anzahl der Schneidpunkte zu erreichenden Zahlenwerte der Kenngrößen W_A und α_t in der Weise abgestuft sind, daß sie jeweils die Abhängigkeit (31) bzw. (32) erfüllen.

Die dritte Gesetzmäßigkeit besagt, daß für das Abrichten einer Schleifscheibe jeweils eine bestimmte Anzahl der Wirkumdrehungen des Abrichtwerkzeuges n'_A und der Schleifscheibe n'_S erforderlich ist. Ist ein Abrichtprozeß durch die Drehzahlen n_S und n_A kinematisch bestimmt, so sind die Zahlenwerte der Kenngrößen n'_S und n'_A ausschließlich von der Anzahl der Schneidpunkte des Werkzeuges abhängig. Jede der Kenngrößen n'_S und n'_A kann zwei unterschiedliche Zahlenwerte aufweisen, die je nach der Anzahl der Schneidpunk-

te des Abrichtwerkzeuges entweder nach den Formeln (24) und (25) oder nach den Formeln (24a) und (25a) zu ermitteln sind. So ist aus den in der Tabelle 3 (Figur 49) in Betracht gezogenen Zahlenbeispielen zu ersehen, daß für das Abrichten einer Schleifscheibe mit jedem beliebigen z Schneidpunkte aufweisenden Werkzeug jeweils $n'_S = 3$ Wirkumdrehungen der Schleifscheibe und $n'_A = 10$ Wirkumdrehungen des Abrichtwerkzeuges erforderlich sind. Ferner ist aus dieser Tabelle zu ersehen, daß für das Abrichten einer Schleifscheibe mit jedem beliebigen z' Schneidpunkte aufweisenden Werkzeug jeweils nur $n'_S = 1$ Wirkumdrehung der Schleifscheibe und $n'_A = 10:3$ Wirkumdrehungen des Abrichtwerkzeuges erforderlich sind.

Die vierte Gesetzmäßigkeit besagt, daß jede beliebige Vergrößerung der Wirkumdrehungen n'_S und n'_A keinen Einfluß auf die bereits nach n'_S und n'_A Umdrehungen erzeugte geometrische Beschaffenheit der Schleifscheibe hat. Hierzu folgende zwei Beispiele. Aus der Tabelle 3 (Figur 49) geht hervor, daß eine Schleifscheibe beim Einsatz eines Abrichtwerkzeuges mit einem Schneidpunkt ($z=1$) nach $n'_S = 3$ Wirkumdrehungen dieser Schleifscheibe und nach $n'_A = 10$ Wirkumdrehungen des Abrichtwerkzeuges abgerichtet wird. Die geometrische Beschaffenheit zweier unterschiedlicher unter obigen Bedingungen abgerichteten Schleifscheiben sind in Figur 10 und Figur 14 dargestellt worden. Die geometrische Beschaffenheit jeder dieser Schleifscheiben wird jeweils durch den betrachteten Schneidpunkt A des Abrichtwerkzeuges erzeugt, sobald dieser Punkt den in der Figur 10 bzw. in Figur 14 aufgezeichneten vollständigen Relativ-Weg - dessen Anfang und Ende sich in der Wendelage A_W befinden - zurücklegt. Um diesen Weg zurückzulegen, sind in beiden Fällen $n'_S = 3$ Wirkumdrehungen der Schleifscheibe und $n'_A = 10$ Wirkumdrehungen des Abrichtwerkzeuges erforderlich. Wird sich die Schleifscheibe nach 3 Umdrehungen und das Abrichtwerkzeug nach 10 Umdrehungen noch weiter drehen, so wird sich der Schneidpunkt A entlang des bereits einmal zurückgelegten Relativ-Weges bewegen und demzufolge keinen Einfluß auf die nach $n'_S = 3$ und $n'_A = 10$ Umdrehungen erzeugte und aus Figur 10 bzw. Figur 14 zu ersehende geometrische Beschaffenheit der Schleifscheibe haben. Diese

Gesetzmäßigkeit gilt selbstverständlich nicht nur für das oben betrachtete Werkzeug mit einem Schneidpunkt ($z=1$) sondern auch für die Abrichtwerkzeuge mit jeder beliebigen Anzahl von Schneidpunkten.

5

Die fünfte Gesetzmäßigkeit besagt, daß die Abrichtzeit t_A durch eine Erhöhung der Drehzahl der Schleifscheibe n_S und des Abrichtwerkzeuges n_A gesenkt werden kann. Bei dieser Drehzahlerhöhung muß selbstverständlich darauf geachtet werden, daß die neu gewählten Drehzahlen n_S und n_A das zugrundeliegende Drehzahlverhältnis m nicht verändern. Hierzu folgendes Beispiel. Aus der Tabelle 3 (Figur 49) ist zu ersehen, daß die Abrichtzeit t_A für alle Werkzeuge mit z Schneidpunkten $t_A = (60:123)s$ und für all die mit z' Schneidpunkten $t_A = (20:123)s$ ist. Erhöht man nun die in der Tabelle 3 angegebenen Drehzahlen n_S und n_A auf $n_S = 492 \text{ 1/min}$ und $n_A = 1640 \text{ 1/min}$, so wird $ggT = 164 \text{ 1/min}$ sein. Für diese erhöhten und das zugrundeliegende Drehzahlverhältnis $m = 3:10$ erfüllenden Drehzahlen n_S und n_A wird die Abrichtzeit t_A für alle Werkzeuge mit z Schneidpunkten laut Formel (26) $t_A = (15:41)s$ und für all die mit z' Schneidpunkten laut Formel (26a) $t_A = (5:41)s$ sein. Das bedeutet, daß die in der Tabelle 3 enthaltenen Abrichtzeiten t_A durch obige vorgenommene Erhöhung der Drehzahlen n_S und n_A um 25 % gesenkt worden sind.

25

Die sechste Gesetzmäßigkeit besagt, daß sich die Wellenanzahl W_A und der Teilungswinkel α_t durch eine geringfügige Vergrößerung bzw. Verkleinerung eines zugrundeliegenden Drehzahlverhältnisses $m = n_S:n_A$ erheblich ändern lassen. So ist aus den in der Tabelle 4 (Figur 50) enthaltenen Zahlenbeispielen zu ersehen, daß die Vergrößerung des Drehzahlverhältnisses m von $m = 3:10$ auf z.B. $m = 7:23$, $m = 16:53$, $m = 31:103$, $m = 61:203$, $m = 121:403$ und $m = 369:1229$ die Erhöhung der Wellenanzahl W_A von $W_A = 10(50)$ auf $W_A = 23(115)$, $W_A = 53(265)$, $W_A = 103(515)$, $W_A = 203(1015)$, $W_A = 403(2015)$ und $W_A = 1229(6145)$ hervorruft. Hierzu ist zu bemerken, daß der erste der oben angegebenen W_A -Zahlenwerte, z.B. $W_A = 53$, jeweils dem Abrichtwerkzeug mit $z=1$ oder $z'=z \cdot (n_S:ggT) = n_S:ggT$ Schneidpunkten und der in Klammer

40

Um die unterschiedlichen geometrischen Beschaffenheiten der abgerichteten Schleifscheiben analysieren, beurteilen und miteinander vergleichen zu können, ist es zunächst erforderlich, die diese Beschaffenheiten eindeutig bestimmenden Kenngrößen zu definieren und in mathematische Abhängigkeiten zu bringen. Hierzu sollen außer den Darstellungen in den Figuren 10 ... 17 zusätzlich die in Figur 18 und Figur 19 zu Hilfe gezogen werden.

In Figur 18 und Figur 19 ist jeweils ein schraffiertes Gebilde zu erkennen, das einen in der x-y Ebene liegenden Ausschnitt der vollständig abgerichteten Schleifscheibe darstellt. Dabei ist die Schleifscheibe in Figur 18 mit einem elfschneidigen ($z = 11$) und die in Figur 19 mit einem zweischneidigen ($z = 2$) Werkzeug abgerichtet worden. Unter dem Begriff "elf- bzw. zweischneidiges Werkzeug" ist hier zu verstehen, daß das in Betracht gezogene Abrichtwerkzeug nicht wie in den Figuren 10 ... 17 einen, sondern elf bzw. zwei symmetrisch auf dem Umfang verteilte Schneidpunkte aufweist. Diese Schneidpunkte liegen auf einem Kreis, der sowohl in Figur 18 als auch in Figur 19 durch den Radius $R_A = 63$ mm bestimmt ist. Auch das Drehzahlverhältnis m und die Eingriffsgröße e weisen in beiden Figuren die gleichen Zahlenwerte, nämlich $m = 3:10$ und $e = 18$ mm, auf. Außer durch die verschiedene Anzahl der Schneidpunkte des Abrichtwerkzeuges unterscheidet sich die Darstellung in Figur 18 von der in Figur 19 durch den q_R -Quotienten, dessen Zahlenwert in Figur 18 $q_R = 9:32$ und in Figur 19 $q_R = 63:74$ ist. Die jeweils nach Formel (27) ermittelte Wellenanzahl W_A weist in Figur 18 den Zahlenwert $W_A = 11 \cdot (1320:132) = 110$ und in Figur 19 den Zahlenwert $W_A = 2 \cdot (1320:132) = 20$ auf. Daraus und aus der Tatsache, daß in Figur 18 $m > q_R$ bzw. $q_v < 1$ und in Figur 19 $m < q_R$ bzw. $q_v > 1$ ist, ergibt sich, daß die geometrische Beschaffenheit der abgerichteten Schleifscheibe in Figur 18 durch insgesamt 110 Abschnitte der 10 gestreckten Epizykloiden und die in Figur 19 durch insgesamt 20 Abschnitte der 10 verschlungenen Epizykloiden bestimmt ist. Jeder dieser Epizykloiden-Abschnitte weist jeweils die gleiche geometrische Form auf, die in Figur 18 mit der Form der Kurve $A_{110}-A_W-A_1$ und in Figur 19 mit der Form der Kurve $A_{20}-A_W-A_1$ identisch ist. Die geometrischen Beschaffenheiten der vollständig abgerichteten Schleifscheiben in Figur 18 und Figur 19 lassen sich jeweils durch die drei nachstehend definierten und mathematisch erfaßten Kenngrößen eindeutig bestimmen.

W_L = Wellenlänge (Länge des Kreisbogens, der durch den Teilungswinkel α_t und den Radius $R_0 - R_A$ bestimmt ist)

$$W_L = 2 \cdot \pi \cdot (R_0 - R_A) \cdot \frac{\alpha_t}{360^\circ} = \frac{2 \cdot \pi \cdot R_A}{W_A \cdot q_R}$$

(33)

Die in der Formel (33) erscheinende Wellenzahl W_A ist jeweils in Abhängigkeit vom q_A -Zahlenwert (23) unter Zuhilfenahme der Formel (27) oder (28) zu ermitteln.

- 5 W_H = Wellenhöhe (theoretische Rauhtiefe der vollständig abgerichteten Schleifscheibe)

$$W_H = \frac{R_A}{q_R} \cdot \left[\sqrt{4 \cdot q_R \cdot (q_R + 1) \cdot \sin^2 \frac{\alpha_1}{2 \cdot m} + 1} - 1 \right] \quad (34)$$

- 10 Der in dieser Gleichung erscheinende Winkel α_1 , dessen Bedeutung aus den Figuren 18 und 19 zu ersehen ist, läßt sich in die mathematische Abhängigkeit (35) oder (36) eingliedern, von denen jede sich jeweils aus dem Dreieck $B_1-M-S_{(A_1)}$ und dem Dreieck $B_1-A_1-M_{(A_1)}$ ergibt.

- 15 Für die Darstellung in Figur 18 und auch für alle Ab-richtprozesse, bei denen $m \geq q_R = R_A : (R_0 - R_A)$ ist, gilt folgende mathematische Abhängigkeit:

$$20 \quad \frac{\sin\left(\alpha_1 - \frac{\alpha_t}{2}\right)}{\sin\left[\frac{(m+1) \cdot \alpha_1}{m} - \frac{\alpha_t}{2}\right]} = \frac{\sin\left(\alpha_1 - \frac{180^\circ}{W_A}\right)}{\sin\left[\frac{(m+1) \cdot \alpha_1}{m} - \frac{180^\circ}{W_A}\right]} = \frac{R_A}{R_0} = \frac{q_R}{q_R + 1} \quad (35)$$

$$25 \quad \text{wobei: } \alpha_1 \frac{\alpha_t}{2} = \frac{180^\circ}{W_A} \quad (35a)$$

ist.

- Für die Darstellung in Figur 19 und auch für alle Ab-richtprozesse, bei denen $m < q_R = R_A : (R_0 - R_A)$ ist, gilt folgende mathematische Abhängigkeit:

$$30 \quad \frac{\sin\left(\alpha_1 + \frac{\alpha_t}{2}\right)}{\sin\left[\frac{(m+1) \cdot \alpha_1}{m} - \frac{\alpha_t}{2}\right]} = \frac{\sin\left(\alpha_1 + \frac{180^\circ}{W_A}\right)}{\sin\left[\frac{(m+1) \cdot \alpha_1}{m} - \frac{180^\circ}{W_A}\right]} = \frac{R_A}{R_0} = \frac{q_R}{q_R + 1} \quad (36)$$

$$35 \quad \text{wobei: } \alpha_1 \frac{\alpha_t}{2} = \frac{180^\circ}{W_A} \quad (36a)$$

ist.

- Sind die Zahlenwerte der Kenngrößen q_R , m und W_A bekannt, so kann der Winkel α_1 unter Zuhilfenahme der Gleichung (35) bzw. (36) ermittelt werden. Da aus der mathema-
- 40

tischen Form der beiden Gleichungen hervorgeht, daß sich der Winkel α_1 nicht als Funktion $\alpha_1 = f(q_R, m, W_A)$ ausdrücken läßt, muß die Gleichung (35) bzw. (36) unter Berücksichtigung des q_R -, m - und W_A -Zahlenwertes in einen Computer programmiert und nach α_1 gelöst werden. Der in dieser Weise ermittelte Zahlenwert des Winkels α_1 und die bekannten Zahlenwerte der Kenngrößen R_A , q_R und m erlauben es nun, die durch diese Zahlenwerte bestimmte Wellenhöhe W_H unter Zuhilfenahme der Formel (33) auszurechnen.

ρ_1 = Radius der vollständig abgerichteten Schleifscheibe

$$\rho_1 = \frac{R_A}{q_R} + W_H = \frac{R_A}{q_R} \cdot \sqrt{4 \cdot q_R \cdot (q_R + 1) \cdot \sin^2 \frac{\alpha_1}{2 \cdot m} + 1} \quad (37)$$

Der in dieser Gleichung erscheinende Winkel α_1 wird in der oben beschriebenen Weise aus der Abhängigkeit (35) bzw. (36) ermittelt.

Soll die geometrische Beschaffenheit einer vollständig abgerichteten Schleifscheibe die bestimmte Wellenhöhe W_H aufweisen, so muß der Winkel α_1 die nachstehende und aus der Formel (37) abgeleitete Abhängigkeit erfüllen.

$$\alpha_1 = f(W_H) = 2 \cdot m \cdot \arcsin \left[\frac{1}{2 \cdot R_A} \sqrt{\frac{W_H \cdot (W_H \cdot q_R + 2 \cdot R_A)}{q_R + 1}} \right] \quad (37a)$$

Die mathematischen Abhängigkeiten (33) ... (37a) gelten nicht nur für die in Figur 18 und Figur 19 dargestellten Beispiele, sondern auch für jede beliebige vollständig abgerichtete Schleifscheibe.

Aus der Abhängigkeit (33) geht hervor, daß die Wellenlänge W_L bei einem durch den R_A - und q_R -Zahlenwert geometrisch bestimmten Abrichtprozeß nur von der Wellenanzahl W_A abhängig ist. Konfrontiert man diese Tatsache mit den sich aus der zweiten und sechsten Gesetzmäßigkeit des Abrichtens ergebenden Erkenntnissen, so stellt man fest, daß sich die Wellenlänge W_L bei einem zugrundeliegenden Drehzahlverhältnis m entweder durch eine geringfügige Vergrößerung dieses Drehzahlverhältnisses oder durch eine Erhöhung der Anzahl der Schneidpunkte verkürzen läßt.

Der erste Fall, nämlich die Verkürzung der Wellenlänge W_L durch eine geringfügige Vergrößerung des zugrundeliegenden Drehzahlverhältnisses m , läßt sich für $m \geq q_R$ anhand der Darstellungen in den Figuren 10 ... 13 und für $m < q_R$ anhand der Darstellungen in den Figuren 14 ... 17 visuell verfolgen. Aus diesen Darstellungen ist zu ersehen, daß jede Erhöhung der Wellenanzahl W_A , die auf eine geringfügige Vergrößerung des in Figur 10 und Figur 14 zugrundegelegten Drehzahlverhältnisses $m = 3:10$ auf $m = 7:23$, $m = 16:53$ und $m = 31:103$ zurückzuführen ist, immer eine Verkürzung der Wellenlänge W_L hervorruft. Anhand dieser Darstellungen stellt man ferner fest, daß jede Verkürzung der Wellenlänge W_L immer mit einer Verringerung der Wellenhöhe W_H verbunden ist. Das bedeutet aber, daß zwischen der Wellenhöhe W_H und der Wellenlänge W_L eine mathematische Abhängigkeit besteht. Diese Abhängigkeit läßt sich unter Berücksichtigung der Formeln (33) und (34) wie folgt ausdrücken.

$$\frac{W_H}{W_L} = \frac{W_A}{2 \cdot \pi} \cdot \left[\sqrt{4 \cdot q_R \cdot (q_R + 1) \cdot \sin^2 \frac{\alpha_1}{2 \cdot m} + 1} - 1 \right] \quad (38)$$

Vergleicht man z.B. die geometrische Beschaffenheit der Schleifscheibe in Figur 13 mit der der Schleifscheibe in Figur 17, so stellt man fest, daß diese Beschaffenheiten trotz des gleichen Drehzahlverhältnisses $m = 31:103$ und gleicher Wellenanzahl $W_A = 103$ unterschiedliche Formen aufweisen. Dies ist darauf zurückzuführen, daß die Relativ-Bahn des Schnidpunktes A in Figur 13 eine gestreckte Epizykloide und in Figur 17 eine verschlungene Epizykloide ist.

Aus den festgestellten Tatsachen sowie aus den Analysen der mathematischen Abhängigkeiten (33) ... (36a) geht abschließend hervor, daß die Zahlenwerte der Wellenlänge W_L und der Wellenhöhe W_H von den Zahlenwerten des Radius R_A , des Quotienten q_R , des Drehzahlverhältnisses m und von der Anzahl der Schnidpunkte Z abhängig sind. Da die Wellenlänge W_L und die Wellenhöhe W_H die geometrische Beschaffenheit jeder abgerichteten Schleifscheibe eindeutig bestimmen, kann diese Beschaffenheit durch die Wahl der entsprechenden R_A -, q_R -, m - und Z -Zahlenwerte variiert und im voraus bestimmt werden. Um eine solche Wahl treffen zu können, ist es zunächst erforderlich, Erkenntnisse über den Einfluß

der R_A -, q_R -, m - und Z -Zahlenwerte auf die Wellenlänge W_L und die Wellenhöhe W_H zu gewinnen. Diesbezügliches Wissen läßt sich durch die Analyse der in den Figuren 21 ... 30 dargestellten Diagramme erlangen. Zuvor jedoch soll folgendes

5 bemerkt werden. Alle bisherigen und auch folgenden Betrachtungen beziehen sich jeweils auf einen oder mehrere in der x - y Ebene liegende Schnaidpunkte, die am Umfang eines durch den Radius R_A bestimmten Kreises symmetrisch verteilt sind. Die dabei gewonnenen Erkenntnisse und abgeleiteten Abhängig-

10 keiten gelten aber nicht nur für obige Fälle, sondern auch für jedes zylinderförmige Abrichtwerkzeug, das auf seinem Umfang eine oder mehrere symmetrisch verteilte Schneiden aufweist. So ist z.B. in Figur 20 ein solches Abrichtwerkzeug schematisch dargestellt worden. Es ist dadurch gekennzeichnet,

15 daß jede geradlinige Schneide 3 am Umfang eines durch den Radius R_A bestimmten Kreises liegt und in dem Grundkörper 2 befestigt ist. Insgesamt sind hier 12 Schneiden symmetrisch am Umfang verteilt.

20 In jeder der Figuren 21 ... 25 sind jeweils vier mathematische Funktionen, nämlich $W_H = f(q_R)$ gemäß Gleichung (34), $W_L = f(q_R)$ gemäß Gleichung (33), $s = f(q_R)$ gemäß Gleichung (22) und $q_V = f(q_R)$ gemäß Gleichung (12) graphisch dargestellt worden. Die graphischen Darstellungen der mathematischen Funktionen

25 $W_H = f(q_R)$ und $W_L = f(q_R)$ sind in allen fünf Figuren jeweils auf ein zylinderförmiges Abrichtwerkzeug bezogen, dem man ganz willkürlich $z = 61$ geradlinige Schneiden zugeordnet hat. Für das Drehzahlverhältnis m hat man fünf unterschiedliche Zahlenwerte, nämlich in Figur 21 $m = 3:10$, in Figur 22 $m = 1:2$,

30 in Figur 23 $m = 3:5$, in Figur 24 $m = 7:10$ und in Figur 25 $m = 9:10$ gewählt. Aus diesen Zahlenwerten und der Anzahl der Schneiden $z = 61$ ergibt sich jeweils die Wellenanzahl W_A , die in den Figuren 21, 24 und 25 $W_A = 610$, in Figur 22 $W_A = 122$ und in Figur 23 $W_A = 205$ ist. Um eine Möglichkeit zu schaffen,

35 die graphischen Darstellungen der mathematischen Funktionen $W_H = f(q_R)$, $W_L = f(q_R)$ und $s = f(q_R)$ für die jeden beliebigen Radius R_A aufweisenden Abrichtwerkzeuge analysieren zu können, wurde der in den Gleichungen (22), (33) und (34) erscheinende Parameter R_A jeweils in die zugrundegelegte Skaleneinheit der W_H -, W_L - und s -Ordinate einbezogen. Abschließend ist

40 zu bemerken, daß die q_R -Abszisse in allen Figuren mit $q_R = 0,1 \dots 0,9$ erfüllt.

In jeder der Figuren 26 ... 29 sind die mathematischen Funktionen $W_H = f(q_R)$ gemäß Gleichung (34) und $W_L = f(q_R)$ gemäß Gleichung (33) für jeweils drei sich untereinander geringfügig unterscheidende Drehzahlverhältnisse m graphisch dargestellt worden. Abgesehen von diesen Drehzahlverhältnissen sind die oben genannten Darstellungen unter den gleichen Voraussetzungen wie die in den Figuren 21 ... 25 erstellt worden. Die drei unterschiedlichen Drehzahlverhältnisse m und die sich jeweils aus jedem dieser Drehzahlverhältnisse und der Anzahl der Schneiden $z = 61$ ergebende Wellenanzahl W_A weisen in den einzelnen Figuren nachstehend zusammengestellte Zahlenwerte auf.

In Figur 26 ist $m, (W_A) = 3:10, (610); 7:23, (1403)$ und $16:53, (3233)$.

In Figur 27 ist $m, (W_A) = 7:10, (610); 17:24, (1464)$ und $29:41, (2501)$.

In Figur 28 ist $m, (W_A) = 9:10, (610); 17:19, (1159)$ und $46:51, (3111)$.

In Figur 29 ist $m, (W_A) = 13:10, (610); 22:17, (1037)$ und $38:29, (1769)$.

Es ist noch zu bemerken, daß die Skaleneinheiten der W_H - und W_L -Ordinate in den Figuren 26 ... 29 nicht mit denen in den Figuren 21 ... 25 identisch sind.

In Figur 30 sind die mathematischen Funktionen $W_H = f(q_R)$ gemäß Gleichung (34) und $W_L = f(q_R)$ gemäß Gleichung (33) jeweils für eine Reihe von Drehzahlverhältnissen m , deren Zahlenwerte den einzelnen Kurven zu entnehmen sind, graphisch dargestellt worden. Diese Drehzahlverhältnisse liegen im Bereich $m = 143:300 \dots 503:300$ und sind durch den gleichen Nenner, der 300 beträgt, gekennzeichnet. Die graphischen Darstellungen der beiden mathematischen Funktionen sind auf ein einschneidiges ($z = 1$) Abriichtwerkzeug bezogen. Aus den obigen Daten ergibt sich, daß die Wellenanzahl W_A für alle Darstellungen in Figur 30 $W_A = 300 = \text{const.}$ ist. Abschließend ist zu bemerken, daß die Skaleneinheiten der W_H - und W_L -Ordinate in Figur 30 nicht mit denen in den Figuren 21 ... 29 identisch sind, und daß die q_R -Abszisse in Figur 30 nur den Bereich $q_R = 0,2 \dots 0,4$ erfaßt.

Die oben erläuterten und in den Figuren 21 ... 30 gezeigten graphischen Darstellungen der in Betracht gezogenen mathematischen Funktionen erlauben es, die geometrische Beschaffenheit einer abgerichteten Schleifscheibe und die Abhängigkeit dieser Beschaffenheit von den Abrichtbedingungen wie folgt zu analysieren.

Betrachtet man die in den Figuren 21 ... 25 gezeigten graphischen Darstellungen der Funktion $W_H = f(q_R)$, so stellt man fest, daß diese Funktion für einen bestimmten Bereich der q_R -Zahlenwerte, nämlich für den Bereich $m < q_R < M$, unstetig ist. Hierzu ist zu bemerken, daß der mit dem Buchstaben M gekennzeichnete Zahlenwert, der auf die q_R -Abszisse jedes der in den Figuren 21 ... 25 gezeigten Diagramme aufgetragen wurde, jeweils vom Drehzahlverhältnis m und der Schneidenanzahl Z abhängig ist. Die Unstetigkeit der Funktion $W_H = f(q_R)$ für den Bereich $m < q_R < M$ ist darauf zurückzuführen, daß für diesen q_R -Bereich die benachbarten Bögen der verschlungenen Epizykloiden, die jeweils die Relativ-Bahnen einzelner Schneiden des Abrichtwerkzeuges darstellen, keine Schnittpunkte aufweisen (dieser Fall tritt z.B. in Figur 14 ein). Das bedeutet aber, daß sich die Schleifscheibe für obigen q_R -Bereich nicht vollständig abrichten läßt. Für all die in den Figuren 21 ... 25 betrachteten Fälle und auch für jeden beliebigen anderen Abrichtprozeß gilt das Axiom, daß die Wellenhöhe W_H ihren maximalen Zahlenwert erreicht, wenn $q_R = m$ bzw. $q_V = q_R : m = 1$ ist (siehe Punkt F in Figur 21 und in den Figuren 23 ... 25). Aus dem Kurvenverlauf der Funktion $W_H = f(q_R)$ ist zu ersehen, daß jede Vergrößerung des q_R -Quotienten im Bereich $q_R \leq m$ (bzw. des q_V -Quotienten im Bereich $q_V = q_R : m \leq 1$) zur Erhöhung und im Bereich $q_R \geq M$ (bzw. im Bereich $q_V = q_R : m \geq M : m$) zur Verringerung der Wellenhöhe W_H führt.

In jeder der Figuren 26 ... 29 sind jeweils drei graphische Darstellung der Funktion $W_H = f(q_R)$ gezeigt, von denen jede durch ein anderes Drehzahlverhältnis m gekennzeichnet ist. Für all diese Darstellungen wurde die gleiche Abrichtrolle wie für die Darstellungen in den Figuren 21 ... 25 zugrundegelegt, nämlich eine Abrichtrolle mit $z = 61$ Schneiden.

Aus diesen Darstellungen geht hervor, daß der Verlauf der Kurve $W_H = f(q_R)$ durch eine geringfügige Vergrößerung des Drehzahlverhältnisses m deutlich verändert werden kann. Vergrößert man z.B. das Drehzahlverhältnis m von $m = 7:10$ auf $m = 17:24$ und auf $m = 29:41$, so ist aus Figur 27 zu
 5 ersehen, daß diese geringfügigen Vergrößerungen des Drehzahlverhältnisses m den Verlauf der Kurve $W_H = f(q_R)$ verändern. Diese Veränderung ist dadurch gekennzeichnet, daß der Verlauf der Kurve $W_H = f(q_R)$ für $m = 17:24$ und $m = 29:41$ viel flacher
 10 als der für $m = 7:10$ ist. Das bedeutet, daß die aus der Vergrößerung des q_R -Zahlenwertes resultierenden Unterschiede der Wellenhöhen W_H für $m = 29:41$ geringer als die für $m = 17:24$ und für $m = 7:10$ sein werden. Aus den Figuren 26, 28 und
 15 29 ist zu ersehen, daß auch dort geringfügige Unterschiede des Drehzahlverhältnisses m bedeutende Veränderungen des Kurvenverlaufs $W_H = f(q_R)$ hervorrufen.

In Figur 30 sind jeweils graphische Darstellungen der Funktion $W_H = f(q_R)$ für eine Reihe von unterschiedlichen und aus
 20 dieser Figur zu entnehmenden Drehzahlverhältnissen gezeigt. Jedes dieser Drehzahlverhältnisse m weist einen Zahlenwert auf, der immer größer als der des q_R -Quotienten ist, der im Bereich $q_R = 0,2 \dots 0,4$ liegt. Außerdem sind alle Drehzahlverhältnisse m dadurch gekennzeichnet, daß sie den gleichen
 25 Nenner, nämlich 300, aufweisen. Für all diese Darstellungen wurde eine Abrichtrolle mit $z = 1$ Schneide zugrundegelegt, was unter Berücksichtigung des oben erwähnten gleichen Nenners 300 bedeutet, daß jeder Kurve $W_H = f(q_R)$ die gleiche Wellenanzahl W_A , nämlich $W_A = 300$, zugeordnet ist. Geht
 30 man von dem Drehzahlverhältnis $m = 143:300$ aus und vergrößert man dieses Drehzahlverhältnis der Reihe nach in der aus Figur 30 zu entnehmenden Weise, so ist eine sukzessiv stattfindende Abflachung der Kurven $W_H = f(q_R)$ zu erkennen. Die
 35 letzte dieser Kurven, die für das Drehzahlverhältnis $m = 503:300$ erstellt wurde, weist nur einen geringfügigen Steigungswinkel auf.

Betrachtet man die in den Figuren 21 ... 25 enthaltenen graphischen Darstellungen der Funktion $W_L = f(q_R)$, so stellt
 40 man fest, daß jede Vergrößerung des q_R -Quotienten zur Verkürzung der Wellenlänge W_L führt.

Aus der Abhängigkeit (33) geht hervor, daß die Wellenlänge W_L bei einem durch den Radius R_A und den q_R -Quotienten geometrisch bestimmten Abrichtprozeß ausschließlich von der Wellenanzahl W_A abhängig ist. Das bedeutet aber, daß

5 die Kurven $W_L = f(q_R)$ für unterschiedliche Drehzahlverhältnisse m einen identischen Verlauf aufweisen können. Diese Tatsache wird in den Figuren 21, 24 und 25 bestätigt. In all diesen drei Figuren ist der Verlauf der Kurve $W_L = f(q_R)$ trotz der unterschiedlichen Drehzahlverhältnisse m , die

10 der Reihe nach $m = 3:10$, $m = 7:10$ und $m = 9:10$ sind, identisch. Andererseits ist aber die Wellenanzahl W_A in allen drei Figuren gleich, nämlich $W_A = 610$. Dieser W_A -Zahlenwert bestimmt ganz allein gemäß (33) den Kurvenverlauf der Funktion $W_L = f(q_R)$ in den Figuren 21, 24 und 25. Aus dem Vergleich

15 der W_L -Kurven in den Figuren 21 ... 23, für die die Wellenanzahl der Reihe nach $W_A = 610$, $W_A = 122$ und $W_A = 305$ ist, geht hervor, daß je größer die Wellenanzahl W_A ist, desto geringer werden die durch die Vergrößerung des q_R -Quotienten hervorgerufenen Verkürzungen der Wellenlängen W_L sein.

20 Aus den in jeder der Figuren 26 ... 29 gezeigten graphischen Darstellungen der Funktion $W_L = f(q_R)$ ist zu ersehen, daß durch eine geringfügige Vergrößerung oder Verringerung des Drehzahlverhältnisses m der Verlauf nicht nur der Kurve

25 $W_H = f(q_R)$ sondern auch der Kurve W_L deutlich verändert werden kann. Vergrößert man z.B. das Drehzahlverhältnis m der Reihe nach von $m = 3:10$ auf $m = 7:23$ und auf $m = 16:53$, so ist aus Figur 26 zu erkennen, daß diese geringfügigen Vergrößerungen des Drehzahlverhältnisses m den Verlauf der

30 Kurve $W_L = f(q_R)$ deutlich verändern. Diese Vergrößerungen des Drehzahlverhältnisses m haben zur Folge, daß der Verlauf der Kurve $W_L = f(q_R)$ für $m = 7:23$ und für $m = 16:53$ viel flacher als der für $m = 3:10$ ist. Demzufolge werden die aus der Vergrößerung des q_R -Zahlenwertes resultierenden

35 Unterschiede der Wellenlängen W_L für $m = 16:53$ geringer als die für $m = 7:23$ und für $m = 3:10$ sein. Aus den Figuren 26 ... 29 ist ferner zu ersehen, daß all die mit 2a gekennzeichneten W_L -Kurven trotz der unterschiedlichen Drehzahlverhältnisse m , die der Reihe nach $m = 3:10$, $m = 7:10$, $m = 9:10$

40 und $m = 13:10$ sind, identischen Verlauf aufweisen. Dieser identische Verlauf ist darauf zurückzuführen, daß sich aus jedem der obigen m -Zahlenwerte und der zugrundegelegten

Abrichtrolle mit $Z = 61$ Schneiden jeweils die gleiche Wellenanzahl W_A ergibt, nämlich $W_A = 610$.

Schließlich ist aus Figur 30 zu ersehen, daß den neunzehn
5 unterschiedlichen Drehzahlverhältnissen m , deren Zahlenwerte
im Bereich $m = 143:300 \dots m = 503:300$ liegen, eine einzige
 W_L -Kurve zugeordnet ist. Diese Tatsache ist genau wie in
den oben betrachteten Beispielen darauf zurückzuführen,
daß sich aus jedem der in Figur 30 angegebenen m -Zahlenwerte
10 und der zugrundegelegten Abrichtrolle mit $Z = 1$ Schneide
jeweils die gleiche Wellenanzahl W_A , nämlich $W_A = 300$, ergibt.

Berücksichtigt man, daß $q_R = R_A:(R_O - R_A) = R_A:(R_S - e)$ ist,
und läßt man die Eingriffsgröße e , deren Zahlenwert kaum
15 einen Einfluß auf den q_R -Quotienten hat, außer acht, so
wird $q_R = R_A:R_S$ sein. Bezeichnet man den Radius R_S einer
Schleifscheibe im Neuzustand mit R_{SN} und den einer verbrauch-
ten Schleifscheibe mit R_{SV} , so werden die in bestimmten
Zeitabschnitten nacheinander geführten Abrichtprozesse durch
20 unterschiedliche q_R -Zahlenwerte gekennzeichnet sein. Diese
 q_R -Zahlenwerte werden im Bereich von $q_{R(\min)} = R_A:R_{SN}$ bis
 $q_{R(\max)} = R_A:R_{SV}$ liegen. Konfrontiert man diese Tatsache
mit der, daß jede Vergrößerung des q_R -Zahlenwertes eine
Veränderung (Vergrößerung oder Verringerung) der Wellen-
25 höhe W_H und immer eine Verkürzung der Wellenlänge W_L hervor-
ruft, so steht fest, daß eine abgerichtete zylindrische
Umfangsschleifscheibe im Neuzustand ($R_S = R_{SN}$) und eine, die
infolge des Verbrauchs bereits den aus technologischen Grün-
den zulässigen Radius R_{SV} erreicht hat, unterschiedliche
30 Wellenhöhen W_H und Wellenlängen W_L aufweisen werden. Berück-
sichtigt man in diesem Zusammenhang die Tatsache, daß der
 q_R -Quotient bei einer profilierten Umfangsschleifscheibe
und der ihr zugehörigen Profil-Abrichtrolle unterschiedliche,
im Bereich $q_{R(\min)} \dots q_{R(\max)}$ liegende Zahlenwerte aufweist,
35 so kann wohl kein Zweifel darüber bestehen, daß die Arbeits-
fläche einer abgerichteten Profil-Schleifscheibe durch unter-
schiedliche Wellenhöhen W_H und Wellenlängen W_L gekennzeichnet
wird. Diese Unterschiede werden desto größer sein, je größer
die Differenz zwischen dem $q_{R(\max)}$ - und dem $q_{R(\min)}$ -Zahlen-
40 wert ist. Aus der Formel (38) geht hervor, daß zwischen
der Wellenhöhe W_H und der Wellenlänge W_L eine mathematische
Abhängigkeit besteht, die jeweils durch die Zahlenwerte

Die in dieser Weise ermittelten q_R -Quotienten weisen in den Figuren 21 ... 25 der Reihe nach folgende Zahlenwerte auf: $q_R = 0,27$; $q_R = 0,45$; $q_R = 0,54$; $q_R = 0,63$ und $q_R = 0,81$. Nun hat man für jeden dieser q_R -Zahlenwerte und für das ihm jeweils zugeordnete Drehzahlverhältnis m die Zahlenwerte der Kenngrößen W_H , W_L und s unter Zuhilfenahme der Formeln (34), (33) und (22) errechnet. Schließlich hat man diese errechneten Zahlenwerte auf die W_H -, W_L - und s -Ordinate des entsprechenden Diagramms aufgetragen und mit eckigen Umrahmungen versehen. Um diese Zusammenhänge zwischen den einzelnen in Betracht gezogenen Kenngrößen anhand eines Diagramms visuell verfolgen zu können, hat man die errechneten und jeweils mit eckigen Umrahmungen versehenen Zahlenwerte der Kenngrößen q_V , q_R , W_H , W_L und s mit unterbrochenen Linien in der aus den Figuren 21 ... 25 zu ersehenden Weise verbunden. Die diesen Linien zugeordneten Richtungspfeile zeigen, wie man ausgehend von einem beliebigen q_V -Zahlenwert, z.B. $q_V = 0,9$, den ihm zugehöriger q_R -, W_H -, W_L - und s -Zahlenwert direkt vom Diagramm ablesen kann. Anhand der in jeder der Figuren 21 ... 25 jeweils in eckigen Umrahmungen angegebenen Zahlenwerte der Kenngrößen q_V , q_R , W_H , W_L und s stellt man nachstehende Tatsachen fest.

Der Vorschub pro Umdrehung der Abrichtrolle s ist bei gegebenem Radius R_A dieser Rolle ausschließlich von dem Zahlenwert des Geschwindigkeitsverhältnisses q_V abhängig. Dabei spielt es keine Rolle, aus welcher Kombination der q_R - und m -Zahlenwerte dieses Geschwindigkeitsverhältnis q_V resultiert. So ist aus den Figuren 21 ... 25 zu ersehen, daß z.B. dem Geschwindigkeitsverhältnis $q_V = 0,9$, das in diesen Figuren aus fünf Kombinationen der unterschiedlichen q_R - und m -Zahlenwerte resultiert, jeweils der gleiche Vorschub pro Umdrehung der Abrichtrolle s , nämlich $s = 2 \cdot \pi \cdot R_A \cdot q_V = 2 \cdot \pi \cdot R_A \cdot (10:9)$ zugeordnet ist. Es ist bekannt, daß die Rauhtiefe R_t einer bearbeiteten Fläche beim Bohren, Fräsen, Drehen, Flachsleifen und noch bei einigen anderen Zerspanungsarten von dem Vorschub pro Umdrehung des Werkzeuges (bzw. des Werkstückes) abhängig ist. Bei mangelhaftem Wissen über die kinematischen Gesetzmäßigkeiten des Abrichtens mit einem rotierenden Werkzeug kann man sich leicht durch obige Tatsache beeinflussen lassen und behaupten, daß auch die Wirkrauhtiefe R_{ts} (Wellenhöhe W_H) einer abgerichteten Schleifscheibe von dem Vorschub pro Umdrehung der Abrichtrolle s abhängig ist.

der Kenngrößen W_A , q_R und m , sowie durch den sich aus diesen Zahlenwerten ergebenden und nach Formel (35) oder (36) ermittelten Winkel α_1 bestimmt ist. Das bedeutet aber, daß bei einem durch den q_R -Quotienten und der Schneidenanzahl Z geometrisch und durch das Drehzahlverhältnis m kinematisch bestimmten Abrichtprozeß die geometrische Beschaffenheit einer abgerichteten Schleifscheibe eindeutig durch die Wellenhöhe W_H und die Wellenlänge W_L bestimmt wird.

Bevor man mit Hilfe einiger konkreter Beispiele erläutert, wie man alle bis jetzt gewonnenen Erkenntnisse und abgeleiteten mathematischen Abhängigkeiten bei der Auslegung der Abrichtprozesse berücksichtigt, soll zunächst die Frage beantwortet werden, ob anhand des Geschwindigkeitsverhältnisses q_V maßgebende Aussagen über die Wellenhöhe W_H , die Wellenlänge W_L und demzufolge über die geometrische Beschaffenheit einer abgerichteten Schleifscheibe gemacht werden können. Die Beantwortung dieser Frage ist deswegen von besonderer Bedeutung, weil in der Fachliteratur behauptet wird, daß sich die Wirkrautiefe R_{ts} (Wellenhöhe W_H) einer abgerichteten Schleifscheibe durch das Geschwindigkeitsverhältnis $q_V = v_A : v_S$ bestimmen läßt. Nun geht aber aus der Abhängigkeit (12) hervor, daß sich jeder beliebige q_V -Zahlenwert durch eine Reihe von Kombinationen aus unterschiedlichen Zahlenwerten des Drehzahlverhältnisses m und des Quotienten q_R erreichen läßt. Konfrontiert man diese Tatsache mit der, daß die Wellenhöhe W_H und die Wellenlänge W_L jeweils von den Zahlenwerten der Kenngrößen m und q_R abhängig sind, so kann man berechtigterweise behaupten, daß bei gleichem q_V -Zahlenwert unterschiedliche geometrische Beschaffenheiten an der Arbeitsfläche einer Schleifscheibe erzeugt werden können. Die Richtigkeit dieser Behauptung läßt sich durch nachstehende jeweils auf die in den Figuren 21 ... 25 gezeigten Diagramme bezogenen Zahlenbeispiele nachweisen.

Man hat auf die q_V -Ordinate jedes der in den Figuren 21 ... 25 gezeigten Diagramme einen willkürlich gewählten Zahlenwert, nämlich $q_V = 0,9$, aufgetragen und mit einer eckigen Umrahmung versehen. Für diesen q_V -Zahlenwert und das jeweils in jeder der Figuren 21 ... 25 zugrundeliegende Drehzahlverhältnis m hat man den q_R -Zahlenwert laut Formel (12) als $q_R = m \cdot q_V$ errechnet und ihn in einer eckigen Umrahmung auf die q_R -Abszisse des entsprechenden Diagramms aufgetragen.

Da der Vorschub s ausschließlich von dem Geschwindigkeitsverhältnis q_v abhängig ist, muß logischerweise aus obiger Behauptung resultieren, daß die Wirkrauhtiefe R_{ts} einer abgerichteten Schleifscheibe von dem Geschwindigkeitsverhältnis q_v abhängig sein muß. Wie die nachstehenden Tatsachen aber beweisen, kann diese Behauptung nicht akzeptiert werden.

Um die in den Figuren 21 ... 25 in eckigen Umrahmenungen aufgetragenen und jeweils dem gleichen Geschwindigkeitsverhältnis $q_v = 0,9$ zugeordneten W_H - und W_L -Zahlenwerte mit einem Blick erfassen und vergleichen zu können, sind diese Zahlenwerte nachstehend zusammengestellt worden.

In Figur 21 ist $W_H = 6,6460 \text{ [SE]}$ und $W_L = (25:16,47) \text{ [SE]}$
 In Figur 22 ist $W_H = 34,9285 \text{ [SE]}$ und $W_L = (25: 5,49) \text{ [SE]}$
 In Figur 23 ist $W_H = 7,4808 \text{ [SE]}$ und $W_L = (25:16,47) \text{ [SE]}$
 In Figur 24 ist $W_H = 1,7192 \text{ [SE]}$ und $W_L = (25:38,43) \text{ [SE]}$
 In Figur 25 ist $W_H = 1,2375 \text{ [SE]}$ und $W_L = (25:49,41) \text{ [SE]}$

Die oben verwendete Kurzbezeichnung [SE] ist als "Skaleneinheit" der W_H - bzw. der W_L -Ordinate zu lesen.

Aus der Tatsache, daß die oben zusammengestellten W_H - und W_L -Zahlenwerte trotz des jeweils gleichen Geschwindigkeitsverhältnisses $q_v = 0,9$ unterschiedlich sind, ergibt sich ein ausreichender Beweis dafür, daß weder die Wellenhöhe W_H (Wirkrauhtiefe R_{ts}) noch die Wellenlänge W_L direkt vom Geschwindigkeitsverhältnis q_v mathematisch abhängig ist. Das bedeutet aber, daß anhand des Geschwindigkeitsverhältnisses q_v keine Aussagen über die Zahlenwerte der Wellenhöhe W_H (Wirkrauhtiefe R_{ts}), der Wellenlänge W_L und demzufolge über die geometrische Beschaffenheit einer abgerichteten Schleifscheibe gemacht werden können. Das Nichtvorhandensein einer direkten mathematischen Abhängigkeit zwischen den Kenngrößen W_H bzw. R_{ts} und q_v einerseits und den Kenngrößen W_L und q_v andererseits macht es unmöglich, die Wellenhöhe W_H (Wirkrauhtiefe R_{ts}) und die Wellenlänge W_L durch das Variieren des q_v -Zahlenwertes definierbar zu verändern. Anders gesagt, allein anhand eines bekannten q_v -Zahlenwertes läßt sich weder die Wellenhöhe W_H (Wirkrauhtiefe R_{ts}) noch die Wellenlänge W_L auf dem mathematischen Wege ermitteln.

Trotz der oben festgestellten Unbrauchbarkeit der Kenngröße q_v für die Ermittlung der W_H - und W_L -Zahlenwerte darf das Geschwindigkeitsverhältnis q_v nicht als ein bedeutungsloser Parameter betrachtet und außer acht gelassen werden. Aus
 5 der Analyse der in den Figuren 8, 9 und 21 ... 29 gezeigten Diagramme geht hervor, daß anhand eines q_v -Zahlenwertes folgende Aussagen gemacht werden können.

Weist das Geschwindigkeitsverhältnis q_v einen Zahlenwert
 10 von $q_v > 1$ auf, so werden die Relativ-Bahnen der einzelnen Schneiden des Abrichtwerkzeuges immer verschlungene Epizykloiden darstellen. Ist $q_v \leq 1$, so werden diese Bahnen immer gestreckte Epizykloiden sein. Die Vergrößerung des Geschwindigkeitsverhältnisses q_v führt immer zu einer Verkürzung der Wellenlänge W_L . Die Vergrößerung des Geschwindigkeitsverhältnisses
 15 q_v im Bereich $q_v \leq 1$ ruft immer eine Erhöhung und im Bereich $q_v > 1$ immer eine Verringerung der Wellenhöhe W_H (Wirkrauh-tiefe R_{ts}) hervor. Anhand der obigen Aussagen lassen sich aber keine Zahlenwerte der Kenngrößen W_H bzw. R_{ts} und W_L
 20 ermitteln.

Ist eine Abrichtrolle durch den Radius R_A und Z am Umfang symmetrisch verteilte Schneiden gekennzeichnet, so geht aus der Gleichung (33) mittelbar und aus der Gleichung (34)
 25 unmittelbar hervor, daß bei einem durch den q_R -Quotienten geometrisch bestimmten Abrichtprozeß die Wellenhöhe W_H (Wirk-rauh-tiefe R_{ts}), die Wellenlänge W_L und demzufolge die geome-trische Beschaffenheit einer abgerichteten Schleifscheibe ausschließlich von dem Drehzahlverhältnis m abhängig ist.
 30 Das bedeutet aber, daß anhand eines bekannten Zahlenwertes des Drehzahlverhältnisses m , im Gegensatz zu einem des Ge-schwindigkeitsverhältnisses q_v , die Wellenhöhe W_H (Wirkrauh-tiefe R_{ts}) und die Wellenlänge W_L auf mathematischem Wege unter Zuhilfenahme der Gleichungen (33) und (34) ermittelt
 35 werden können. Aus dieser Tatsache ergibt sich, daß man imstande ist, durch die Wahl eines entsprechenden Drehzahlver-hältnisses m die geometrische Beschaffenheit der abgerichteten Schleifscheibe im voraus zu bestimmen. Demzufolge wird dem Drehzahlverhältnis m bei der Auslegung der Abrichtprozesse
 40 die größte Bedeutung beigemessen.

Alle bis jetzt durchgeführten Analysen, abgeleiteten mathematischen Abhängigkeiten und gewonnenen Erkenntnisse gelten für all die mit einem rotierenden Werkzeug im Mitlauf geführten Abrichtprozesse, die jeweils durch das in Figur 2 gezeigte kinematische Modell simuliert werden können. Anders gesagt, all diese Abrichtprozesse sind dadurch gekennzeichnet, daß zwischen der Schleifscheibe und der Abrichtrolle eine kinematische Verbindung besteht, die das zugrundegelegte Drehzahlverhältnis $m = n_S : n_A$ während des ganzen Abrichtprozesses konstant hält. Ferner sind all diese Abrichtprozesse dadurch gekennzeichnet, daß die Abrichtrolle 2 keine Vorschubbewegung (keine Einstechbewegung) in Richtung der Drehachse M_S der Schleifscheibe 1 ausübt (siehe Figur 2). Das bedeutet, daß jeder der betrachteten Abrichtprozesse jeweils in dem Moment anfängt, in dem zwischen den Drehachsen der Schleifscheibe M_S und der Abrichtrolle M_A der Abstand R_0 infolge der Unterbrechung der Einstechbewegung erreicht wird. Der Abrichtprozeß wird beendet und die Schleifscheibe wird abgerichtet, sobald die Abrichtrolle n'_A Wirkumdrehungen gemäß Formel (25) oder (25a) realisiert hat. Der Verzicht auf die Betrachtung des Abrichtprozesses während der Einstechbewegung, die selbstverständlich auch bei dem erfundenen Abrichtverfahren stattfinden muß, ist darauf zurückzuführen, daß diese Einstechbewegung bei dem vorliegend beschriebenen Verfahren keinen Einfluß auf die Erzeugung der geometrischen Beschaffenheit einer Schleifscheibe hat.

Nachdem durch eine Reihe von Analysen und abgeleiteten mathematischen Abhängigkeiten die Grundlagen des Abrichtens mit einem rotierenden Werkzeug geschaffen und die wichtigsten Gesetzmäßigkeiten dieses Abrichtverfahrens erkannt worden sind, soll nun anhand einiger Zahlenbeispiele gezeigt und erläutert werden, wie man unter Zuhilfenahme dieser gewonnenen Erkenntnisse einen bestimmten Abrichtprozeß geometrisch und kinematisch gestalten kann.

Es soll folgende Aufgabe gelöst werden. Für eine bestimmte Schleifoperation, die sich wegen Massenproduktion dauernd wiederholt, wird eine zylindrische Umfangsschleifscheibe eingesetzt, deren geometrische Lebensdauer durch die Durchmesser $D_{SN} = 2 \cdot R_{SN} = 400$ mm und $D_{SV} = 2 \cdot R_{SV} = 250$ mm vorgegeben ist. Die obigen Fußnoten sind wie folgt zu lesen: SN = "Schleifscheibe neu", SV = "Schleifscheibe verbraucht".

- Aus irgendwelchen Gründen wird an diese Schleifscheibe die Anforderung gestellt, daß ihre Arbeitsfläche nach dem jeweiligen Abrichten - unabhängig von dem Durchmesser der Schleifscheibe - durch eine Wellenhöhe W_H (Wirkrauttiefe R_{ts}) gekennzeichnet sein soll, deren Zahlenwert im Bereich $W_{H(min)} \dots W_{H(max)} = 9 \mu m \dots 18 \mu m$ liegen muß. Um den diese Bedingung erfüllenden Abrichtprozeß geometrisch und kinematisch gestalten zu können, wird z.B. wie folgt vorgegangen.
- 10 Man legt eine Abrichtrolle zugrunde, die durch den Radius $R_A = 40 \text{ mm}$ und $Z = 1$ Schneide gekennzeichnet ist. Berücksichtigt man, daß $q_R = R_A : (R_0 - R_A) = R_A : (R_S - e)$ ist, und läßt man die Eingriffsgröße e , deren Zahlenwert kaum einen Einfluß auf den q_R -Quotienten hat, außer acht, so wird $q_R = R_A : R_S$ sein. Berücksichtigt man die oben angegebenen Grenzzadien
- 15 der Schleifscheibe, nämlich $R_{SN} = 200 \text{ mm}$ und $R_{SV} = 125 \text{ mm}$, so werden die q_R -Zahlenwerte im Bereich $q_{R(min)} = R_A : R_{SN} = 40 : 200 = 0,2 \dots q_{R(max)} = R_A : R_{SV} = 40 : 125 = 0,32$ liegen. Nun wird Figur 30 zu Hilfe gezogen, in der die Funktion
- 20 $W_H = f(q_R)$ für eine Reihe von unterschiedlichen Drehzahlverhältnissen m und $Z = 1$ graphisch dargestellt worden ist. Berücksichtigt man, daß der zugrundegelegte Radius der Abrichtrolle $R_A = 40 \text{ mm}$ ist, so wird die Skaleneinheit SE der W_H -Ordinate in Figur 30 wie folgt ermittelt:
- 25 $SE = R_A : 10^5 = 40 : 10^5 = 0,0004 \text{ mm}$. Das bedeutet, daß der erforderliche Zahlenwert $W_{H(min)} = 0,009 \text{ mm}$ auf der W_H -Ordinate den $0,009 : 0,0004 = 22,5$ Skaleneinheiten entspricht. Aus dem Diagramm Figur 30 ist zu ersehen, daß in der Nähe des Punktes, der durch die Abszisse $q_{R(min)} = 0,2$ und die Ordinate
- 30 $W_{H(min)} = 22,5 \text{ } [\overline{SE}]$ bestimmt ist, die Kurve $W_H = f(q_R)$ für $m = 221:300$ verläuft. Nun wird dieser m -Zahlenwert für die weiteren Berechnungen zugrundegelegt. Aus der Tatsache, daß $m = 221:300$ und $Z = 1$ ist, ergibt sich, daß die Wellenzahl W_A der unter diesen Bedingungen abgerichteten Schleifscheibe immer den Zahlenwert $W_A = 300$ aufweisen wird. Berücksichtigt man, daß $m = 221:300 > q_{R(max)} = 0,32 > q_{R(min)} = 0,2$ ist, so wird die Relativ-Bahn des Schnidpunktes der Abrichtrolle bei allen obigen Abrichtprozessen immer eine gestreckte Epizykloide darstellen. Demzufolge wird der für die Ermittlung
- 40 der Wellenhöhe W_H gemäß Formel (34) erforderliche Winkel α_1 unter Zuhilfenahme der Abhängigkeit (35) errechnet. Setzt

man die Zahlenwerte $W_A = 300$, $m = 221:300$, $q_{R(\min)} = 0,2$ und $q_{R(\max)} = 0,32$ in die Gleichung (35) ein, und löst man diese Gleichung nach α_1 , so kommt man zu folgenden Ergebnissen:

5

Für $q_{R(\min)} = 0,2$ ist $\alpha_1 = 0,823569769^\circ$

Für $q_{R(\max)} = 0,32$ ist $\alpha_1 = 1,060614463^\circ$

10

Setzt man nun diese errechneten α_1 -Zahlenwerte und die zugrundegelegten Zahlenwerte $R_A = 40$ mm, $m = 221:300$, $q_{R(\min)} = 0,2$ und $q_{R(\max)} = 0,32$ in die Gleichung (34) ein, und löst man diese Gleichung nach W_H , so ergeben sich folgende W_H -Zahlenwerte:

15

Für $q_{R(\min)} = 0,2$ ist $W_{H(\min)} = 0.0091$ mm = 9,1 μ m

Für $q_{R(\max)} = 0,32$ ist $W_{H(\max)} = 0,0166$ mm = 16,6 μ m

20

Da die Anforderung an die abgerichtete Schleifscheibe besagt, daß $W_{H(\min)} \dots W_{H(\max)} = 9 \mu\text{m} \dots 18 \mu\text{m}$ sein muß, stellt man fest, daß die oben ermittelten W_H -Zahlenwerte diese Anforderung erfüllen. Das bedeutet, daß der ausgelegte und durch $R_A = 40$ mm, $Z = 1$ und $m = 221:300$ gekennzeichnete Abrichtprozeß die Erfüllung der an die Schleifscheibe gestellten Anforderung - unabhängig von dem Durchmesser dieser Schleifscheibe - sichert.

25

Außer durch die oben ermittelten Wellenhöhen W_H wird die abgerichtete Schleifscheibe laut Formel (33) durch folgende Wellenlängen W_L gekennzeichnet sein.

30

Für $q_{R(\min)} = 0,2$ ist $W_{L(\max)} = 4,1887$ mm

Für $q_{R(\max)} = 0,32$ ist $W_{L(\min)} = 2,6179$ mm

35

Um die Abrichtzeit t_A für den durch das Drehzahlverhältnis $m = n_S:n_A = 221:300$ kinematisch bestimmten Abrichtprozeß ermitteln zu können, ist es erforderlich, die Drehzahl der Schleifscheibe n_S und der Abrichtrolle n_A zu kennen. Legt man für diese Drehzahlen die das Drehzahlverhältnis $m = 221:300$ erfüllenden Zahlenwerte, z.B. $n_S = 1326$ 1/min und $n_A = 1800$ 1/min zugrunde, so wird ggT = 6 1/min sein.

40

Für diese Zahlenwerte wird laut Formel (23)

$q_A = z \cdot (ggT : n_S) = 1 \cdot (6 : 1326) = 1 : 221$ sein. Da dieser q_A -Quotient eine Bruchzahl ist, wird die Abrichtzeit t_A nach Formel (26) als $t_A = 1 : ggT = (1 : 6) \text{ min} = 10 \text{ s}$ ermittelt.

5

Die in der Aufgabenstellung enthaltene Anforderung bezüglich der Wellenhöhe W_H der abgerichteten Schleifscheibe läßt sich nicht nur durch den oben zugrundegelegten Abrichtprozeß sondern auch durch eine Reihe von anders gestalteten Abrichtprozessen erfüllen. Hierzu folgende Beispiele: Verändert man das im ersten Abrichtprozeß zugrundegelegte Drehzahlverhältnis $m = 221 : 300$ geringfügig auf z.B. $m = 11 : 15$, und ordnet man der durch den Radius $R_A = 40 \text{ mm}$ bestimmten Abrichtrolle $Z = 20$ Schneiden zu, so wird die Wellenzahl W_A der unter diesen Bedingungen abgerichteten Schleifscheibe laut Formel (27) $W_A = 300$ sein. Setzt man die Zahlenwerte $W_A = 300$, $m = 11 : 15$, $q_{R(\min)} = 0,2$ und $q_{R(\max)} = 0,32$ in die Gleichung (35) ein, und löst man diese Gleichung nach α_1 , so kommt man zu folgenden Ergebnissen:

20

Für $q_{R(\min)} = 0,2$ ist $\alpha_1 = 0,8249666097^\circ$

Für $q_{R(\max)} = 0,32$ ist $\alpha_1 = 1,0643254051^\circ$

25

Setzt man nun diese errechneten α_1 -Zahlenwerte und die zugrundegelegten Zahlenwerte $R_A = 40 \text{ mm}$, $m = 11 : 15$, $q_{R(\min)} = 0,2$ und $q_{R(\max)} = 0,32$ in die Gleichung (34) ein, und löst man diese Gleichung nach W_H , so ergeben sich folgende W_H -Zahlenwerte:

30

Für $q_{R(\min)} = 0,2$ ist $W_{H(\min)} = 0,0092 \text{ mm} = 9,2 \mu\text{m}$

Für $q_{R(\max)} = 0,32$ ist $W_{H(\max)} = 0,0169 \text{ mm} = 16,9 \mu\text{m}$

35

Die obigen W_H -Zahlenwerte zeigen, daß die an die Schleifscheibe gestellte Anforderung auch bei dem durch $R_A = 40 \text{ mm}$, $Z = 20$, und $m = 11 : 15$ gekennzeichneten Abrichtprozeß erfüllt wird.

Die Wellenlängen W_L werden in diesem Prozeß im gleichen Bereich wie im ersten Abrichtprozeß, nämlich im Bereich $W_{L(\max)} \dots W_{L(\min)} = 4,1887 \text{ mm} \dots 2,6179 \text{ mm}$ liegen.

40

Legt man für den zweiten Abrichtprozeß $n_S = 1320 \text{ 1/min}$ und $n_A = 1800 \text{ 1/min}$ zugrunde und berücksichtigt man, daß $m = 11 : 15$ ist, so wird $ggT = 120 \text{ 1/min}$ sein. Für diese Zahlenwerte

wird laut Formel (23)

0083672

$q_A = z \cdot (ggT : n_S) = 20 \cdot (120 : 1320) = 20 : 11$ sein. Da dieser q_A -Quotient ein Bruchzahl ist, wird die Abrichtzeit t_A nach Formel (26) als $t_A = 1 : ggT = (1 : 120) \text{ min} = 0,5 \text{ s}$ ermittelt.

5

In der oben erläuterten Weise hat man zwei unterschiedliche Abrichtprozesse ausgelegt, von denen jeder imstande ist, die in der Aufgabenstellung enthaltene Anforderung bezüglich der Wellenhöhe W_H zu erfüllen. Der erste Abrichtprozeß ist durch die Zahlenwerte $R_A = 40 \text{ mm}$, $Z = 1$, $m = 1326 : 1800 = 221 : 300$ und $t_A = 10 \text{ s}$, und der zweite Abrichtprozeß ist durch die Zahlenwerte $R_A = 40 \text{ mm}$, $Z = 20$, $m = 1320 : 1800 = 11 : 15$ und $t_A = 0,1 \text{ s}$ gekennzeichnet. Aus dem Vergleich dieser Zahlenwerte geht hervor, daß die Abrichtrolle mit $Z = 1$ Schneide in dem ersten Prozeß billiger als die mit $Z = 20$ Schneiden im zweiten Prozeß sein wird. Im Gegensatz dazu wird die Abrichtzeit t_A im ersten Prozeß um 9,9 s länger als die im zweiten Prozeß sein.

20

Nun soll anhand einiger Zahlenbeispiele gezeigt und erläutert werden, wie man einen Abrichtprozeß geometrisch und kinematisch gestaltet, wenn die an eine abgerichtete Schleifscheibe gestellte Anforderung nicht wie in dem oben betrachteten Fall nur die Wellenhöhe W_H sondern auch die Wellenlänge W_L betrifft. Hierzu folgendes Beispiel: An eine zylindrische Umfangsschleifscheibe, deren geometrische Lebensdauer durch die Durchmesser $D_{SN} = 2 \cdot R_{SN} = 400 \text{ mm}$ und $D_{SV} = 2 \cdot R_{SV} = 250 \text{ mm}$ vorgegeben ist, wurde die Anforderung gestellt, daß die Arbeitsfläche dieser Schleifscheibe nach jeweiligem Abrichten

25

die geometrische Beschaffenheit aufweisen muß, die durch die im Bereich $W_{H(\min)} \dots W_{H(\max)} = 9 \mu\text{m} \dots 18 \mu\text{m}$ liegenden Wellenhöhen W_H und durch die im Bereich $W_L \leq 2 \text{ mm}$ liegenden Wellenlängen W_L bestimmt ist. Um den diese Anforderung erfüllenden Abrichtprozeß geometrisch und kinematisch gestalten zu können, wird wie folgt vorgegangen.

35

Man legt zunächst eine einschneidige ($Z = 1$) Abrichtrolle zugrunde, die z.B. durch den Radius $R_A = 40 \text{ mm}$ geometrisch bestimmt ist. Berücksichtigt man, daß $R_{SN} = 200 \text{ mm}$ und $R_{SV} = 125 \text{ mm}$ ist, so werden die infolge des Schleifscheibenverschleißes sich ändernden q_R -Zahlenwerte im Bereich $q_{R(\min)} = R_A : R_{SN} = 40 : 200 = 0,2 \dots q_{R(\max)} = R_A : R_{SV} = 40 : 125 = 0,32$ liegen.

40

Setzt man $R_A = 40 \text{ mm}$, $q_R = q_{R(\min)} = 0,2$ und $W_L = 2 \text{ mm}$ in die Gleichung (33) ein und löst man diese Gleichung nach W_A , so wird $W_A = 200 \cdot \pi = 628,31$ sein. Das bedeutet, daß die an die Wellenlänge W_L gestellte Anforderung erfüllt wird, wenn die Wellenanzahl W_A den Zahlenwert von $W_A \geq 629$ aufweisen wird. Legt man $W_A = 629$ zugrunde und berücksichtigt man, daß $Z = 1$ ist, so kann die abgerichtete Schleifscheibe nur dann durch die Wellenanzahl $W_A = 629$ gekennzeichnet sein, wenn die Anzahl der Wirkumdrehungen der Abrichtrolle $n'_A = 629$ sein wird.

Setzt man $m = n'_S : n'_A = n'_S : 629$, $q_R = q_{R(\min)} = 0,2$, $R_A = 40 \text{ mm}$ und $W_H = W_{H(\min)} = 0,009 \text{ mm}$, in die Formel (37a) ein, so wird $\alpha_1 = 0,0017640029^\circ \cdot n'_S$ sein. Setzt man diesen α_1 -Zahlenwert sowie die Zahlenwerte $m = n'_S : 629$, $q_R = q_{R(\min)} = 0,2$ und $W_A = 629$ in die Gleichung (35) ein, und löst man diese Gleichung nach n'_S , so wird $n'_S = 282,3$ sein. Es wird $n'_S = 282$ zugrundegelegt und demzufolge wird $m = n'_S : n'_A = 282 : 629$ sein. Setzt man nun die Zahlenwerte $m = 282 : 629$, $W_A = 629$ und $q_R = q_{R(\min)} = 0,2$ in die Gleichung (35) ein, und löst man diese Gleichung nach α_1 , so wird $\alpha_1 = 0,5165951607^\circ$ sein. Für diesen α_1 -Zahlenwert und die Zahlenwerte $R_A = 40 \text{ mm}$, $W_A = 629$, $q_R = q_{R(\min)} = 0,2$ und $m = 282 : 629$ läßt sich die Wellenlänge W_L nach der Formel (33) als $W_L = 1,9978 \text{ mm}$ und die Wellenhöhe W_H nach der Formel (34) als $W_H = 9,7 \text{ }\mu\text{m}$ ermitteln. Aus diesem W_L - und W_H -Zahlenwert geht hervor, daß der ausgelegte und durch $Z = 1$, $R_A = 40 \text{ mm}$ und $m = 282 : 629$ bestimmte Abrichtprozeß für $q_R = q_{R(\min)} = 0,2$ die an die abgerichtete Schleifscheibe gestellte Anforderung erfüllt.

Nun wird weiter wie folgt vorgegangen. Setzt man $m = n'_S : n'_A = n'_S : 629$, $q_R = q_{R(\max)} = 0,32$, $R_A = 40 \text{ mm}$ und $W_H = W_{H(\max)} = 0,018 \text{ mm}$ in die Formel (37a) ein, so wird $\alpha_1 = 0,0023786703^\circ \cdot n'_S$ sein. Setzt man diesen α_1 -Zahlenwert sowie die Zahlenwerte $m = n'_S : 629$, $W_A = 629$ und $q_R = q_{R(\max)} = 0,32$ in die Gleichung (35) ein, und löst man diese Gleichung nach n'_S , so wird $n'_S = 321,6$ sein. Es wird $n'_S = 322$ zugrundegelegt und demzufolge wird $m = n'_S : n'_A = 322 : 629$ sein. Setzt man nun die Zahlenwerte $m = 322 : 629$, $q_R = q_{R(\max)} = 0,32$ und $W_A = 629$ in die Gleichung (35) ein, und löst man diese Gleichung nach α_1 , so wird $\alpha_1 = 0,76291165^\circ$ sein. Für diesen α_1 -Zahlenwert und die Zahlenwerte $R_A = 40 \text{ mm}$, $W_A = 629$, $q_R = q_{R(\max)} = 0,32$ und $m = 322 : 629$ läßt sich die Wellenlänge W_L nach

der Formel (33) als $W_L = 1,2486 \text{ mm}$ und die Wellenhöhe W_H nach der Formel (34) als $W_H = 17,8 \text{ }\mu\text{m}$ ermitteln. Aus diesem W_L - und W_H -Zahlenwert geht hervor, daß der ausgelegte und durch $Z = 1$, $R_A = 40 \text{ mm}$ und $m = 322:629$ bestimmte Abrichtprozeß für $q_R = q_{R(\max)} = 0,32$ die an die abgerichtete Schleifscheibe gestellte Anforderung erfüllt.

Für die weiteren Berechnungen wird aus den Grenzzahlenwerten $q_{R(\min)} = 0,2$ und $q_{R(\max)} = 0,32$ der Mittelwert $q_{R(\text{mittel})}$ als $q_{R(\text{mittel})} = (q_{R(\min)} + q_{R(\max)}) : 2 = (0,2 + 0,32) : 2 = 0,26$ gebildet. Setzt man $q_{R(\text{mittel})} = 0,26$, $W_A = 629$ und wahlweise das eine Mal $m = 282:629$ und das andere Mal $m = 322:629$ in die Gleichung (35) ein, und löst man diese Gleichung nach α_1 , so kommt man zu folgenden Ergebnissen:

Für $m = 282:629$ ist $\alpha_1 = 0,6810276795^\circ$
 Für $m = 322:629$ ist $\alpha_1 = 0,5814359325^\circ$

Setzt man nun die Zahlenwerte $R_A = 40 \text{ mm}$, $q_{R(\text{mittel})} = 0,26$ und wahlweise das eine Mal $m = 282:629$ und $\alpha_1 = 0,6810276795^\circ$ und das andere Mal $m = 322:629$ und $\alpha_1 = 0,5814359325^\circ$ in die Gleichung (34) ein, und löst man diese Gleichung nach W_H , so kommt man zu folgenden Ergebnissen:

Für $m = 282:629$ ist $W_H = 0,0177 \text{ mm} = 17,7 \text{ }\mu\text{m}$
 Für $m = 322:629$ ist $W_H = 0,0099 \text{ mm} = 9,9 \text{ }\mu\text{m}$

Die Ergebnisse der in oben erläuteter Weise durchgeführten Berechnungen besagen, daß die in der Aufgabenstellung enthaltenen Anforderungen bezüglich der Wellenlänge W_L und der Wellenhöhe W_H sich erfüllen lassen, wenn der Abrichtprozeß durch folgende Zahlenwerte bestimmt wird:

Durchmesser der Abrichtrolle $D_S = 2 \cdot R_S = 2 \cdot 40 = 80 \text{ mm}$
 Anzahl der Schneiden an der Abrichtrolle $Z = 1$
 Drehzahlverhältnis m

- 1) für $q_R = 0,2 \dots 0,26$ muß $m = n'_S : n'_A = 282:629$ sein, und
- 2) für $q_R = 0,26 \dots 0,32$ muß $m = n'_S : n'_A = 322:629$ sein.

Die unter 1) und 2) angegebenen Bereiche der q_R -Zahlenwerte entsprechen den folgenden Bereichen des Schleifscheiben-Durchmessers D_S .

$q_R = 0,2 \dots 0,26$ entspricht $D_S = 400 \text{ mm} \dots 307,7 \text{ mm}$

$q_R = 0,26 \dots 0,32$ entspricht $D_S = 307,7 \text{ mm} \dots 250 \text{ mm}$

5 Wird der Abrichtprozeß durch die oben zugrundegelegten oder ermittelten R_A -, Z - und m -Zahlenwerte bestimmt, so wird die geometrische Beschaffenheit der abgerichteten Schleifscheibe in Abhängigkeit vom jeweiligen Durchmesser D_S dieser Schleifscheibe durch folgende W_L - und W_H -Zahlenwerte gekennzeichnet:

- 10 1) für $D_S = 400 \text{ mm} \dots 307,7 \text{ mm}$
wird $W_L = 1,9978 \text{ mm} \dots 1,5367 \text{ mm}$ und
 $W_H = 9,7 \mu\text{m} \dots 17,7 \mu\text{m}$ sein.
- 2) für $D_S = 307,7 \text{ mm} \dots 250 \text{ mm}$
wird $W_L = 1,5367 \text{ mm} \dots 1,2486 \text{ mm}$ und
15 $W_H = 9,9 \mu\text{m} \dots 17,8 \mu\text{m}$ sein.

Da die Anforderung an die abgerichtete Schleifscheibe verlangt, daß $W_L \leq 2 \text{ mm}$ und $W_{H(\min)} \dots W_{H(\max)} = 9 \mu\text{m} \dots 18 \mu\text{m}$ sein muß, so stellt man fest, daß die oben ermittelten W_L -
20 und W_H -Zahlenwerte diese Anforderung erfüllen.

Diese Anforderung läßt sich nicht nur für die oben ermittelten R_A -, Z - und m -Zahlenwerte sondern auch durch eine Reihe von anders gestalteten Abrichtprozessen erfüllen. Hierzu
25 folgendes Beispiel. Das im ersten Abrichtprozeß zugrundegelegte Drehzahlverhältnis $m = n'_S : n'_A = 282 : 629$ wird geringfügig auf z.B. $m = n'_S : n'_A = 21 : 47$ verändert. Das bedeutet, daß das Drehzahlverhältnis $m = 282 : 629$ um etwa 0,339 % verkleinert wurde. Legt man für die Abrichtrolle den Durchmesser
30 $D_A = 2 \cdot R_A = 2 \cdot 40 = 80 \text{ mm}$ zugrunde und berücksichtigt man, daß $W_L \leq 2 \text{ mm}$ sein muß, so ergibt sich aus der Formel (33), daß für $q_R = q_{R(\min)} = 0,2$ die Wellenzahl W_A der abgerichteten Schleifscheibe die Bedingung erfüllen muß, daß $W_A \geq 629$ ist. Aus dieser Bedingung und der Tatsache, daß die Anzahl
35 der Wirkumdrehungen n'_A der Abrichtrolle den Zahlenwert von $n'_A = 47$ aufweist, ergibt sich anhand der Formel (27a), daß die Abrichtrolle $z = W_A : n'_A = 629 : 47 \approx 13,4$ Schneiden haben muß. Es wird $z = 14$ zugrundegelegt, und demzufolge wird die abgerichtete Schleifscheibe immer durch die Wellenzahl
40 $W_A = z \cdot n'_A = 14 \cdot 47 = 658$ gekennzeichnet sein.

Nun wird wie folgt vorgegangen. Setzt man die Zahlenwerte $W_A = 658$, $m = 21:47$ und wahlweise das eine Mal $q_R = q_{R(\min)} = 0,2$ und das andere Mal $q_R = q_{R(\text{mittel})} = 0,26$ in die Gleichung (35) ein, und löst man diese Gleichung nach α_1 , so

5 kommt man zu folgenden Ergebnissen:

Für $q_{R(\min)} = 0,2$ ist $\alpha_1 = 0,45918907^\circ$

Für $q_{R(\text{mittel})} = 0,26$ ist $\alpha_1 = 0,65410199^\circ$

10 Berücksichtigt man diese errechneten α_1 -Zahlenwerte und die zugrundeliegenden Zahlenwerte $R_A = 40$ mm, $m = 21:47$, $q_{R(\min)} = 0,2$ und $q_{R(\text{mittel})} = 0,26$, so lassen sich für diese Zahlenwerte unter Zuhilfenahme der Formel (33) bzw. (34) folgende Wellenlängen W_L und Wellenhöhen W_H ermitteln:

15 Für $q_{R(\min)} = 0,2$ ist $W_L = 1,9097$ mm und
 $W_H = 0,009$ mm = 9 μm
 Für $q_{R(\text{mittel})} = 0,26$ ist $W_L = 1,46906$ mm und
 $W_H = 0,0164$ mm = 16,4 μm

20 Nun wird das im ersten Abrichtprozeß zugrundegelegte Drehzahlverhältnis $m = n'_S:n'_A = 322:629$ geringfügig auf z.B. $m = n'_S:n'_A = 24:47$ verändert. Das bedeutet, daß das Drehzahlverhältnis $m = 322:629$ um etwa 0,251 % verkleinert wurde. Setzt man die Zahlenwerte $m = 24:47$, $W_A = 658$ und wahlweise das eine Mal $q_R = q_{R(\text{mittel})} = 0,26$ und das andere Mal

25 $q_R = q_{R(\max)} = 0,32$ in die Gleichung (35) ein, und löst man diese Gleichung nach α_1 , so kommt man zu folgenden Ergebnissen:

30 Für $q_{R(\text{mittel})} = 0,26$ ist $\alpha_1 = 0,557263246^\circ$
 Für $q_{R(\max)} = 0,32$ ist $\alpha_1 = 0,732461929^\circ$

Berücksichtigt man diese errechneten α_1 -Zahlenwerte und die zugrundeliegenden Zahlenwerte $R_A = 40$ mm, $m = 24:47$, $q_{R(\text{mittel})} = 0,26$ und $q_{R(\max)} = 0,32$, so lassen sich für diese Zahlenwerte unter Zuhilfenahme der Formel (33) und (34) folgende Wellenlängen W_L und Wellenhöhen W_H ermitteln.

35 Für $q_{R(\text{mittel})} = 0,26$ ist $W_L = 1,4690$ mm und
 $W_H = 0,0091$ mm = 9,1 μm
 Für $q_{R(\max)} = 0,32$ ist $W_L = 1,1936$ mm und
 $W_H = 0,0165$ mm = 16,5 μm

Die Ergebnisse der in oben erläuteter Weise durchgeführ-
ten Berechnungen sagen, daß die in der Aufgabenstellung
enthaltenen Anforderungen bezüglich der Wellenlänge W_L und
der Wellenhöhe W_H sich erfüllen lassen, wenn der Abrichtpro-
zeß durch folgende Zahlenwerte bestimmt wird:

- Durchmesser der Abrichtrolle $D_A = 2 \cdot R_A = 2 \cdot 40 = 80$ mm.
Anzahl der Schneiden an der Abrichtrolle $Z = 14$
Drehzahlverhältnis m
- 10 1) für $q_R = 0,2 \dots 0,26$ muß $m = n'_S : n'_A = 21:47$ sein, und
2) für $q_R = 0,26 \dots 0,32$ muß $m = n'_S : n'_A = 24:47$ sein.

Die unter 1) und 2) angegebenen Bereiche der q_R -Zahlenwerte
entsprechen den folgenden Bereichen des Schleifscheiben-
Durchmessers D_S :

15 $q_R = 0,2 \dots 0,26$ entspricht $D_S = 400$ mm ... 307,7 mm
 $q_R = 0,26 \dots 0,32$ entspricht $D_S = 307,7$ mm ... 250 mm

Wird der Abrichtprozeß durch die oben zugrundegelegten oder
ermittelten R_A -, Z - und m -Zahlenwerte bestimmt, so wird
die geometrische Beschaffenheit der abgerichteten Schleif-
scheibe in Abhängigkeit vom jeweiligen Durchmesser D_S dieser
Schleifscheibe durch folgende W_L - und W_H -Zahlenwerte gekenn-
zeichnet:

- 25 1) für $D_S = 400$ mm ... 307,7 mm
wird $W_L = 1,9097$ mm .. 1,4690 mm und
 $W_H = 9$ µm ... 16,4 µm sein.
- 2) für $D_S = 307,7$ mm ... 250 mm
wird $W_L = 1,4690$ mm .. 1,1936 mm und
30 $W_H = 9,1$ µm ... 16,5 µm sein.

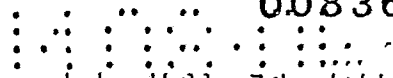
Da die Anforderung an die abgerichtete Schleifscheibe verlangt,
daß $W_L \leq 2$ mm und $W_{H(\min)} \dots W_{H(\max)} = 9$ µm ... 18 µm sein
muß, so stellt man fest, daß die oben ermittelten W_L - und
35 W_H -Zahlenwerte diese Anforderung erfüllen.

Die oben anhand einiger Zahlenbeispiele gezeigten und erläu-
terten Methoden für die Auslegung eines Abrichtprozesses,
der die Erfüllung der gestellten Anforderungen an die Wellen-
höhen W_H (Wirkrautiefen R_{ts}) und die Wellenlängen W_L sichert,
40 können nur auf mathematischem Wege, und zwar unter Zuhilfe-

Diese Methoden sind zeitraubend und erfordern von demjenigen, der sie für die Lösung verschiedener Abrichtaufgaben verwenden will, nicht nur gründliche Kenntnisse der Abrichttechnik sondern auch eine mathematische Begabung. Um von diesen Methoden Abstand nehmen zu können und die Auslegung der Abrichtprozesse zu vereinfachen, sieht die vorliegende Erfindung folgende Lösung vor: Es wird eine Reihe von graphischen Darstellungen der Abhängigkeiten $W_L = f(q_R)$ und $W_H = f(q_R)$ für die unterschiedlichen Drehzahlverhältnisse m und für die unterschiedliche Anzahl der Schneiden Z der Abrichtrolle erstellt. Dabei werden die unterschiedlichen m - und Z -Zahlenwerte in einem so breiten Bereich liegen, daß es möglich wird, direkt von diesen Diagrammen die erforderlichen Daten für die Auslegung der an die W_L - und W_H -Zahlenwerte gestellten Anforderungen des Abrichtprozesses abzulesen.

Um das Grundprinzip des erfundenen Abrichtverfahrens, nämlich die Konstanthaltung des zugrundegelegten Drehzahlverhältnisses $m = n_S : n_A$ realisieren zu können, wurden unter anderem die in den Figuren 31 ... 34 schematisch dargestellten Abrichtvorrichtungen konstruiert.

In Figur 31 ist die Seitenansicht und in Figur 32 die Draufsicht einer Vorrichtung mit einer Abrichtrolle gezeigt. Diese Vorrichtung läßt sich wie folgt beschreiben: Auf der Grundplatte 16 sind die Lagerböcke 14 und 15 befestigt. In diesen Böcken ist die Welle 11 mittels der Lager 28 und 29 drehbar gelagert. Auf der Welle 11 ist die Abrichtrolle 2 befestigt, die durch den Durchmesser $D_A = 2 \cdot R_A$ gekennzeichnet ist. An den beiden Enden der Welle 11 sind die Lager 26 und 27 aufgesetzt, die den Rahmen 8 tragen. In diesem Rahmen ist die Welle 10 mittels der Lager 24 und 25 sowie die Welle 7 mittels der Lager 21 und 22 drehbar gelagert. Die Wellen 7 und 10 sind durch den Zahnriemen 9 und durch die Zahnräder Z_3 und Z_4 miteinander kinematisch verbunden. Die kinematische Verbindung zwischen den Wellen 10 und 11 wird durch die Zahnräder Z_5 und Z_6 realisiert. Das Zahnrad Z_2 ist mittels der Paßfeder 23 mit der Welle 7 verschiebbar verbunden. Außerdem ist das Zahnrad Z_2 mittels der Lager 32 und 33 in zwei Verbindungsarmen 5 und 5a drehbar gelagert. Am anderen Ende der beiden Verbindungsarme 5 und 5a befinden sich die Lager 30 und 31, die auf das Verlängerungsstück 6 der Schleifspindel 6a gesteckt sind.



Zwischen der Schleifspindel 6a und der Welle 7 besteht eine kinematische Verbindung, die durch die Zahnräder Z_2 und Z_1 und den Zahnriemen 4 gekennzeichnet ist. Die so konstruierte Vorrichtung erlaubt es, die Schleifscheibe 1 in die mit

5 ZB_1 oder mit AB_1 bezeichnete Richtung zu bewegen, ohne die kinematische Verbindung zwischen dieser Schleifscheibe und der Abrichtrolle 2 zu unterbrechen. Dies ist dadurch möglich, daß sich die Welle 7 mit dem Rahmen 8 entlang des durch

10 den Radius r bestimmten Kreisbogens um die Welle 11 schwenken läßt. In dem betrachteten Fall erfolgt der Antrieb der Schleifscheibe 1 und der Abrichtrolle 2 durch den Antriebsmotor der Schleifspindel 6a. Dieser Antrieb kann aber auch durch

15 den separaten Antriebsmotor 37 realisiert werden, wenn er mit der Welle 11 durch die Riemenscheiben d_1 und d_2 und durch den Riemen 36 kinematisch verbunden wird. Diese Alternative ist in den Figuren 31 und 32 durch gestrichelte Linien dargestellt. Hierzu ist noch zu bemerken, daß die Durchmesser d_1 und d_2 keinen Einfluß auf das Drehzahlverhältnis

20 $m = n_S : n_A$ haben, und daß der Antriebsmotor der Schleifspindel 6a in diesem Fall ausgeschaltet bleiben muß.

Die so beschriebene Abrichtvorrichtung und die sich daraus ergebende kinematische Verbindung zwischen der Schleifscheibe 1 und der Abrichtrolle 2 erlaubt es, das Drehzahlverhältnis $m = n_S : n_A$ durch eine entsprechende Wahl der Zahnräder $Z_1 \dots Z_6$ zu bestimmen. Dieses Drehzahlverhältnis läßt sich wie folgt ausdrücken:

25

$$m = n_S : n_A = (Z_6 : Z_5) \cdot (Z_4 : Z_3) \cdot (Z_2 : Z_1) \quad (39)$$

30

Wird es z.B. verlangt, daß der Abrichtprozeß durch das Drehzahlverhältnis $m = 12:29$ gekennzeichnet werden soll, so läßt sich dieses Verhältnis z.B. durch folgende Zahnradübersetzung erreichen:

$$\begin{aligned} m = n_S : n_A &= (Z_6 : Z_5) \cdot (Z_4 : Z_3) \cdot (Z_2 : Z_1) = \\ &= (36:42) \cdot (36:58) \cdot (42:54) = 12:29 \end{aligned}$$

35

Das sich aus dieser Zahnradübersetzung ergebende Drehzahlverhältnis $m = 12:29$ wird unabhängig von den Drehzahlen n_S bzw. n_A während des ganzen Abrichtprozesses konstant bleiben und demzufolge das Grundprinzip des erfundenen Abrichtver-

40

Mit der in den Figuren 31 und 32 gezeigten Vorrichtung können zwei verschiedene Arten von Abrichtprozessen geführt werden.

Die erste Art der Abrichtprozesse, nämlich das Abrichten
 5 im Pendelverfahren, ist dadurch gekennzeichnet, daß zwischen
 der rotierenden zylindrischen Umfangsschleifscheibe 1 und
 der rotierenden und sich mit dieser Schleifscheibe im Eingriff
 befindenden Abrichtrolle 2 eine Pendel-Vorschubbewegung
 in die mit $+u_z$ bzw. $-u_z$ bezeichneten Richtungen erfolgt.
 10 Sobald infolge dieser Vorschubbewegung die Schleifscheibe
 den Kontakt mit der Abrichtrolle verliert, wird eine Zustel-
 lung der Schleifscheibe um den Betrag der Eingriffsgröße e
 in die mit ZB_1 bezeichnete Richtung realisiert. Dieser Vor-
 gang, nämlich die wechselnde Pendel-Vorschubbewegung und
 15 die oben erwähnte Zustellbewegung wird so lange wiederholt,
 bis die Schleifscheibe abgerichtet ist. Trägt man auf die
 Arbeitsfläche einer nicht abgerichteten Schleifscheibe eine
 Farbe auf, so kann der anschließend geführte Abrichtprozeß
 dieser Schleifscheibe als beendet betrachtet werden, wenn
 20 die aufgetragene Farbe nicht mehr zu sehen ist. Diese Art
 der Abrichtprozesse wird ausschließlich beim Abrichten von
 zylindrischen Schleifscheiben angewendet. Für diese Art
 der Abrichtprozesse muß die Abrichtvorrichtung - wie in
 den Figuren 31 und 32 gezeigt ist - unbedingt mit den Bautei-
 25 len 5, 5a und 30 ... 33 versehen sein, da sonst der Riemen 4
 allein nicht imstande sein wird, daß Zahnrad Z_2 entlang
 der Welle 7 hin und zurück zu verschieben (zu pendeln).

Die zweite Art der Abrichtprozesse, nämlich das Abrichten
 30 im Einstechverfahren, ist dadurch gekennzeichnet, daß zwi-
 schen der rotierenden Schleifscheibe 1 und der rotierenden
 Abrichtrolle 2 eine stetige Vorschubbewegung (Einstechbewe-
 gung) in die mit ZB_1 bezeichnete Richtung erfolgt. Sobald
 nach einer bestimmten Zeit diese Einstechbewegung unterbrochen
 35 wird und anschließend die Schleifscheibe n'_S Wirkumdrehun-
 gen bzw. die Abrichtrolle n'_A Wirkumdrehungen realisiert
 hat, wird der Abrichtprozeß beendet sein. Die Anzahl der
 Wirkumdrehungen der Schleifscheibe n'_S wird mit der Formel
 (24) oder (24a) und die der Abrichtrolle n'_A mit der Formel
 40 (26) oder (26a) ermittelt. Dieser Art der Abrichtprozesse
 wird beim Abrichten sowohl der mit einem Profil versehenen
 als auch der zylindrischen Umfangsschleifscheiben angewendet.

Da bei dieser Art der Abrichtprozesse keine Pendel-Vorschub-
bewegung des Zahnrades Z_2 entlang der Welle 7 erfolgt, kann
man bei der in den Figuren 30 und 31 gezeigten Vorrichtung
auf die Bauelemente 5, 5a und 30 ... 33 verzichten und statt-
dessen folgende Lösung wählen.

Auf der Grundplatte 16 wird der Ständer 17 befestigt, der
durch die Schraube 18, die Kontermutter 18a, die Zugfeder 19
und den Bolzen 20 mit dem schwenkbaren Rahmen 8 elastisch
verbunden ist. Diese Lösung erlaubt es, den Riemen 4 in
der Weise vorzuspannen, daß die während des Abrichtpro-
zesses auf diesen Riemen wirkenden Kräfte nicht imstande
sein werden, den Rahmen 8 nach oben zu schwenken.

In Figur 33 ist die Seitenansicht und in Figur 34 die Draufsicht
einer Vorrichtung mit zwei Abrichtrollen gezeigt. Diese
Vorrichtung unterscheidet sich von der in den Figuren 31
und 32 gezeigten Vorrichtung nur dadurch, daß sie außer
der Abrichtrolle 2 noch eine zusätzliche Abrichtrolle 3
aufweist. Die Abrichtrolle 3 ist auf der Welle 13 befestigt,
die mittels der Lager 34 und 35 in den Lagerböcken 5 und
5a drehbar gelagert ist. Die Wellen 13 und 11 und demzufolge
die Abrichtrollen 2 und 3 sind durch den Zahnriemen 12 und
durch die Zahnräder Z_8 und Z_7 miteinander kinematisch ver-
bunden. Alle übrigen Bauelemente dieser Vorrichtung sind
- wie aus den Figuren 31 ... 34 zu ersehen ist - mit den
Bauelementen der in den Figuren 31 und 32 gezeigten Vorrich-
tung identisch. Diese Tatsache ist in den Figuren 31 ... 34
dadurch zum Ausdruck gebracht worden, daß jedes dieser Bau-
elemente jeweils die gleiche Ziffernbezeichnung trägt. Mit
der in den Figuren 33 und 34 gezeigten Vorrichtung lassen
sich die gleichen Arten von Abrichtprozessen wie mit der
in den Figuren 31 und 32 gezeigten Vorrichtung durchführen.

Die in den Figuren 33 und 34 gezeigte Abrichtvorrichtung
und die sich daraus ergebenden kinematischen Verbindungen
zwischen der Schleifscheibe 1 und den Abrichtrollen 2 und 3
erlauben es, die Drehzahlverhältnisse $m_1 = n_S : n_{A1}$ und
 $m_2 = n_S : n_{A2}$ durch eine entsprechende Wahl der Zahnräder
 $Z_1 \dots Z_8$ zu bestimmen. Diese Drehzahlverhältnisse lassen
sich wie folgt ausdrücken:

$$m_1 = n_S : n_{A1} = (Z_6 : Z_5) \cdot (Z_4 : Z_3) \cdot (Z_2 : Z_1) \quad (40)$$

$$\text{und } m_2 = n_S : n_{A2} = (Z_8 : Z_7) \cdot (Z_6 : Z_5) \cdot (Z_4 : Z_3) \cdot (Z_2 : Z_1) \quad (41)$$

5 Wird z.B. verlangt, daß der Abrichtprozeß durch die Drehzahlverhältnisse $m_1 = 12:29$ und $m_2 = 25:58$ gekennzeichnet werden soll, so lassen sich diese Verhältnisse z.B. durch folgende Zahnradübersetzungen erreichen:

$$10 \quad m_1 = n_S : n_{A1} = (Z_6 : Z_5) \cdot (Z_4 : Z_3) \cdot (Z_2 : Z_1) = \\ = (36:42) \cdot (36:58) \cdot (42:54) = 12:29 \quad \text{und}$$

$$m_2 = n_S : n_{A2} = (Z_8 : Z_7) \cdot (Z_6 : Z_5) \cdot (Z_4 : Z_3) \cdot (Z_2 : Z_1) = \\ = (25:24) \cdot (36:42) \cdot (36:58) \cdot (42:54) = 25:58$$

15 Diese beiden Drehzahlverhältnisse $m_1 = 12:29$ und $m_2 = 25:58$ werden unabhängig von den Drehzahlen n_S bzw. n_{A1} bzw. n_{A2} während des ganzen Abrichtprozesses konstant bleiben und demzufolge das Grundprinzip des erfundenen Abrichtprozesses erfüllen.

20

Das Grundprinzip des erfundenen Abrichtverfahrens läßt sich auch - statt in der oben beschriebenen Weise - durch eine entsprechend ausgelegte elektrische Steuerung realisieren.

25 Bei dieser Lösung ist es erforderlich, die Abrichtrolle 2 (bzw. Abrichtrolle 2 und 3) durch einen direkt mit dieser Rolle gekoppelten Motor antreiben zu lassen. Die Drehzahlen dieses Motors und die des Schleifspindelmotors müssen sich durch eine entsprechende elektronische Steuerung (elektr. Welle) in der Weise regeln lassen, daß das Drehzahlverhältnis $m = n_S : n_A$ bzw. die Drehzahlverhältnisse $m_1 = n_S : n_{A1}$ und $m_2 = n_S : n_{A2}$ die für die Durchführung des Abrichtprozesses erforderlichen Zahlenwerte aufweisen werden. Diese auf elektrischem Wege realisierte Lösung hat im Vergleich zu den

30 in den Figuren 31 ... 34 gezeigten und auf mechanischem Wege realisierten Lösungen zwei entscheidende Vorteile:

35 Eine einfache Konstruktion und die Möglichkeit, das Drehzahlverhältnis $m = n_S : n_A$ bzw. die Drehzahlverhältnisse $m_1 = n_S : n_{A1}$ und $m_2 = n_S : n_{A2}$ beliebig regeln zu können, ohne dafür Wechsel-Zahnräder einsetzen zu müssen.

40

Um eine Vorstellung über die Art der bei dem erfundenen Abrichtverfahren zum Einsatz kommenden Werkzeuge zu vermitteln, sollen die Darstellungen in den Figuren 35 ... 42 in Betracht gezogen werden.

5

In Figur 35 ist eine zylindrische Abrichtrolle schematisch dargestellt, die aus dem Grundkörper 2 und aus den $Z = 24$ Schneiden 41 besteht. Die Lage dieser auf dem Umfang des durch den Durchmesser D_A bestimmten Kreises symmetrisch

10

verteilten Schneiden ist durch den Winkel α gekennzeichnet. Jede dieser Schneiden weist eine Höhe h , eine Breite a und eine Länge b_A auf. Die Befestigung der Schneiden 41 in dem Grundkörper 2 kann unter Zuhilfenahme verschiedener Verbindungstechniken (Klemmen, Kleben, Löten usw.) erfolgen.

15

Die Schneiden 41 können nicht nur die in Figur 35 gezeigte geradlinige Form sondern auch ein Profil aufweisen.

Anhand der in den Figuren 36 ... 39 schematisch dargestellten Schneiden 41 soll folgendes erläutert werden. Die in Figur 36 und in Figur 37 gezeigten Schneiden 41, von denen eine Profil und die andere eine geradlinige Form aufweist, können entweder aus verschiedenen Schneidstoffen oder aus einfachem Baustahl (DIN 10065) hergestellt werden. Als bestgeeigneter Schneidstoff dafür ist "POLYBLOC" (Bezeichnung der Firma Winter)

20

25

zu nennen. Für eine Reihe von Abrichtprozessen können die Schneiden 41 aus dem oben genannten Baustahl hergestellt werden. Der Vorteil solcher Schneiden liegt darin, daß die in beiden Figuren mit 42 bezeichneten Arbeitsflächen dieser Schneiden nach dem Verschleiß in später erläutelter Weise nachgearbeitet werden können.

30

Die Schneiden in den Figuren 38 und 39 unterscheiden sich von denen in den Figuren 36 und 37 dadurch, daß ihre geradlinigen bzw. profilierten Arbeitsflächen mit eingebetteten Körnern 44 aus superhartem Schneidstoff (vorzugsweise aus Diamant) versehen sind.

35

In Figur 40 ist eine zylindrische Abrichtrolle gezeigt, die aus einem Grundkörper 2 und einer Anzahl von Segmenten 41 besteht. Jedes dieser Segmente ist dadurch gekennzeichnet, daß es aus einer Reihe von geometrisch bestimmten Schneiden 45 besteht, die in einer Bindungsschicht 43 eingebettet sind.

40

- Die Schneiden 45 können nicht nur die in Figur 40 gezeigte pyramidenförmige Gestalt sondern auch verschiedene andere geometrische Formen aufweisen. Die Anordnung und Anzahl der Schneiden 45 in der Bindungsschicht 43 wird in Abhängigkeit von der erforderlichen geometrischen Beschaffenheit der abgerichteten Schleifscheibe ermittelt. Als bestgeeigneter Werkstoff für die Herstellung dieser Schneiden ist "POLYBLOC" (Bezeichnung der Firma Winter) zu nennen.
- 10 In Figur 41 ist eine zylindrische Abrichtrolle gezeigt, die eine gerändelte Mantelfläche aufweist. In Figur 42 ist eine Abrichtrolle schematisch dargestellt, die im Gegensatz zu der in Figur 41 am Umfang ein Profil aufweist. Diese beiden Abrichtrollen weisen keine Schneiden auf, und sie
- 15 sind aus einfachem Baustahl (DIN 10065) hergestellt. Der Einsatz dieser Art der Abrichtrollen kann bei einigen Abrichtprozessen deswegen Vorteile bringen, weil sich diese Werkzeuge durch einen Zerspanvorgang leicht nachbearbeiten lassen. Die Art, in der das nachträgliche Rändeln der zylindrischen
- 20 Abrichtrolle (Figur 41) und das Nachprofilieren der ein Profil aufweisenden Abrichtrolle (Figur 42) erfolgt, ergibt sich aus den nun folgenden Beschreibungen der Figuren 43 ... 46.
- In Figur 43 ist die momentane Lage der profilierten Schleifscheibe 1 und der Profil-Abrichtrolle 2, die sich aus dem Eingriff der beiden während eines im Mitlauf geführten Einstech-Abrichtprozesses ergibt, schematisch dargestellt. Das in Betracht gezogene Profil der Abrichtrolle 2 und der Schleifscheibe 1 ist aus dem Schnitt A-A zu ersehen. Dieses
- 25 Profil weist eine Höhe auf, die jeweils mit der Eingriffsgröße e identisch ist. Während dieses Abrichtprozesses bleibt der Support 38 mit dem Profil-Drehmeißel 39 in der aus Figur 43 zu ersehenden Stellung. Ist das Profil der Abrichtrolle 2 nach einer Reihe von durchgeführten Abrichtprozessen infolge des Verschleisses verzerrt, so wird dieses Profil in der
- 30 aus Figur 44 zu ersehenden Weise korrigiert (nachprofiliert). Das Korrigieren eines verzerrten Profils wird in einer Drehoperation durchgeführt, die dadurch gekennzeichnet ist, daß man mit einem in dem Support 38 befestigten Profil-Drehmeißel 39 in die rotierende Abrichtrolle 2, und zwar in
- 35 die mit ZB_1 bezeichnete Richtung, einsticht. Während dieser Operation darf zwischen der Schleifscheibe 1 und der Abricht-
- 40

Ein solches Nachprofilieren einer verschlissenen Abrichtrolle kann selbstverständlich nur bei den aus Baustahl (DIN 10065) hergestellten Rollen durchgeführt werden. Dabei kann diese Abrichtrolle sowohl aus einem Stück (wie z.B. die in Figur 42) als auch aus einer Reihe von profilierten Schneiden (wie die in Figur 37) bestehen.

Befestigt man in dem Support 38 statt des Profil-Drehmeißels 39 eine zylindrische Rändelrolle, so kann man mit diesem Werkzeug den Umfang einer verschlissenen zylindrischen Abrichtrolle nachträglich rändeln. Diese Operation kann genau so wie das oben beschriebene Nachprofilieren nur bei den aus Baustahl (DIN 10065) hergestellten Abrichtrollen durchgeführt werden. Dabei kann die Abrichtrolle die in Figur 42 oder die in Figur 35 gezeigte Form aufweisen.

In Figur 45 ist der Teilausschnitt einer profilierten Schleifscheibe 1 im Eingriff mit zwei Profil-Abrichtrollen 2 und 3 schematisch dargestellt. In Figur 46 sind zwei Profil-Abrichtrollen 2 und 3 im Eingriff mit den in dem Support 38 befestigten zwei Profil-Drehmeißeln 39 und 40 bei zurückgefahrner Schleifscheibe 1 gezeigt. All die Erläuterungen und Bemerkungen, die man oben bei der Beschreibung der Figuren 43 und 44 zum Ausdruck gebracht hat, haben ihre Gültigkeit auch für die Darstellungen in den Figuren 45 und 46.

Bezüglich der in den Figuren 35 ... 42 schematisch dargestellten und oben beschriebenen Abrichtrollen soll abschließend folgendes erläutert werden. Alle mathematischen Abhängigkeiten, die in der vorliegenden Druckschrift abgeleitet worden sind, haben ihre Gültigkeit nur für solche Abrichtrollen, welche auf ihrem Umfang eine Anzahl von geometrisch bestimmten Schneiden aufweisen (siehe z.B. Figur 35 und Figur 40). Wird für das erfundene Abrichtverfahren eine Abrichtrolle zum Einsatz kommen, deren Umfang keine Schneiden sondern eine einheitliche Mantelfläche aufweist (siehe z.B. Figur 42), so kann die geometrische Beschaffenheit einer mit dieser Rolle abgerichteten Schleifscheibe auf mathematischem Wege nicht ermittelt werden. In einer Reihe von Abrichtversuchen hat man aber festgestellt, daß beim Einsatz solcher Werkzeuge sehr hohe Form- und Laufgenauigkeit sowie eine gleichmäßige Topographie der abgerichteten Schleifscheibe

erzielt wird, wenn der Abrichtprozeß nach dem neuen Verfahren geführt wird. Da der Abrichtprozeß beim Einsatz solcher Werkzeuge durch große in der Kontaktzone wirkende Kräfte gekennzeichnet sein muß, werden diese Kräfte durch eine

5 Verringerung der Wirkgeschwindigkeit $v_{e(A_W)}$ (siehe Formel 13) erzielt. Man hat festgestellt, daß diese Geschwindigkeit im Bereich $v_{e(A_W)} = 0,5 \dots 3,5 \text{ m/s}$ liegen soll.

1. Verfahren zum Abrichten und Schärfen von sowohl zylindrischen als auch profilierten Umfangsschleifscheiben mit mindestens einem rotierenden Abrichtwerkzeug, dadurch gekennzeichnet, daß die Drehzahlen der Schleifscheibe n_S und des Abrichtwerkzeuges n_A ein bestimmtes Drehzahlverhältnis $m = n_S:n_A$ aufweisen, das während des ganzen Abrichtprozesses keinen Schwankungen unterliegt.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Mantelfläche einer Umfangsschleifscheibe, die mit einem Z Schneiden aufweisenden Werkzeug abgerichtet ist, die gleiche Wellenanzahl W_A in jeder senkrecht zur Drehachse dieser Schleifscheibe verlaufenden Ebene aufweist.
- Für die Ermittlung der Wellenanzahl W_A sind außer dem Zahlenwert des Drehzahlverhältnisses $m = n_S:n_A$ noch folgende Daten erforderlich.

Bezeichnet man

- Z - Anzahl der am Umfang eines Abrichtwerkzeuges symmetrisch verteilten Schneiden,
- ggT - größter gemeinsamer Teiler der Drehzahlen der Schleifscheibe n_S und des Abrichtwerkzeuges n_A (die Kenngröße ggT weist die gleiche Dimension wie die Drehzahlen n_S und n_A auf).

und bildet man aus den Kenngrößen Z, ggT und n_S einen Quotienten:

$$q_A = Z \cdot \frac{\text{ggT}}{n_S}$$

so wird dieser Quotient für ein Abrichtwerkzeug mit $Z=z$ Schneiden eine Bruchzahl und für eines mit $Z=z'$ Schneiden eine ganze Zahl aufweisen.

Die Wellenanzahl W_A wird in Abhängigkeit von der Kenngröße Z wie folgt ermittelt:

$$\text{für } Z=z \quad \text{ist } W_A = z \cdot \frac{n_A}{\text{ggT}}$$

$$\text{für } Z=z' \quad \text{ist } W_A = z' \cdot \frac{n_A}{n_S} = \frac{z'}{n}$$

3. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß man auf der Mantelfläche einer Umfangsschleifscheibe die gleiche Wellenanzahl W_A durch zwei unterschiedliche Abrichtwerkzeuge erzeugen kann, wenn das eine Werkzeug z und das andere $z' = z \cdot (n_S : ggT)$ Schneiden aufweisen wird.
4. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß auf der Mantelfläche einer Umfangsschleifscheibe nach jeder Umdrehung dieser Schleifscheibe die gleiche Wellenanzahl W_A erzeugt wird, wenn das eingesetzte Abrichtwerkzeug z' Schneiden aufweisen wird.

Aus der in dem Anspruch 4 enthaltenen Gesetzmäßigkeit geht hervor, daß jede der z' Werkzeugschneiden immer die gleiche Stelle an der Schleifscheibe abrichten (zerspanen) wird. Das bedeutet aber, daß beim Abrichten im Einstechverfahren jede der z' Werkzeugschneiden bei jeder Umdrehung der Schleifscheibe immer das gleiche Volumen zu zerspanen haben wird.

5. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß ein mit einem Z Schneiden aufweisenden Werkzeug geführter Abrichtprozeß nach einer bestimmten Anzahl der Wirkumdrehungen der Schleifscheibe n'_S und des Abrichtwerkzeuges n'_A beendet sein wird.
- Die Anzahl der Wirkumdrehungen n'_S und n'_A wird in Abhängigkeit von der Kenngröße Z wie folgt ermittelt:

$$\text{für } Z = z \text{ ist } n'_S = \frac{n_S}{ggT} \text{ und } n'_A = \frac{n_A}{ggT}$$

$$\text{für } Z = z' \text{ ist } n'_S = 1 \text{ und } n'_A = \frac{n_A}{n_S} = \frac{1}{m}$$

6. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die infolge des Abrichtens auf der Mantelfläche einer Umfangsschleifscheibe entstandenen Wellen jeweils eine bestimmte Wellenlänge W_L und eine bestimmte Wellenhöhe W_H aufweisen.
- Wird für das Abrichten ein Werkzeug eingesetzt, das durch den Durchmesser $D_A = 2 \cdot R_A$ und durch Z Schneiden bestimmt ist, und wird der Abstand zwischen den Drehachsen der Schleifscheibe und des Abrichtwerkzeuges im Moment der Unterbrechung der Einstechbewegung gleich R_0 sein,

so werden die nach n'_S Wirkumdrehungen der Schleifscheibe bzw. nach n'_A Wirkumdrehungen des Abrichtwerkzeuges auf der Mantelfläche der Schleifscheibe entstandenen Wellen durch eine bestimmte Wellenlänge W_L und Wellenhöhe W_H gekennzeichnet sein.

Die Wellenlänge W_L wird wie folgt ermittelt:

$$W_L = 2\pi \cdot (R_0 - R_A) \cdot \frac{\alpha_t}{360^\circ} = \frac{2\pi \cdot R_A}{W_A \cdot q_R}$$

wobei: $q_R = \frac{R_A}{R_0 - R_A}$ ist.

Die Wellenhöhe W_H wird wie folgt ermittelt:

$$W_H = \frac{R_A}{q_R} \cdot \left[\sqrt{4 - q_R \cdot (q_R + 1) \cdot \sin^2 \frac{\alpha_1}{2 \cdot m}} + 1 - 1 \right]$$

Der in dieser Gleichung erscheinende Winkel α_1 wird für $m \geq q_R = R_A : (R_0 - R_A)$ aus der Abhängigkeit

$$\frac{\sin(\alpha_1 - \frac{180^\circ}{W_A})}{\sin\left[\frac{(m+1) \cdot \alpha_1}{m} - \frac{180^\circ}{W_A}\right]} = \frac{R_A}{R_0} = \frac{q_R}{q_R + 1}$$

und für $m < q_R = R_A : (R_0 - R_A)$ aus der Abhängigkeit

$$\frac{\sin(\alpha_1 + \frac{180^\circ}{W_A})}{\sin\left[\frac{(m+1) \cdot \alpha_1}{m} + \frac{180^\circ}{W_A}\right]} = \frac{R_A}{R_0} = \frac{q_R}{q_R + 1}$$

ermittelt.

Die in den obigen Formeln erscheinende Wellenanzahl W_A wird in Abhängigkeit von der Anzahl der Werkzeugschnitten Z wie im Anspruch 2 ermittelt.

7. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß zwischen der Wellenhöhe W_H und der Wellenlänge W_L , die die geometrische Beschaffenheit einer abgerichteten Schleifscheibe eindeutig bestimmen, folgendes Verhältnis besteht:

$$\frac{w_H}{w_L} = \frac{w_A}{2\pi} \cdot \left[\sqrt{4 \cdot q_R \cdot (q_R + 1) \cdot \sin^2 \frac{\alpha_1}{2 \cdot m} + 1} - 1 \right]$$

Der in dieser Formel erscheinende Winkel α_1 wird in Abhängigkeit von dem Drehzahlverhältnis m wie im Anspruch 6, und die in dieser Formel erscheinende Wellenanzahl w_A wird in Abhängigkeit von der Anzahl der Werkzeugschneiden wie im Anspruch 2 ermittelt.

8. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Relativ-Bahn jeder Werkzeugschneide immer eine Epizykloide darstellt, deren Verlauf in dem Cartesischen-Koordinatensystem durch zwei nachstehende Parameter-Gleichungen bestimmt wird.

$$\begin{aligned} x &= f(\alpha) = R_A \cdot \left[\frac{q_R + 1}{q_R} \cdot \cos \alpha - \cos \left(\alpha + \frac{\alpha}{m} \right) \right] \\ y &= f(\alpha) = R_A \cdot \left[\frac{q_R + 1}{q_R} \cdot \sin \alpha - \sin \left(\alpha + \frac{\alpha}{m} \right) \right] \end{aligned}$$

wobei: α = Drehwinkel des Radius R_0 und

20

$\frac{\alpha}{m}$ = Drehwinkel des Radius R_A ist.

9. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Relativ-Bahn einer Werkzeugschneide für alle Abrichtprozesse, bei denen $m \geq q_R = R_A : (R_0 - R_A)$ ist, immer eine gestreckte Epizykloide und für alle Abrichtprozesse, bei denen $m < q_R = R_A : (R_0 - R_A)$ ist, immer eine verschlungene Epizykloide darstellt.

10. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Umfangsschleifscheibe (1) mittels der Zahnräder (Z_1, Z_2, Z_3, Z_4, Z_5 und Z_6) mit dem Abrichtwerkzeug (2) kinematisch gekoppelt ist, und daß die sich aus diesen Zahnrädern ergebende Übersetzung das Drehzahlverhältnis $m = n_S : n_A$ wie folgt bestimmt:

$$m = n_S : n_A = (Z_2 : Z_1) \cdot (Z_4 : Z_3) \cdot (Z_6 : Z_5)$$

11. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das Abrichtwerkzeug (3) mittels der Zahnräder (Z_7 und Z_8) mit dem Abrichtwerkzeug (2) und das Abrichtwerkzeug (2) mittels der Zahnräder (Z_1 , Z_2 , Z_3 , Z_4 , Z_5 und Z_6) mit der Umfangsschleifscheibe (1) kinematisch gekoppelt sind, und daß die sich aus diesen Zahnrädern ergebende Übersetzung das Drehzahlverhältnis $m_1 = n_S : n_{A1}$ und $m_2 = n_S : n_{A2}$ wie folgt bestimmt:
- $$m_1 = n_S : n_{A1} = (Z_2 : Z_1) \cdot (Z_4 : Z_3) \cdot (Z_6 : Z_5)$$
- $$m_2 = n_S : n_{A2} = (Z_2 : Z_1) \cdot (Z_4 : Z_3) \cdot (Z_6 : Z_5) \cdot (Z_8 : Z_7)$$
12. Vorrichtung nach Anspruch 10 oder 11, dadurch gekennzeichnet, daß der Antrieb des Systems "Schleifscheibe - Abrichtwerkzeug" oder des Systems "Schleifscheibe - Abrichtwerkzeuge" durch den Antriebsmotor der Schleifspindel (6a) erfolgt.
13. Vorrichtung nach Anspruch 10 oder 11, dadurch gekennzeichnet, daß der Antrieb des Systems "Schleifscheibe - Abrichtwerkzeug" oder des Systems "Schleifscheibe - Abrichtwerkzeuge" durch den separaten Antriebsmotor (37) erfolgt, der mit der Welle (11) oder mit der Welle (13) durch die Riemenscheiben (d_1 und d_2) kinematisch verbunden ist.
14. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Umfangsschleifscheibe (1) und das Abrichtwerkzeug (2) jeweils einen separaten Antriebsmotor aufweisen und daß diese beiden Motoren mittels einer "elektrischen Welle" gekoppelt sind, die es erlaubt, die Drehzahl der Schleifscheibe n_S und die des Abrichtwerkzeuges n_A so zu regeln, daß sie das für die Durchführung eines Abrichtprozesses erforderliche Drehzahlverhältnis $m = n_S : n_A$ aufweisen werden.
15. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Umfangsschleifscheibe (1) und eines der mittels der Zahnräder (Z_7 und Z_8) mit-

beiden Motoren mittels einer "elektrischen Welle" gekoppelt sind, die es erlaubt, die Drehzahl der Schleifscheibe n_S und die der Abrichtwerkzeuge n_{A1} und n_{A2} so zu regeln, daß sie die für die Durchführung eines Abrichtprozesses erforderlichen Drehzahlverhältnisse $m_1 = n_S:n_{A1}$ und $m_2 = n_S:n_{A2}$ aufweisen werden.

16. Vorrichtung nach Anspruch 10 oder 14, dadurch gekennzeichnet, daß sie mit einem im Support (38) befestigten Profil-Drehmeißel (39) versehen ist, mit dem das Korrigieren eines infolge des Verschleisses verzerrten Profils des Abrichtwerkzeuges (2), das aus einem zerspanbaren Werkstoff hergestellt ist, in einer Einstech-Drehoperation durchgeführt wird.

17. Vorrichtung nach Anspruch 11 oder 15, dadurch gekennzeichnet, daß sie mit den zwei im Support (38) befestigten Profil-Drehmeißeln (39 und 40) versehen ist, mit denen das Korrigieren der infolge des Verschleisses verzerrten Profile der Abrichtwerkzeuge (2 und 3), die aus einem zerspanbaren Werkstoff hergestellt sind, in einer Einstech-Drehoperation durchgeführt wird.

18. Vorrichtung nach Anspruch 16, dadurch gekennzeichnet, daß im Support (38) statt des Profil-Drehmeißels (39) eine Rändelrolle befestigt ist, mit der die Mantelfläche einer verschliessenen zylindrischen Abrichtrolle (2), die aus einem zerspanbaren Werkstoff hergestellt ist, nachgerändelt wird.

19. Vorrichtung nach Anspruch 17, dadurch gekennzeichnet, daß im Support (38) statt der zwei Profil-Drehmeißel (39 und 40) zwei Rändelrollen befestigt sind, mit denen die Mantelflächen der verschliessenen zylindrischen Abrichtrollen (2 und 3), die aus einem zerspanbaren Werkstoff hergestellt sind, nachgerändelt werden.

20. Abrichtwerkzeug zur Durchführung des Verfahrens nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß es aus einem Grundkörper (2) und einer Anzahl von symmetrisch am Umfang verteilten und in diesem Grundkörper befestigten Schneidsegmenten (41) besteht.

21. Abrichtwerkzeug nach Anspruch 20, dadurch gekennzeichnet,
daß die einzelnen Schneidsegmente (41) dieses Abrichtwerk-
zeuges bestimmte geometrische Formen aufweisen, und
daß sie aus einem superharten Werkstoff, z.B. aus "POLYBLOC"
5 (Bezeichnung der Firma Winter) hergestellt sind.
22. Abrichtwerkzeug nach Anspruch 21, dadurch gekennzeichnet,
daß die Arbeitsflächen der einzelnen Schneidsegmen-
te (41) mit eingebetteten Körnern (44) aus einem super-
10 harten Schneidstoff (vorzugsweise aus Diamant) versehen
sind.
23. Abrichtwerkstoff nach Anspruch 21, dadurch gekennzeichnet,
daß die einzelnen Schneidsegmente aus einem zerspanbaren
15 Werkstoff, vorzugsweise aus einfachem Baustahl (DIN 10065)
hergestellt sind.
24. Zylinderförmiges Abrichtwerkzeug zur Durchführung des
Verfahrens nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet,
20 daß es aus einem Grundkörper (2) und einer Anzahl von
Segmenten (41) besteht, und daß jedes dieser Segmente
aus einer Reihe von geometrisch bestimmten Schneiden (45)
besteht, die in einer Bindungsschicht (43) eingebettet
sind.
- 25
25. Zylinderförmiges Abrichtwerkzeug zur Durchführung des
Verfahrens nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet,
daß es aus einem Stück eines zerspanbaren Werkstoffes
- vorzugsweise aus einfachem Baustahl (DIN 10065) -
30 hergestellt ist, und daß die Mantelfläche dieses Abricht-
werkzeuges gerändelt ist.
26. Abrichtwerkzeug zur Durchführung des Verfahrens nach
Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß es aus einem
35 Stück eines zerspanbaren Werkstoffes, vorzugsweise aus
einfachem Baustahl (DIN 10065), hergestellt ist, und
daß die Mantelfläche dieses Abrichtwerkzeuges ein Profil
aufweist.

27. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Wirkgeschwindigkeit $v_{e(A_W)}$ beim Einsatz der Abrichtwerkzeuge nach Anspruch 23, 25 und 26 den Zahlenwert $v_{e(A_W)} < 3,5$ m/s aufweisen soll.

2/47

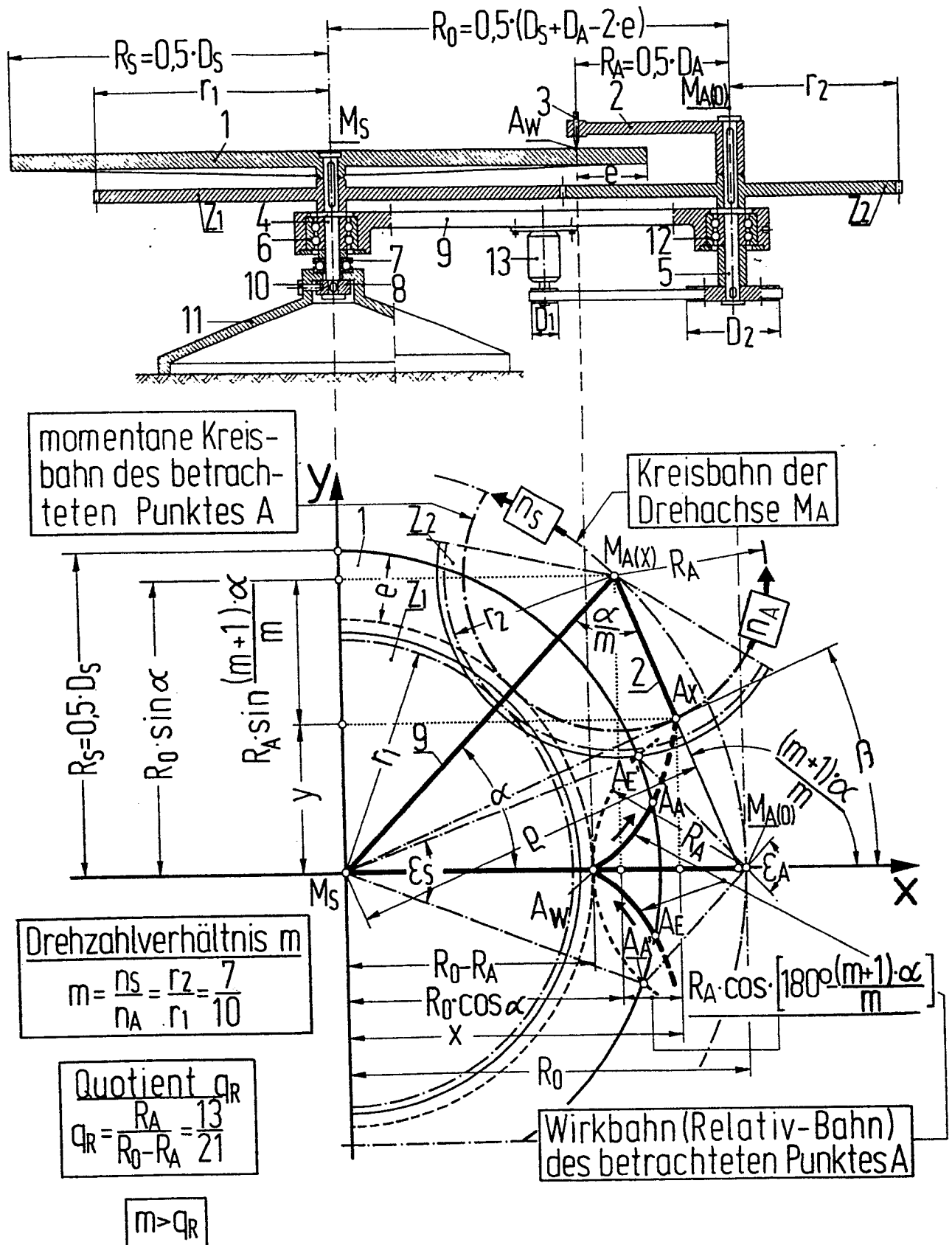


Fig. 2

3/47

$$m = \frac{n_S}{n_A} < q_R = \frac{R_A}{R_0 - R_A}$$

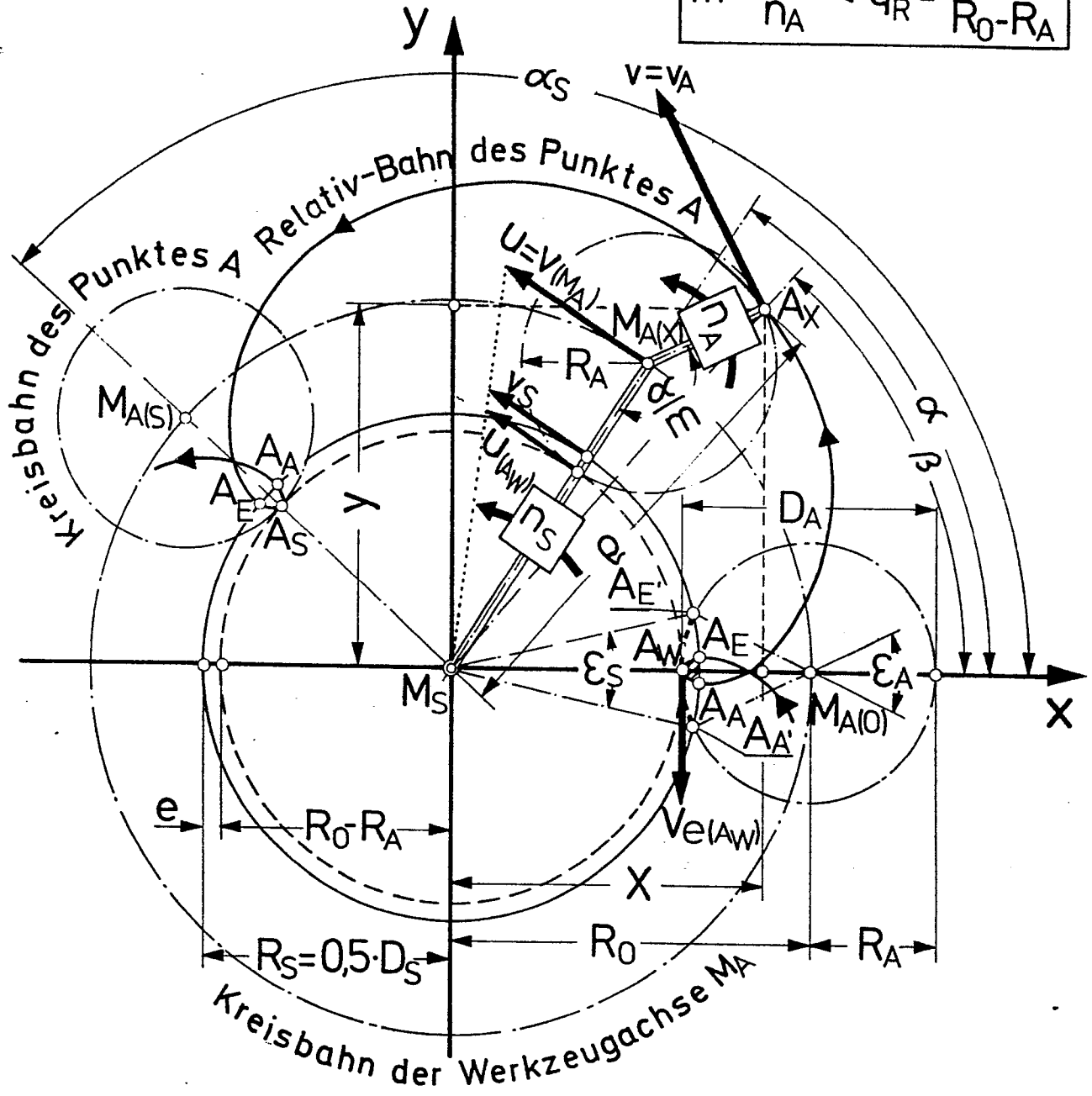


Fig. 3

$$q_V = \frac{n_A \cdot R_A}{n_S \cdot (R_0 - R_A)} = \frac{q_R}{m} < 1$$

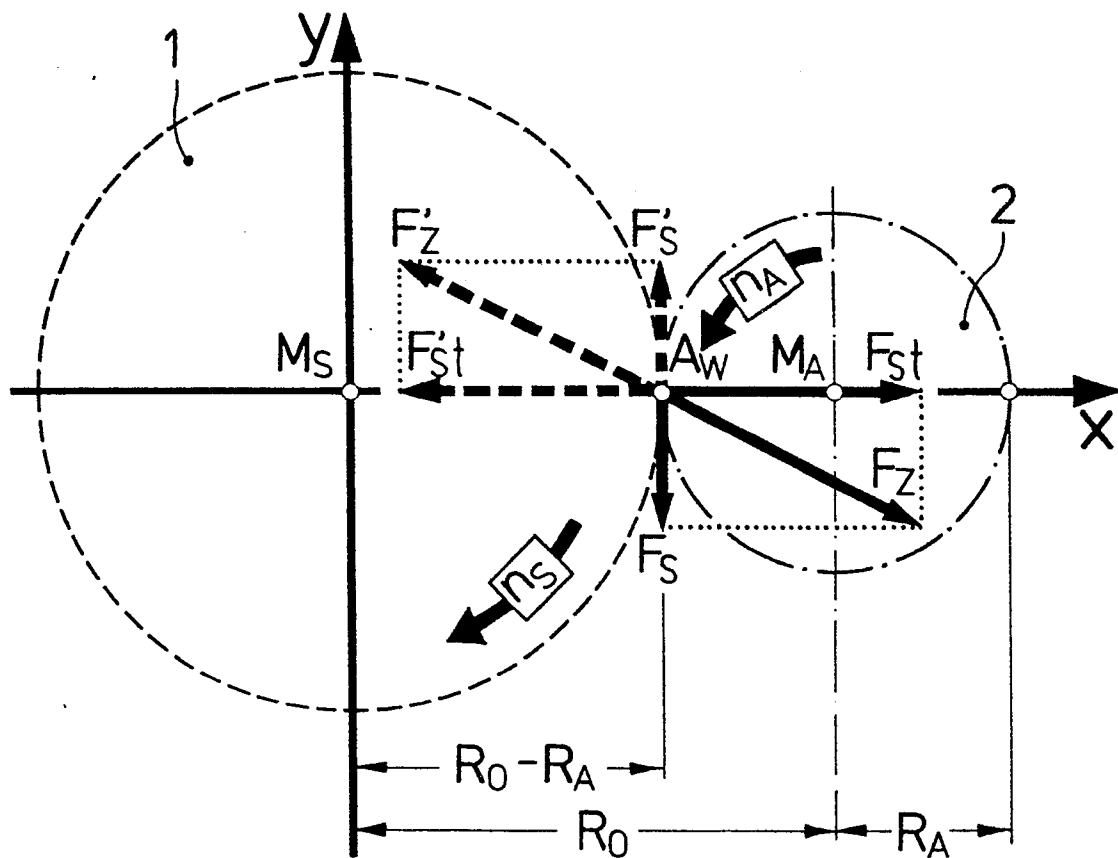


Fig. 4

5/47

0083672

$$m = \frac{n_s}{n_A} < q_R = \frac{R_A}{R_0 - R_A}$$

$$q_V = \frac{n_A \cdot R_A}{n_s \cdot (R_0 - R_A)} = \frac{q_R}{m} > 1$$

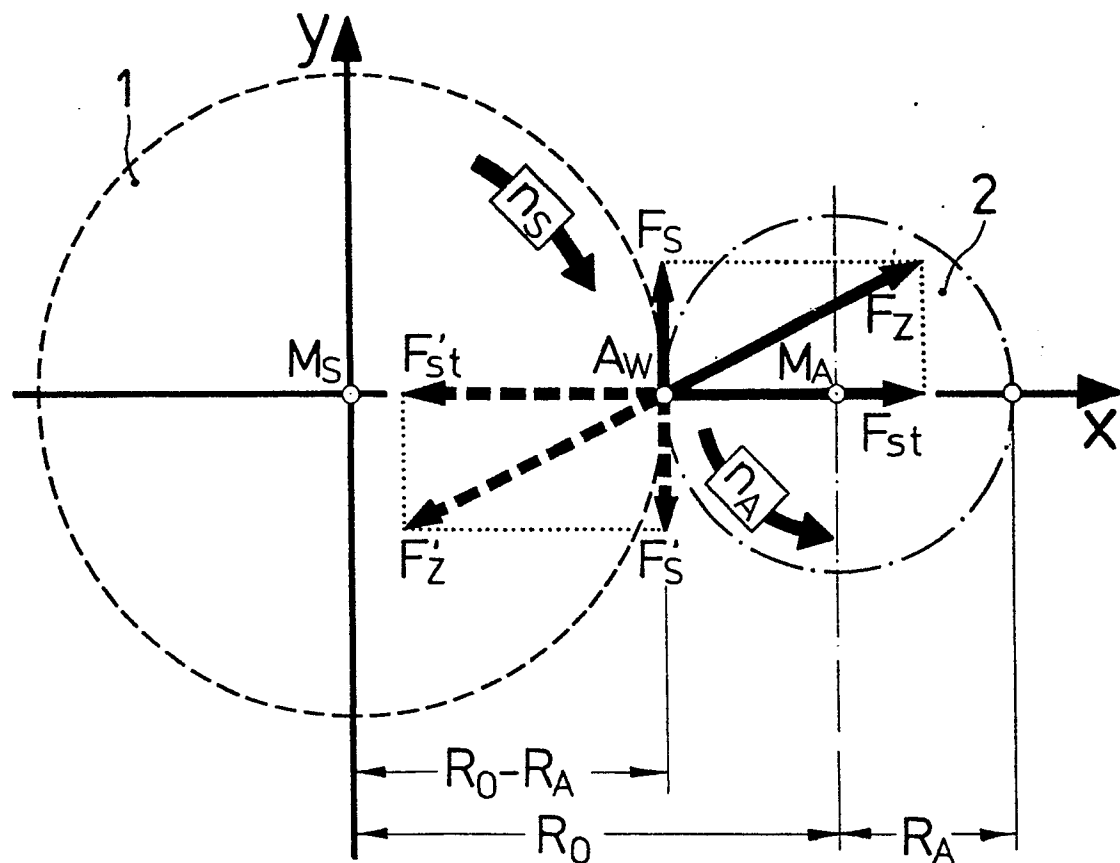
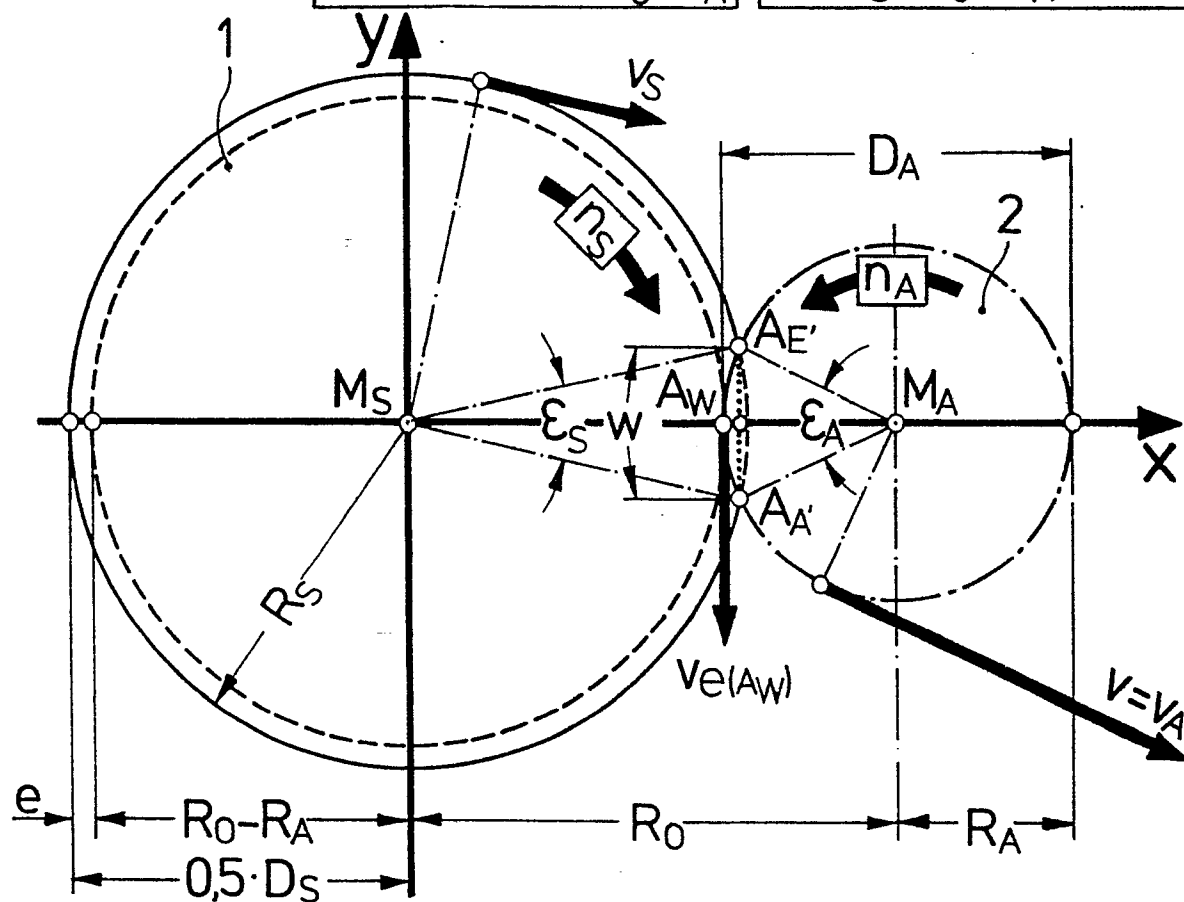


Fig. 5



8/47

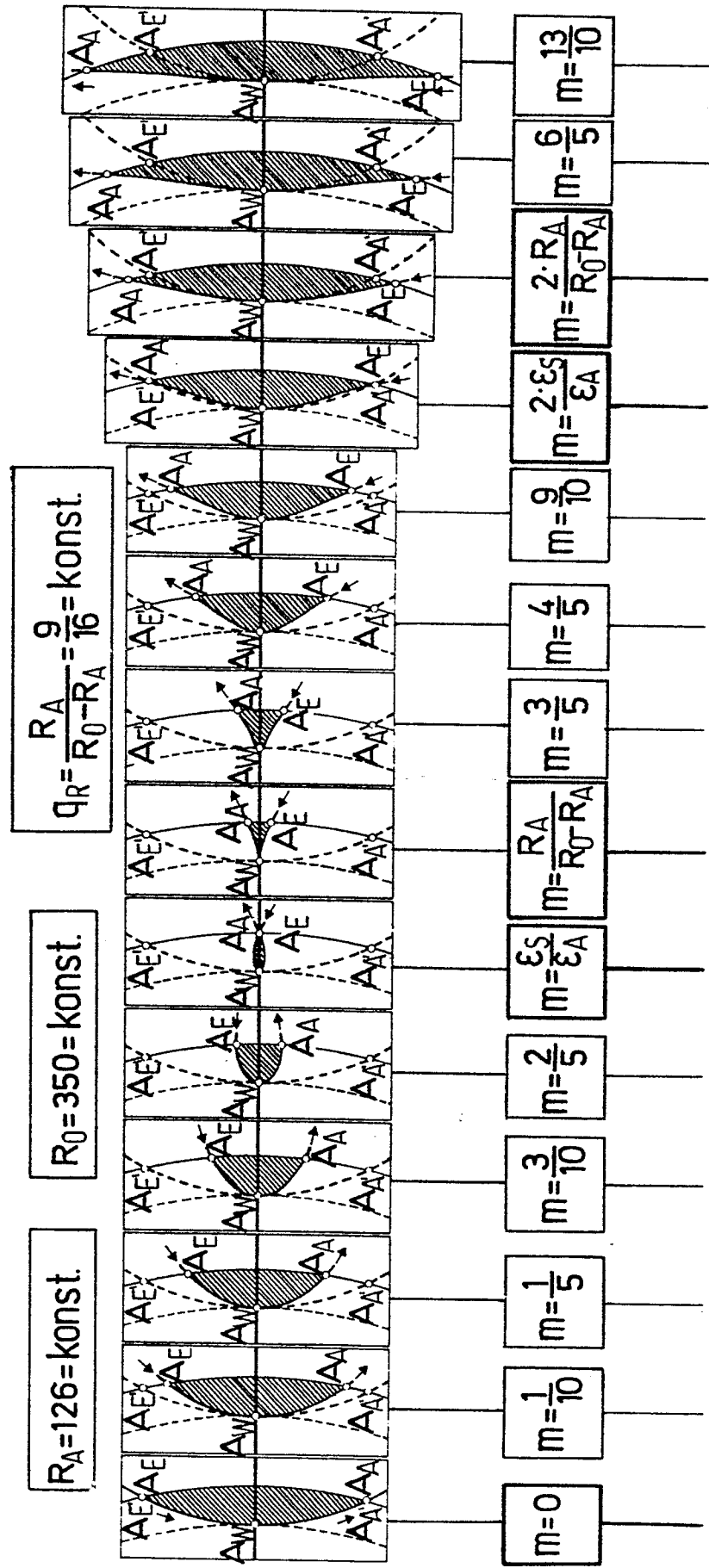


Fig. 8

9/47

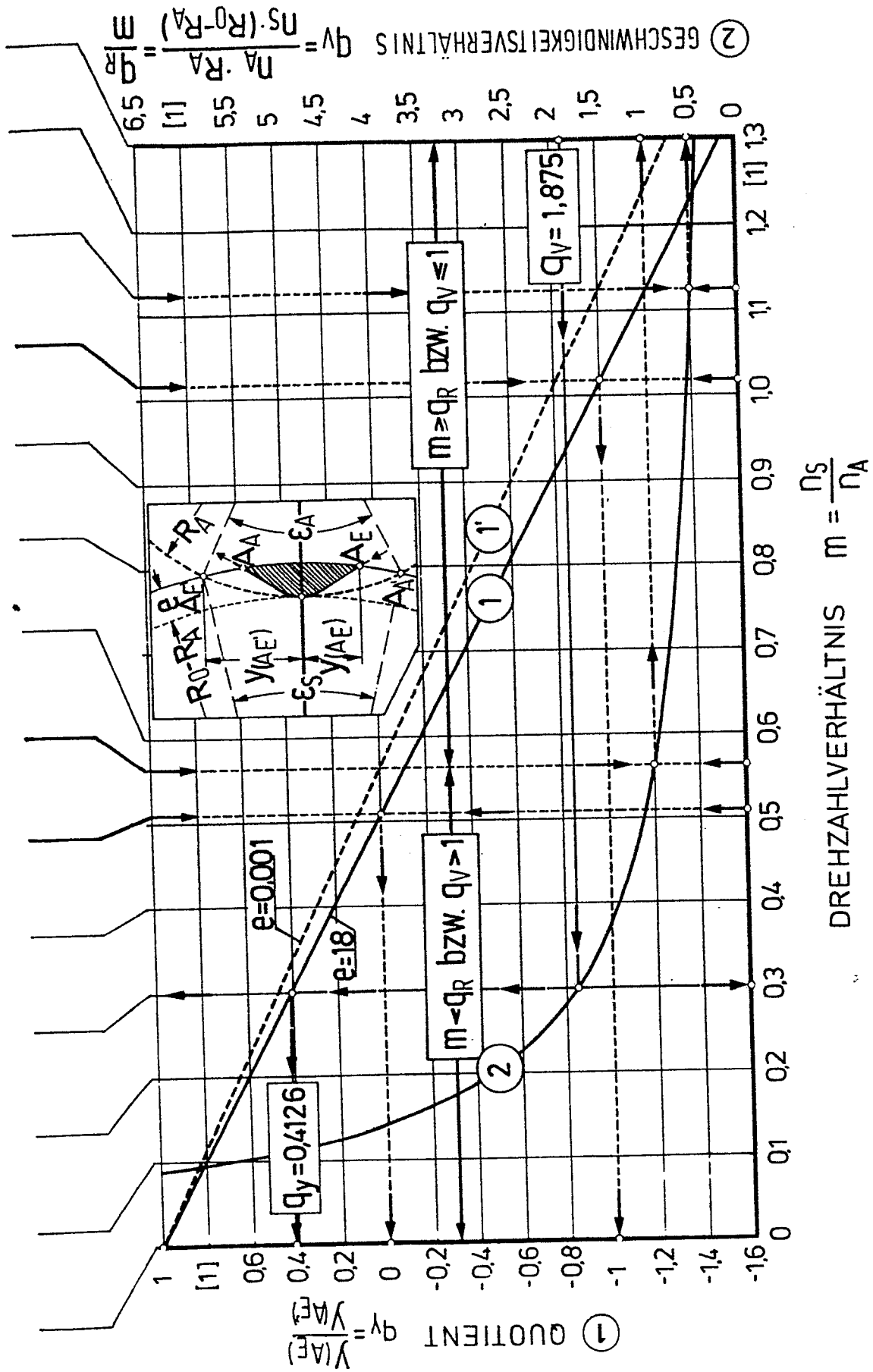


Fig. 8

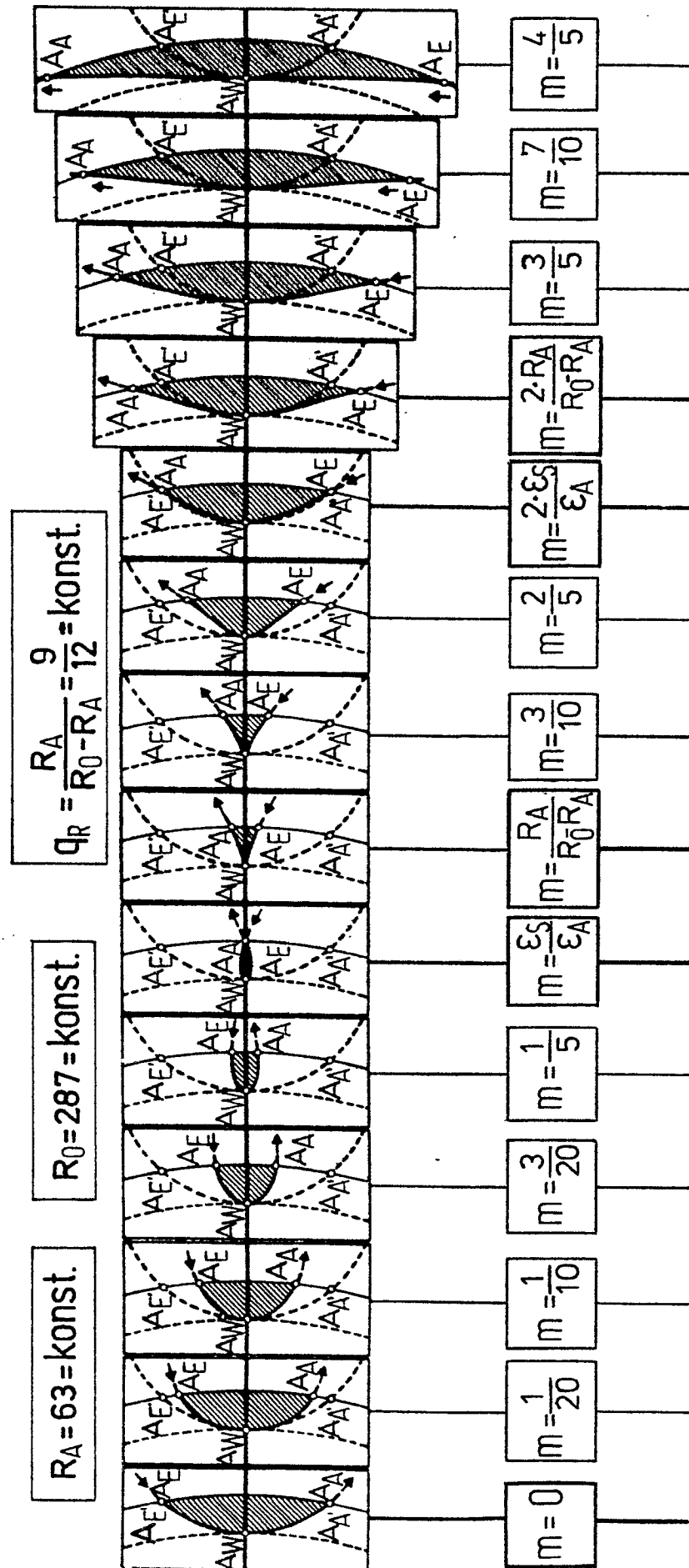


Fig. 9

11/47

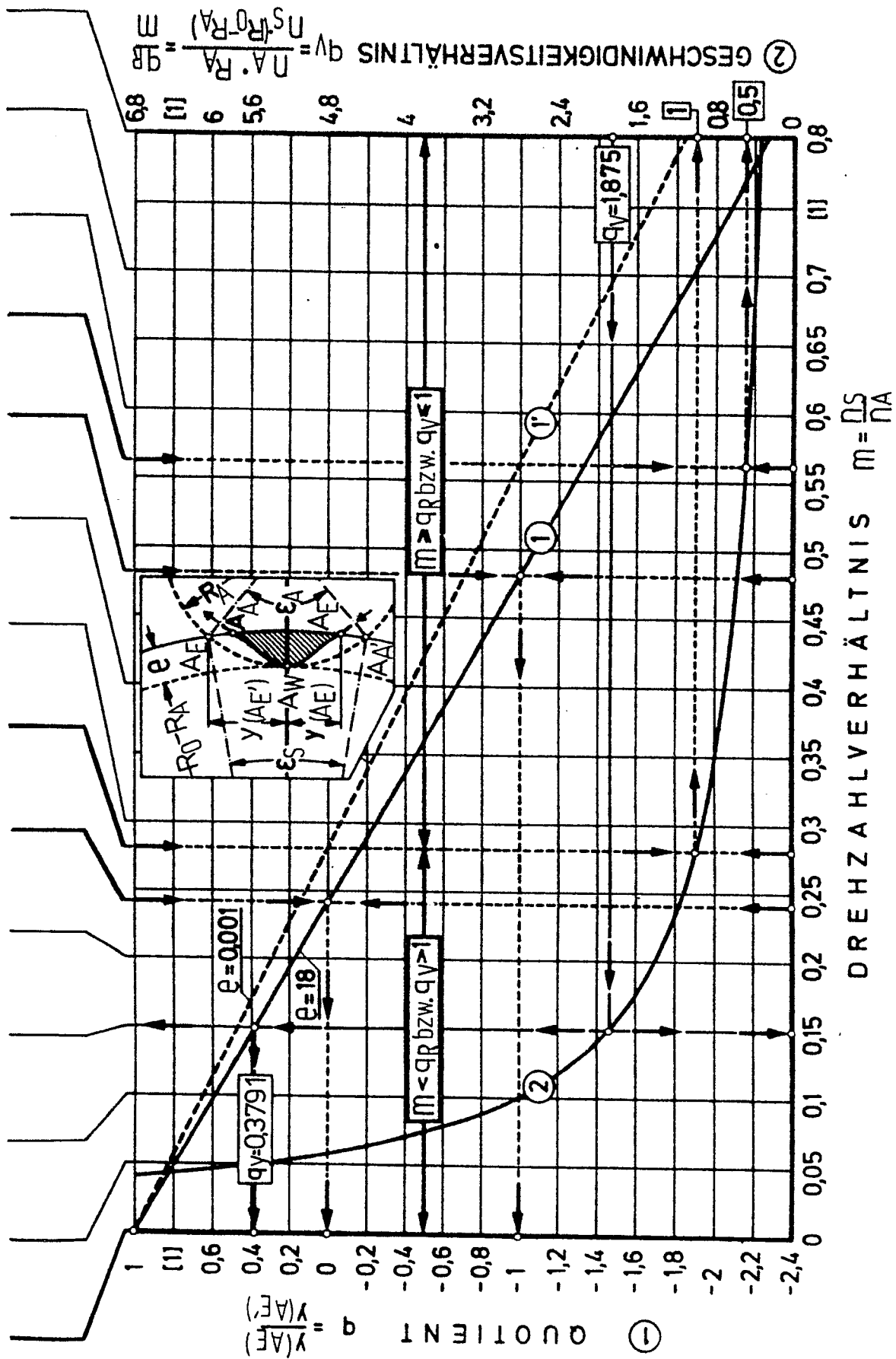


Fig. 9

12/47

0083672

$$n_S = 369$$

$$n_A = 1230$$

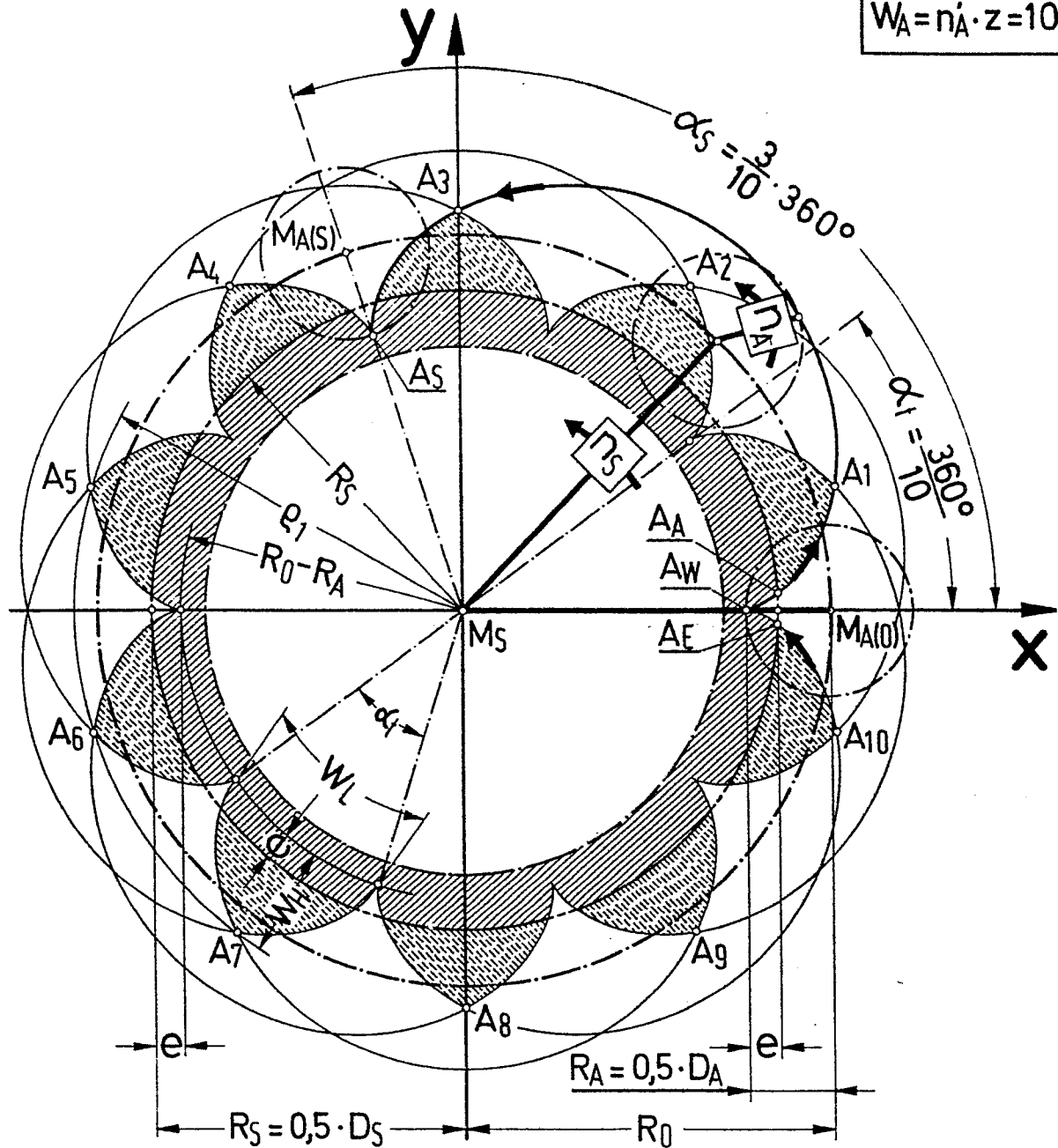
$$ggT = 123$$

$$n'_S = 3$$

$$n'_A = 10$$

$$z = 1$$

$$W_A = n'_A \cdot z = 10$$



$$m = \frac{n_S}{n_A} = \frac{3}{10}$$

$$q_R = \frac{R_A}{R_0 - R_A} = \frac{3}{10}$$

$$m = q_R$$

Fig. 10

13/47

$$n_S = 371$$

$$n_A = 1219$$

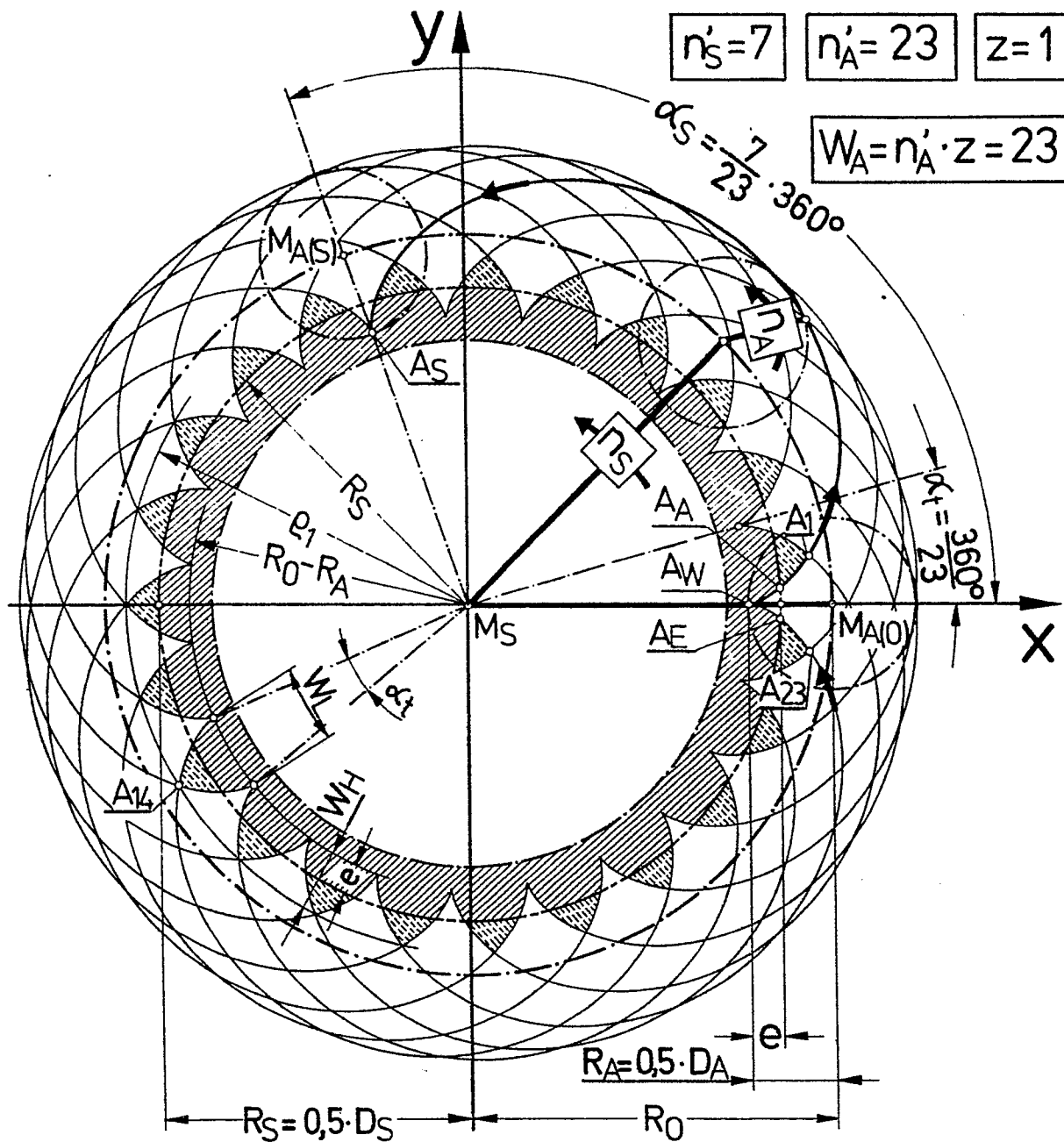
$$ggT = 53$$

$$n'_S = 7$$

$$n'_A = 23$$

$$z = 1$$

$$W_A = n'_A \cdot z = 23$$



$$m = \frac{n_S}{n_A} = \frac{7}{23}$$

$$q_R = \frac{R_A}{R_0 - R_A} = \frac{3}{10}$$

$$m > q_R$$

Fig. 11

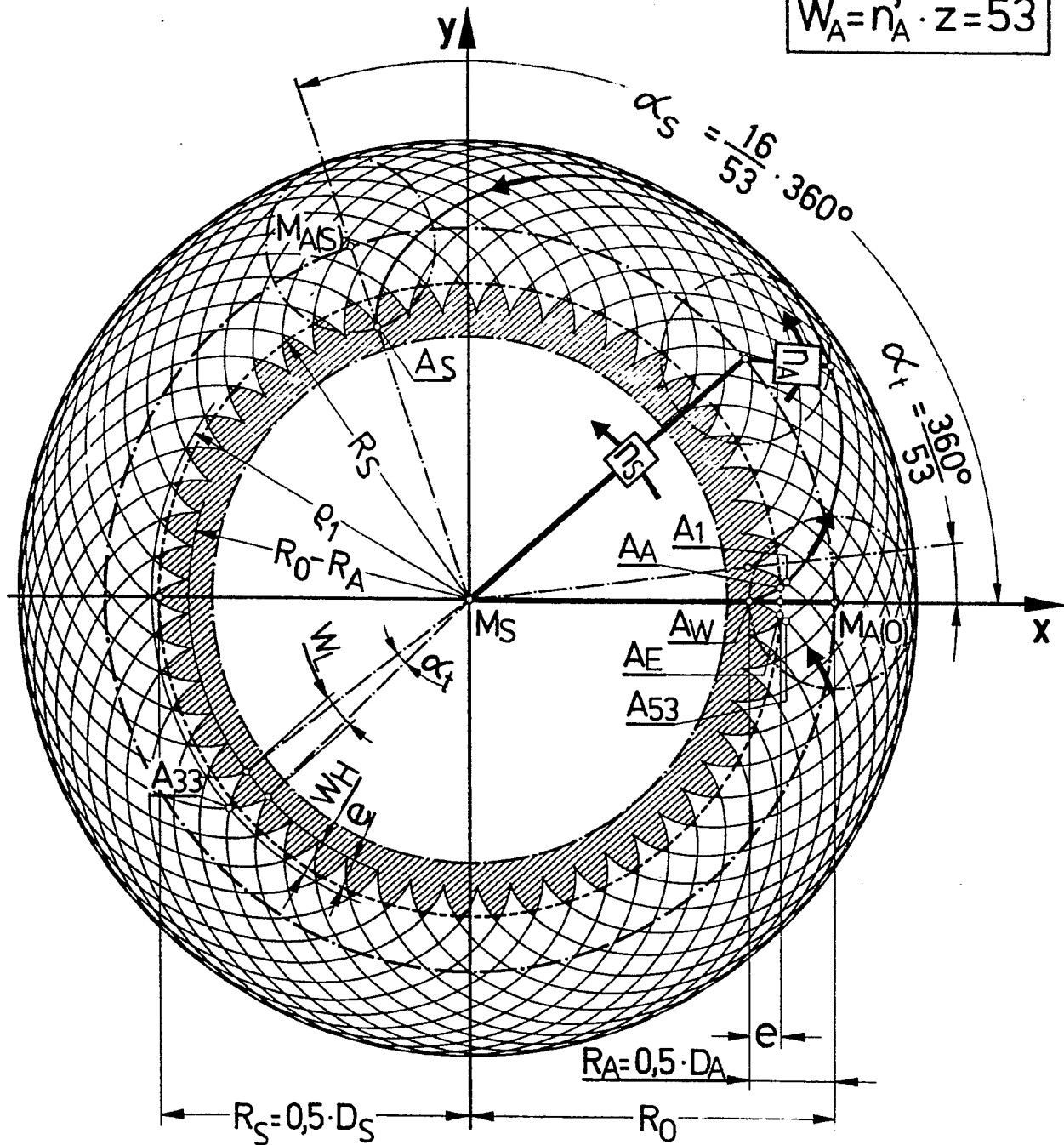
0083672

14/47

$$n_S = 368 \quad n_A = 1219 \quad ggT = 23$$

$$n'_S = 16 \quad n'_A = 53 \quad z = 1$$

$$W_A = n'_A \cdot z = 53$$



$$m = \frac{n_S}{n_A} = \frac{16}{53} \quad q_R = \frac{R_A}{R_0 - R_A} = \frac{3}{10} \quad m > q_R$$

Fig. 12

Fig. 13

16/47

0083672

$$n_s = 369$$

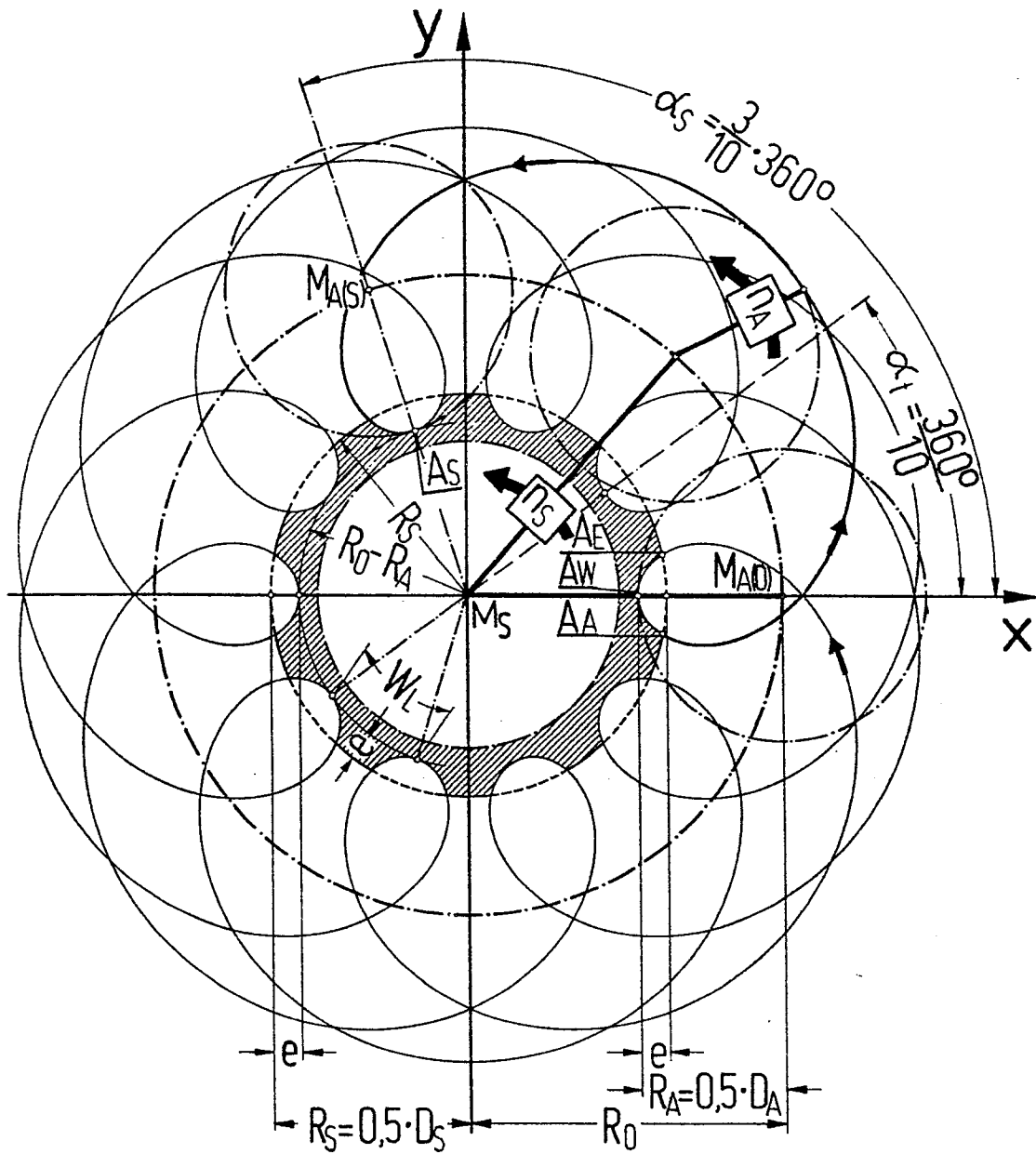
$$n_A = 1230$$

$$ggT = 123$$

$$n'_s = 3$$

$$n'_A = 10$$

$$z = 1$$



$$m = \frac{n_s}{n_A} = \frac{3}{10}$$

$$q_R = \frac{R_A}{R_0 - R_A} = \frac{63}{74}$$

$$m < q_R$$

Fig. 14

17/47

0083672

$$n_S = 371$$

$$n_A = 1219$$

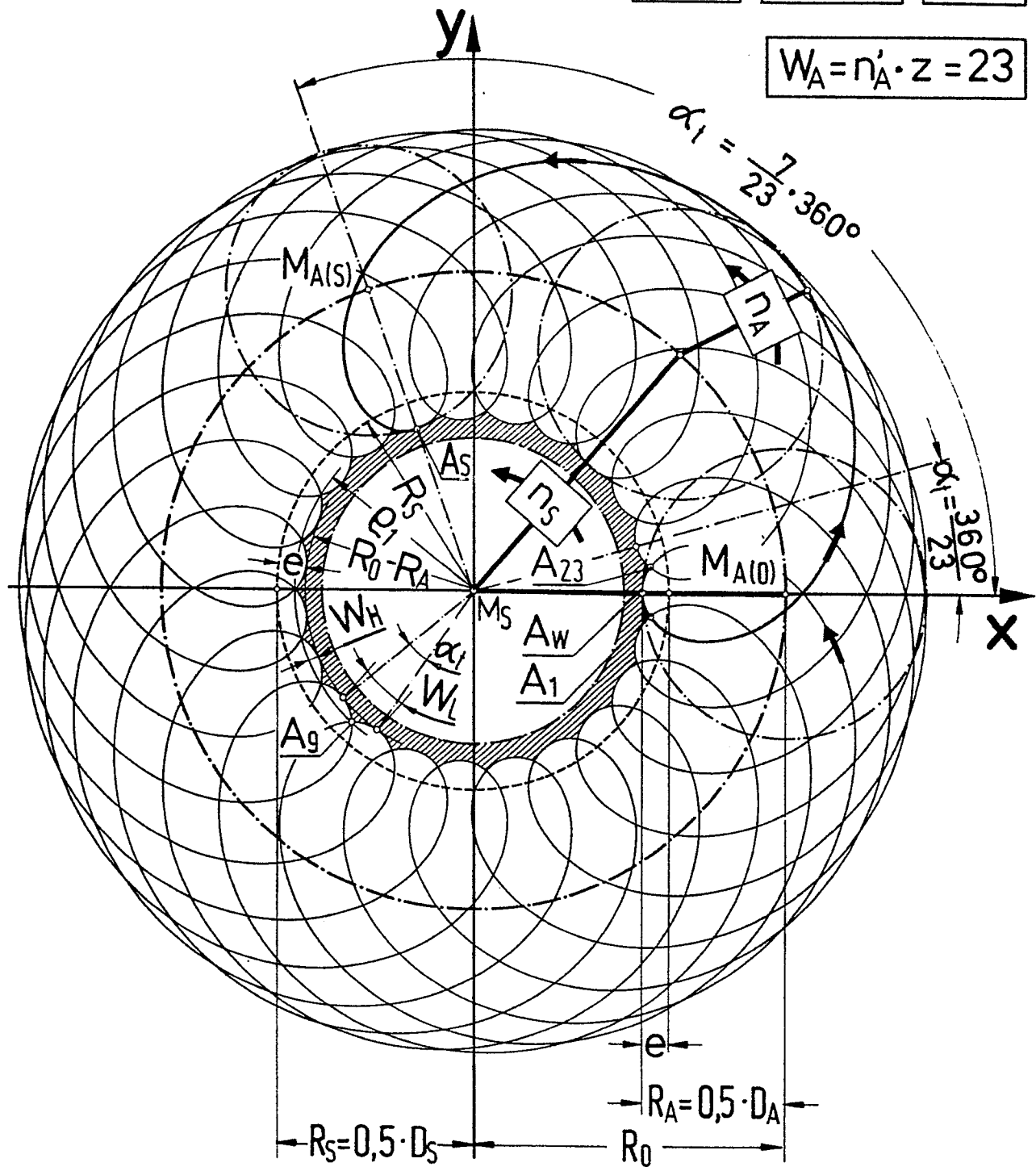
$$ggT = 53$$

$$n'_S = 7$$

$$n'_A = 23$$

$$z = 1$$

$$W_A = n'_A \cdot z = 23$$



$$m = \frac{n_S}{n_A} = \frac{7}{23}$$

$$q_R = \frac{R_A}{R_0 - R_A} = \frac{63}{74}$$

$$m < q_R$$

Fig. 15

18/47

0088672

$$n_S = 368$$

$$n_A = 1214$$

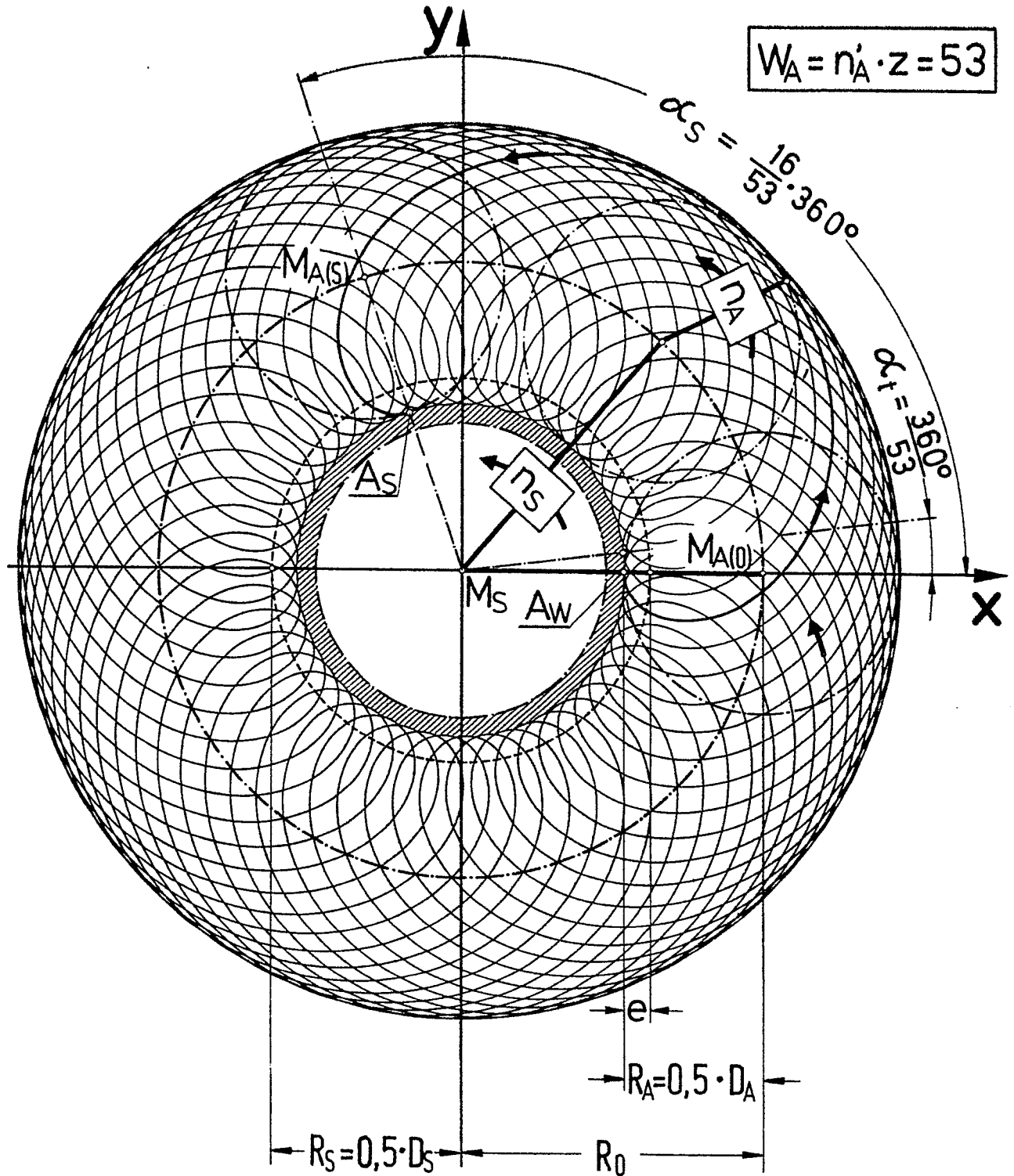
$$ggT = 23$$

$$n'_S = 16$$

$$n'_A = 53$$

$$z = 1$$

$$W_A = n'_A \cdot z = 53$$



$$m = \frac{n_S}{n_A} = \frac{16}{53}$$

$$q_R = \frac{R_A}{R_0 R_A} = \frac{63}{74}$$

$$m < q_R$$

Fig. 16

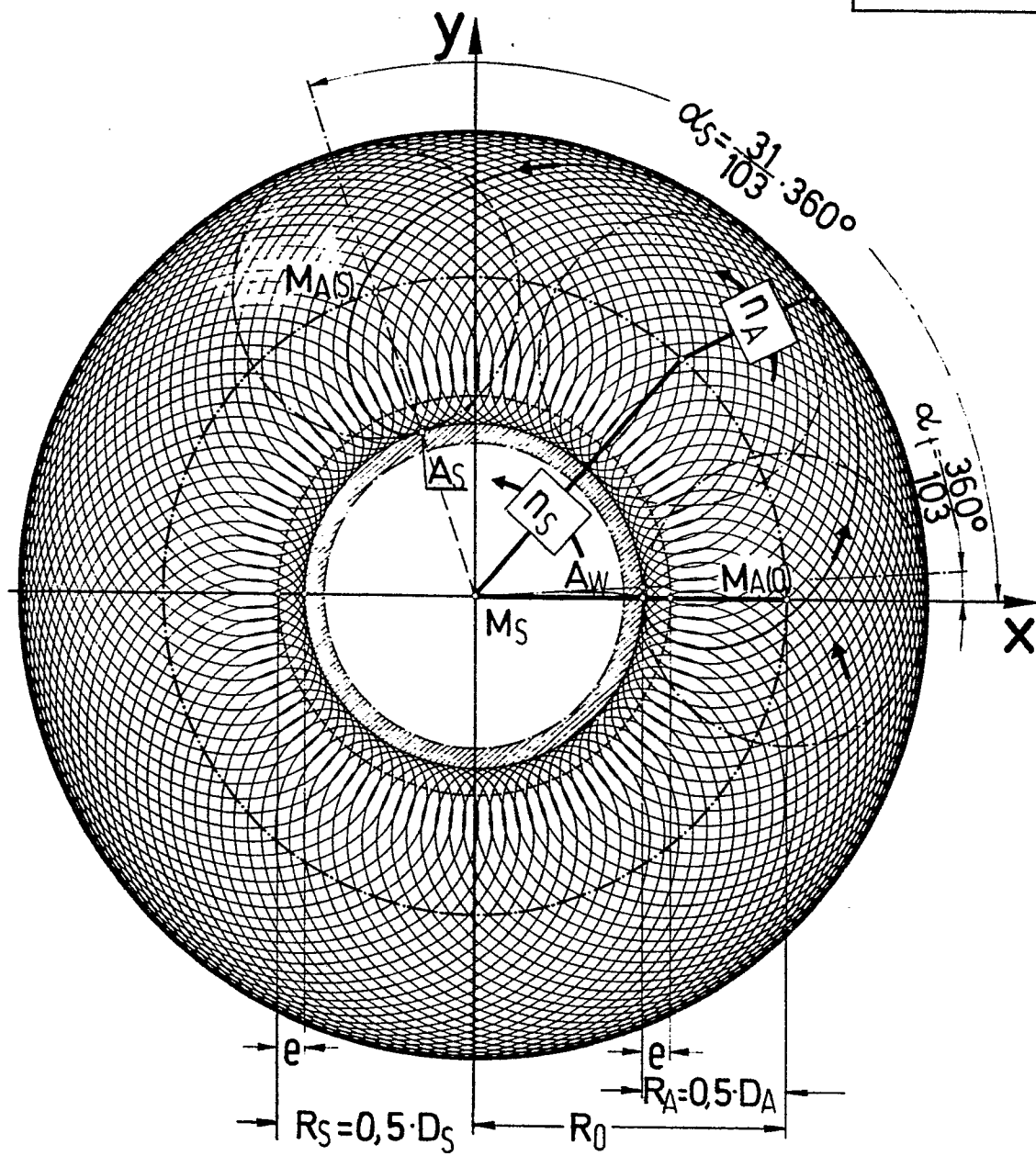
0083672

19/47

$$\boxed{n_S = 372} \quad \boxed{n_A = 1236} \quad \boxed{ggT = 12}$$

$$\boxed{n'_S = 31} \quad \boxed{n'_A = 103} \quad \boxed{Z = 1}$$

$$\boxed{W_A = n'_A \cdot Z = 103}$$



$$\boxed{m = \frac{n_S}{n_A} = \frac{31}{103}} \quad \boxed{q_R = \frac{R_A}{R_0 - R_A} = \frac{63}{74}} \quad \boxed{m < q_R}$$

Fig. 17

$$n_s = 396$$

$$n_A = 1320$$

$$ggT = 132$$

$$n'_s = 3$$

$$n'_A = 10$$

$$m = \frac{n_s}{n_A} = \frac{3}{10}$$

$$q_R = \frac{R_A}{R_0 - R_A} = \frac{9}{32}$$

$$m > q_R$$

$$q_v = \frac{q_R}{m} < 1$$

$$Z = 11$$

$$W_A = n'_A \cdot Z = 110$$

$$\alpha_t = \frac{360^\circ}{W_A} = \frac{36^\circ}{11}$$

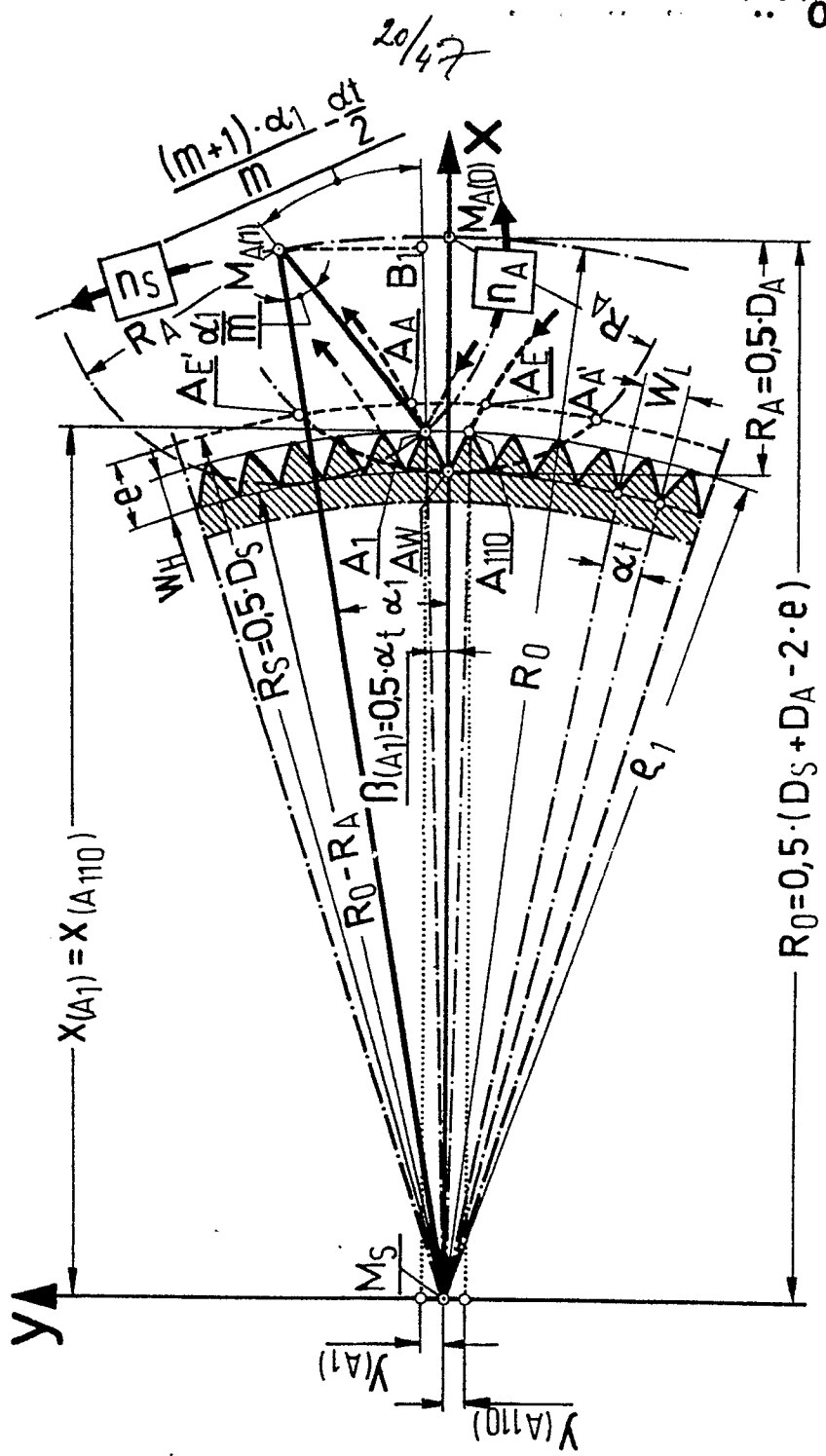


Fig. 18

2/1/47

0083672

$$n_S = 396$$

$$n_A = 1320$$

$$ggT = 132$$

$$n'_S = 3$$

$$n'_A = 10$$

$$m = \frac{n_S}{n_A} = \frac{3}{10}$$

$$q_R = \frac{R_A}{R_0 - R_A} = \frac{63}{74}$$

$$m < q_R$$

$$q_V = \frac{q_R}{m} > 1$$

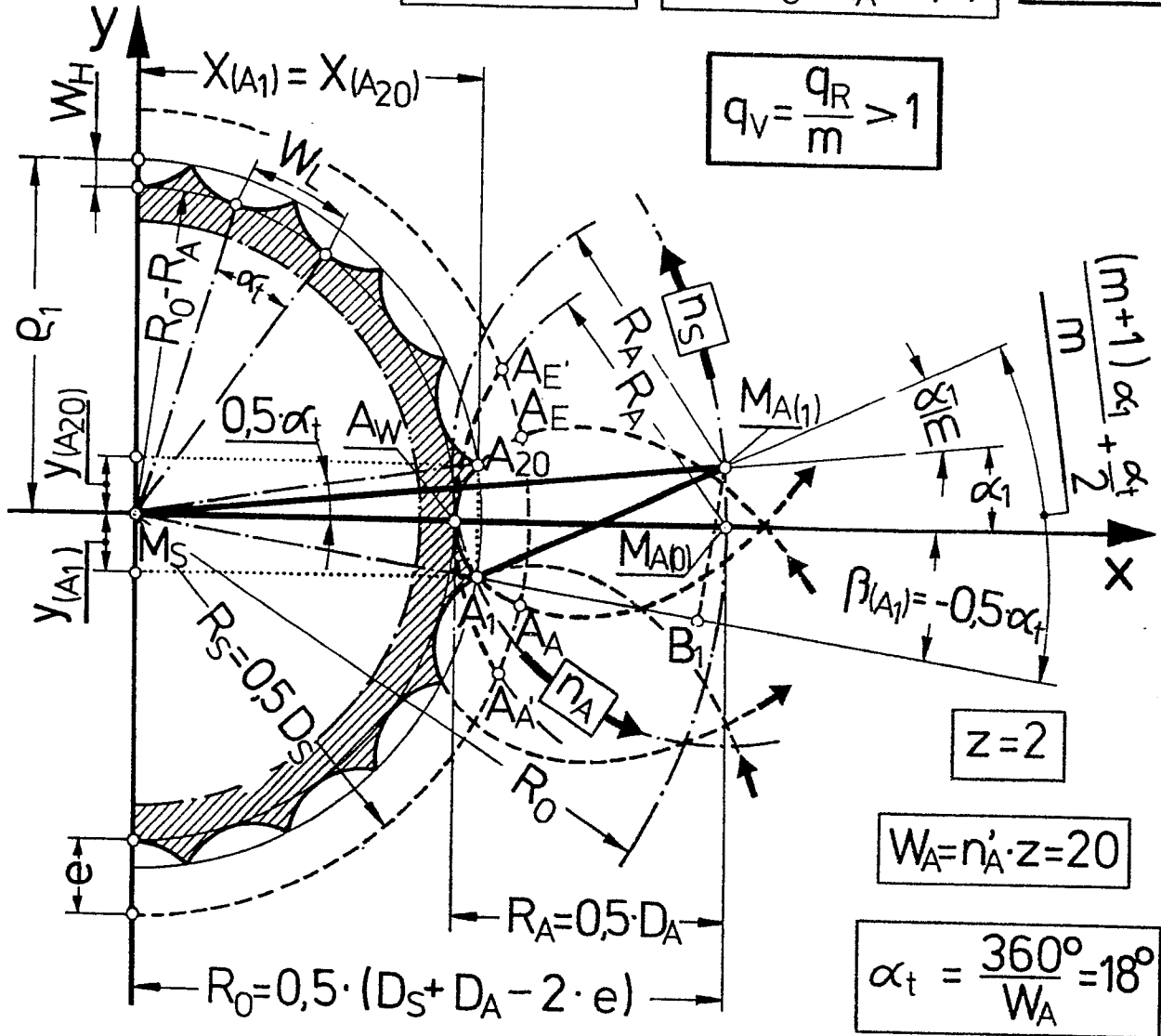


Fig. 19

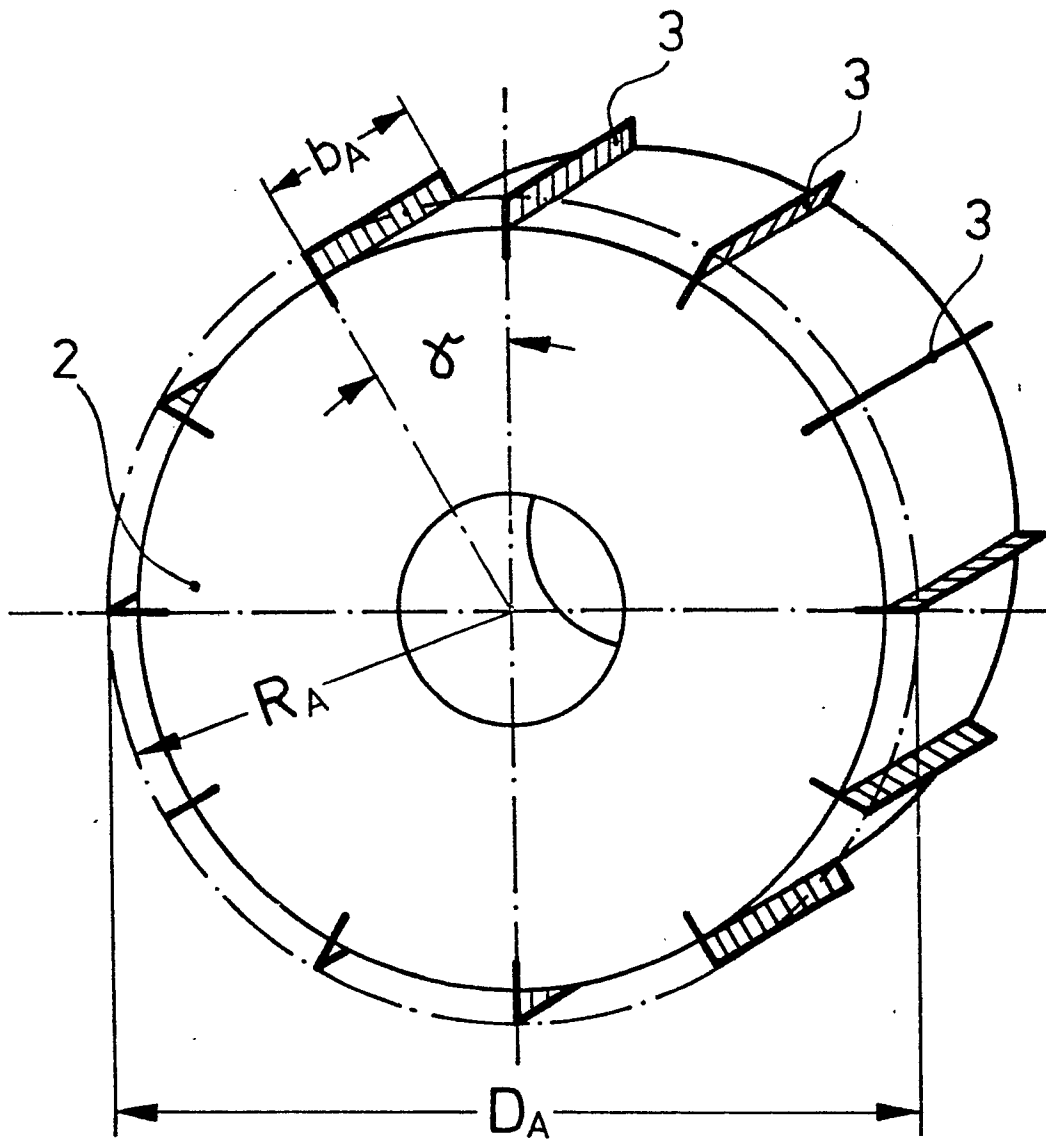


Fig. 20

23/47

0083672

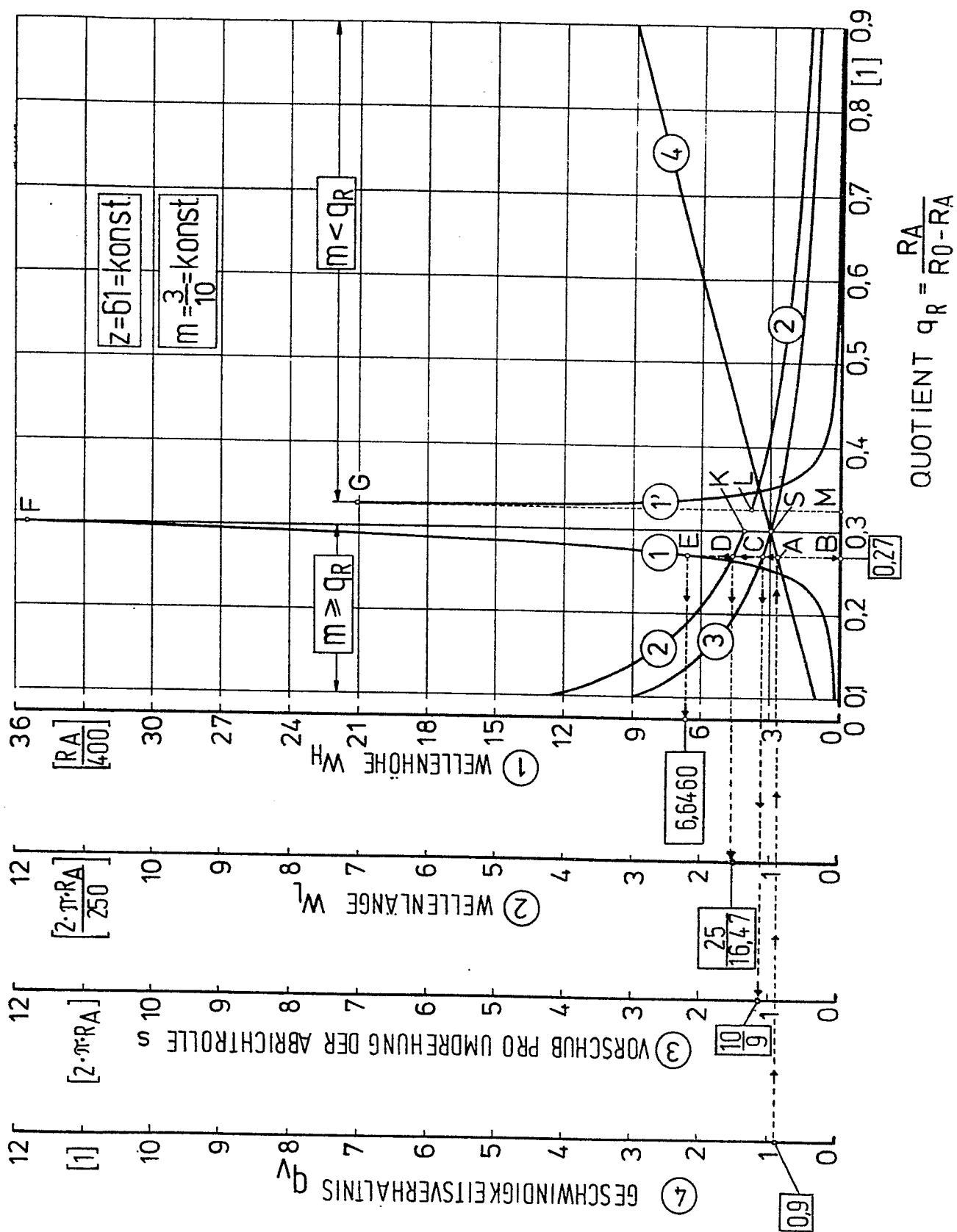


Fig. 21

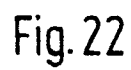


Fig. 22

25/47

0083672

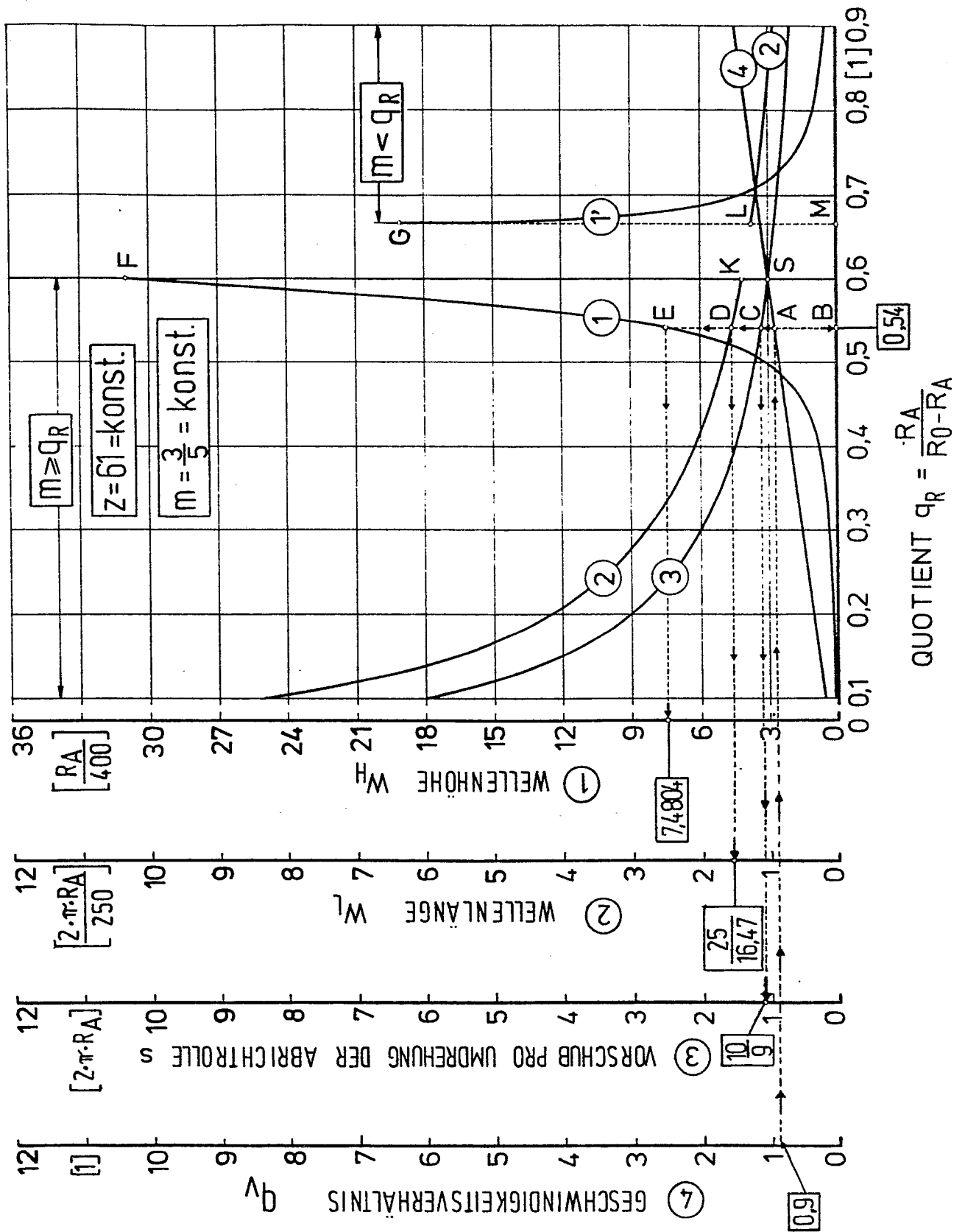


Fig. 23

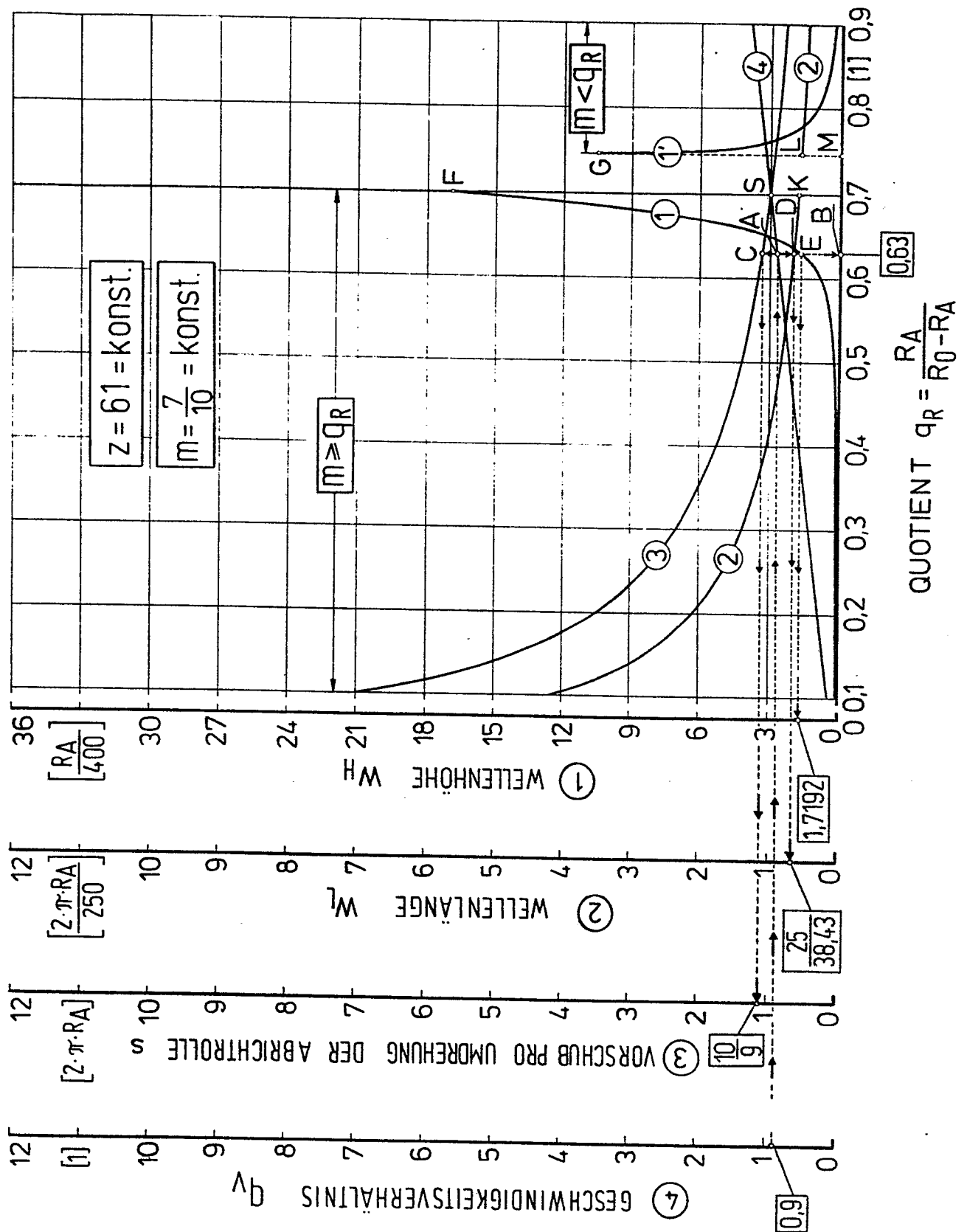


Fig. 24

27/47

0083672

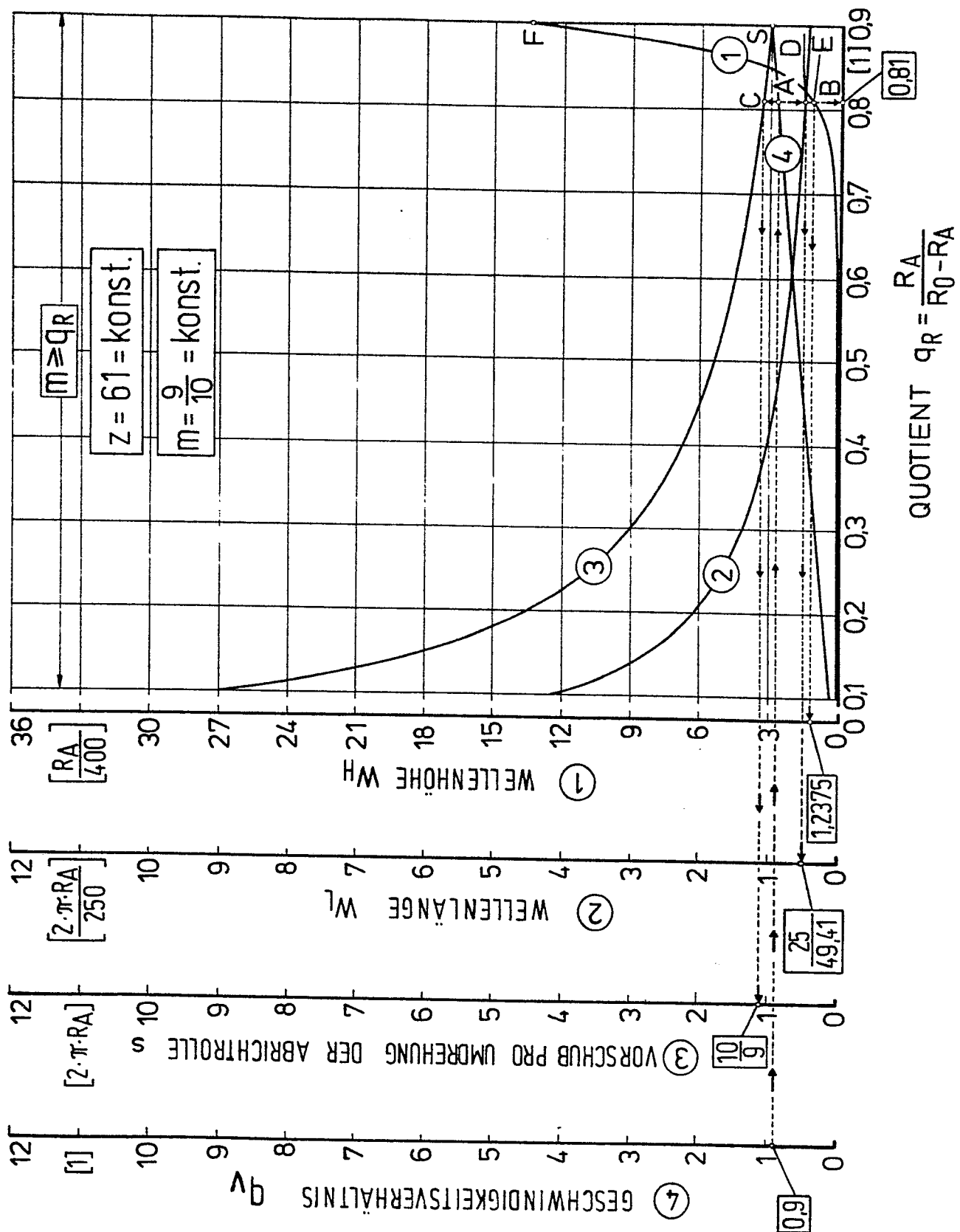


Fig. 25

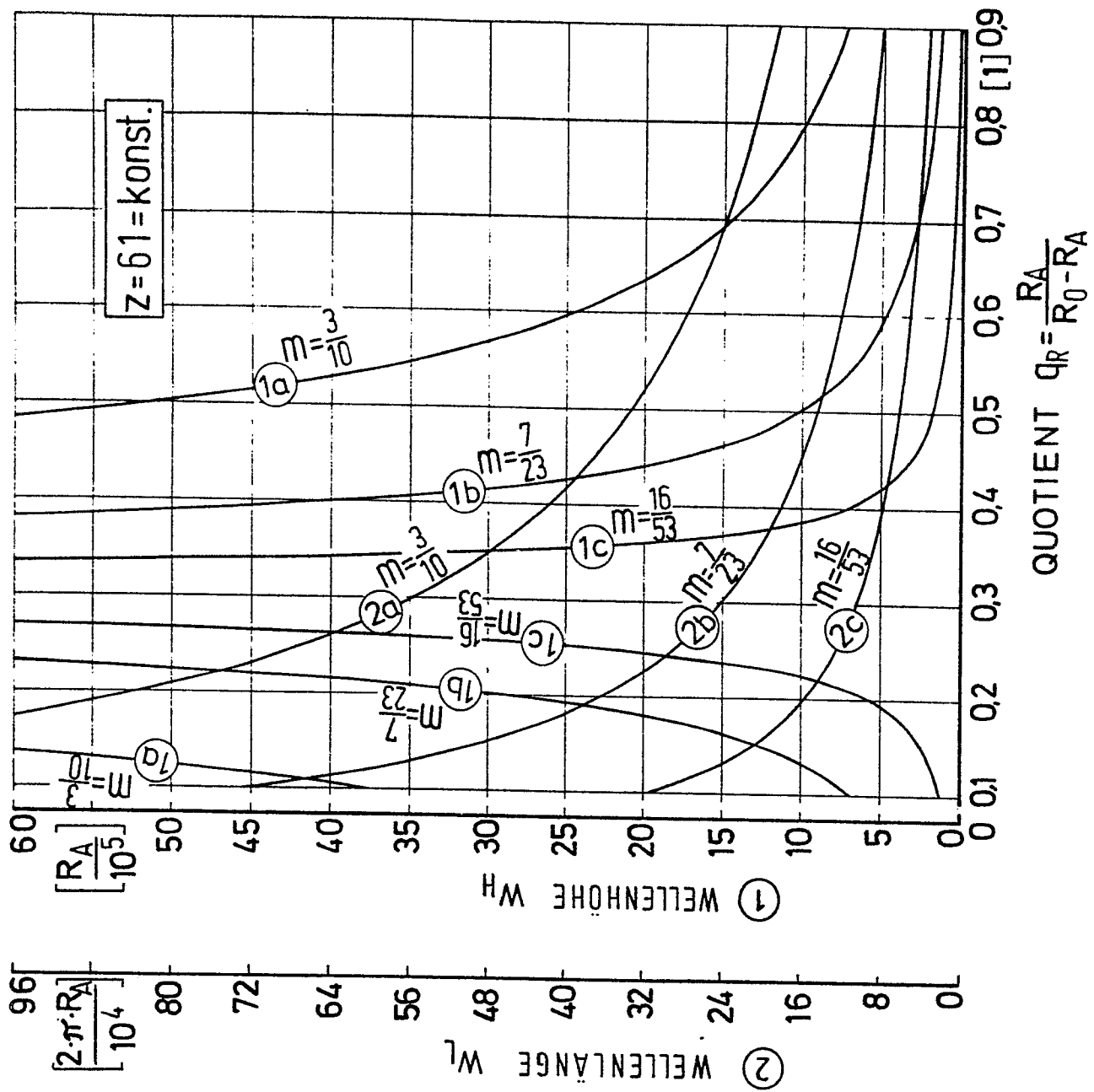


Fig. 26

29/47

0083672

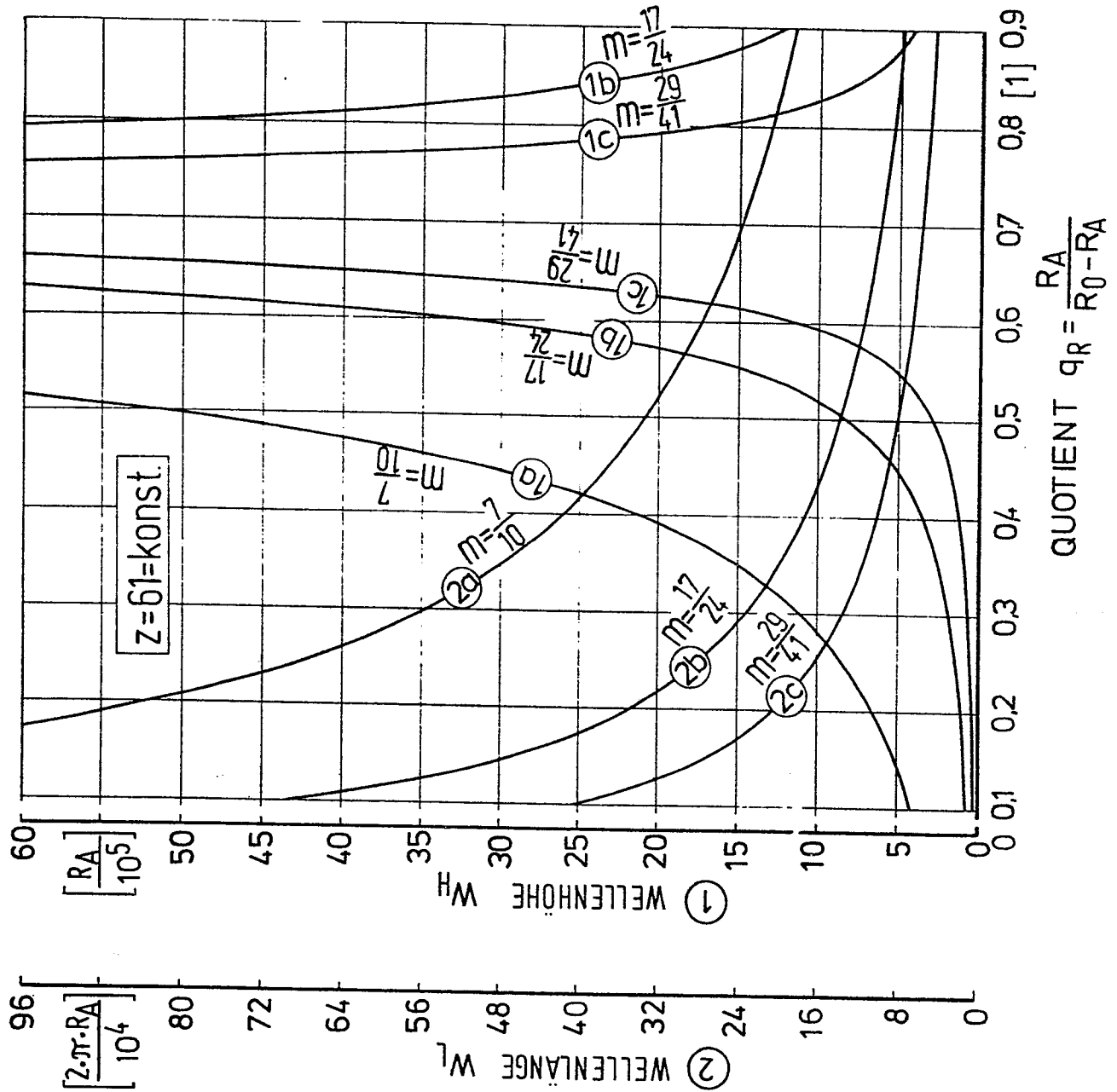


Fig 27

30/47

0083672

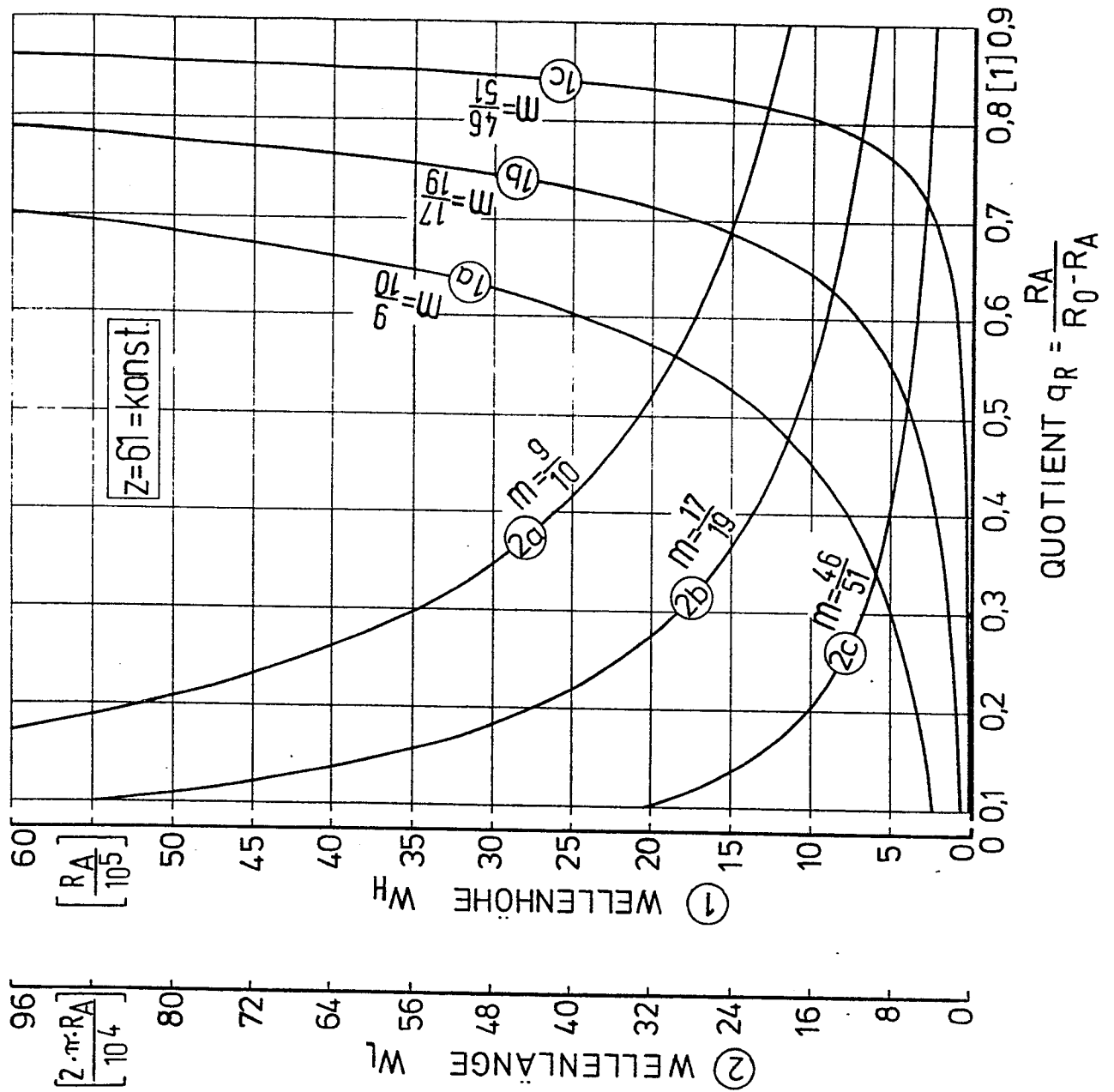


Fig. 28

31/47

0083672

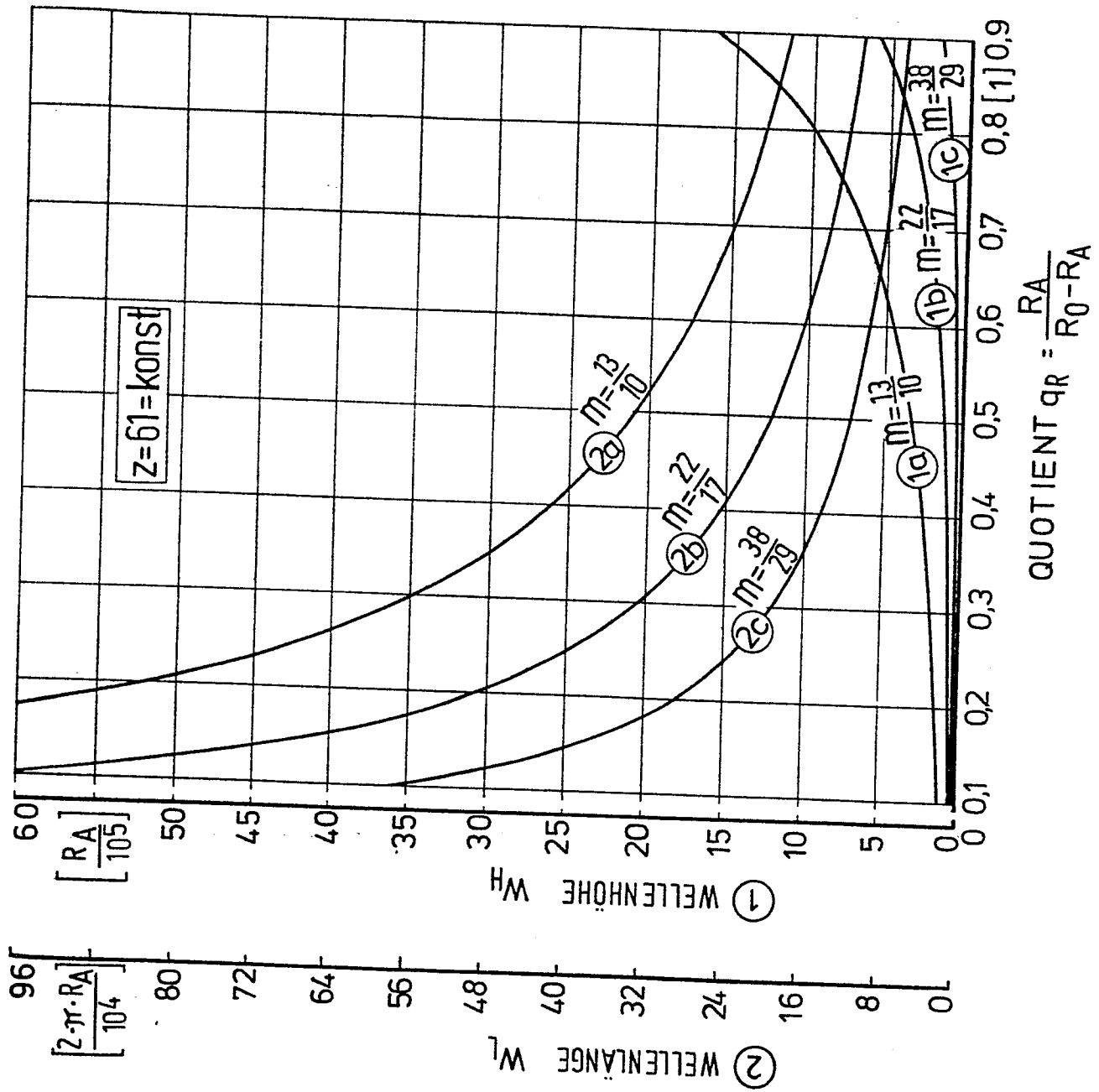


Fig. 29



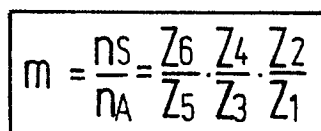
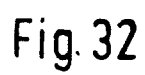
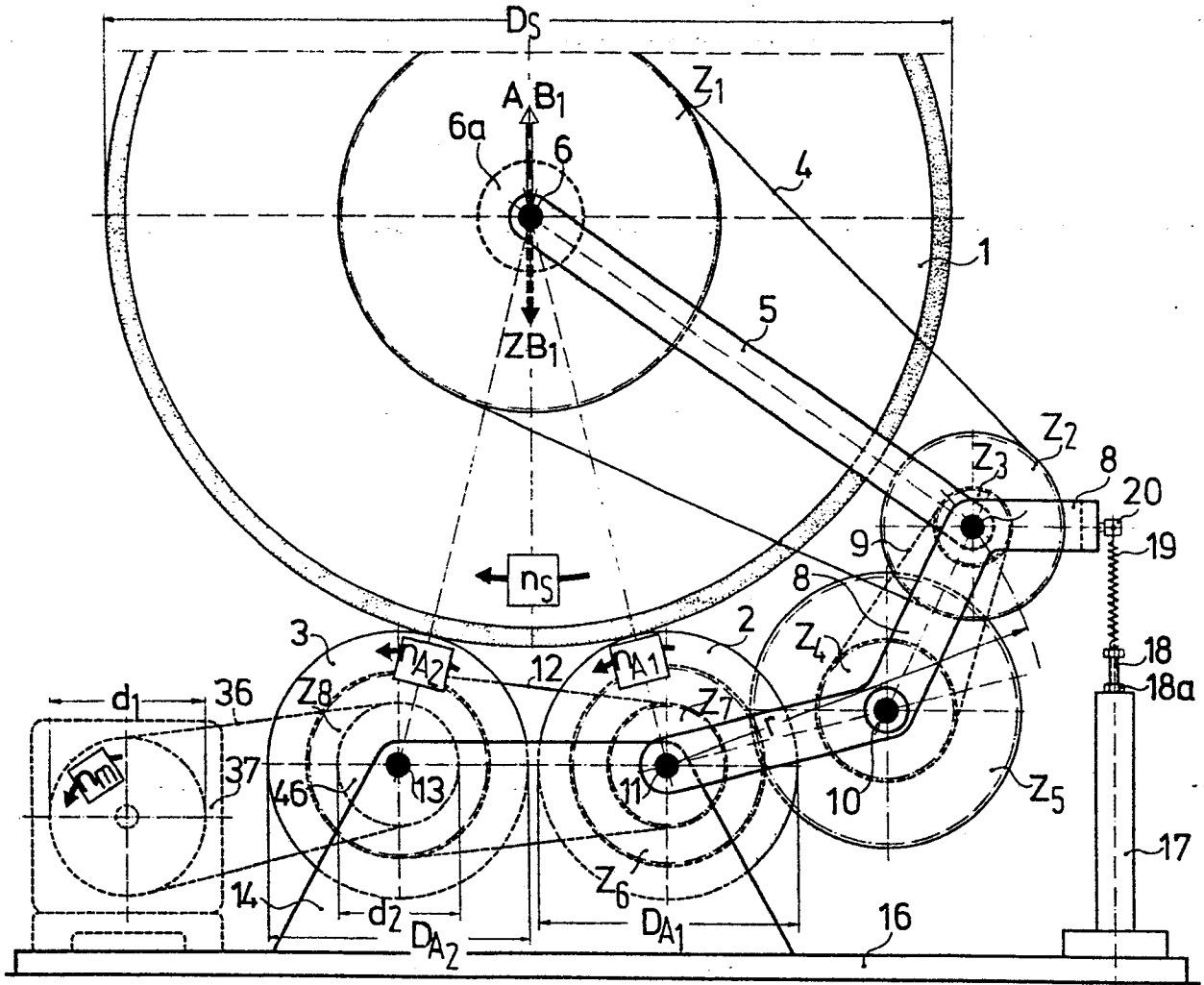


Fig. 31



35/4.7

0083672



$$m_1 = \frac{n_S}{n_{A1}} = \frac{Z_6 \cdot Z_4 \cdot Z_2}{Z_5 \cdot Z_3 \cdot Z_1}$$

$$m_2 = \frac{n_S}{n_{A2}} = \frac{Z_8 \cdot Z_6 \cdot Z_4 \cdot Z_2}{Z_7 \cdot Z_5 \cdot Z_3 \cdot Z_1}$$

Fig. 33

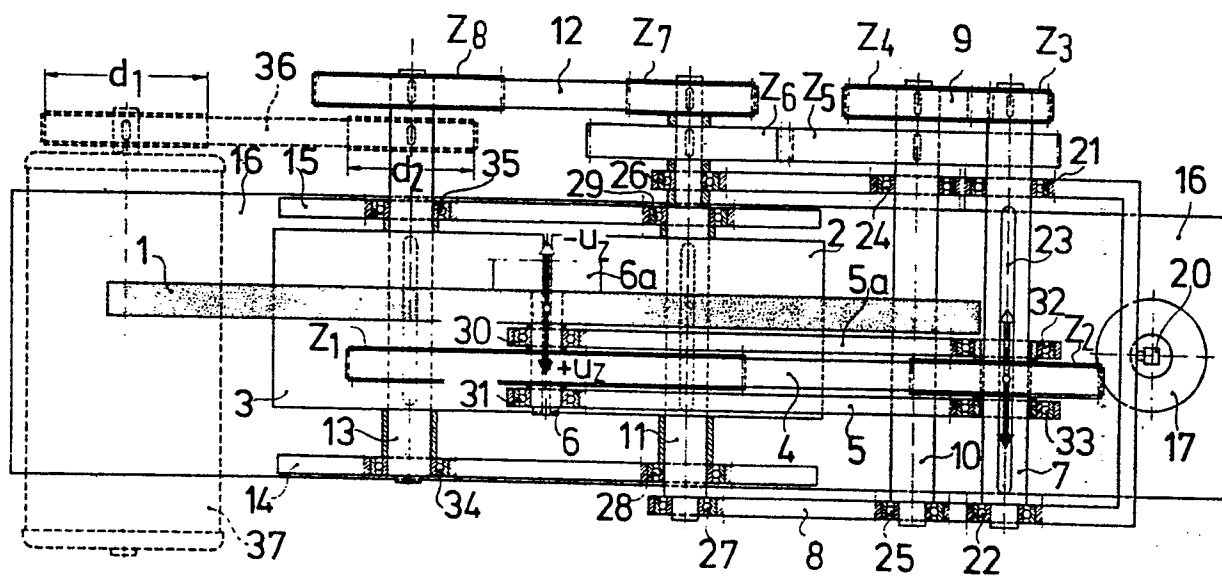
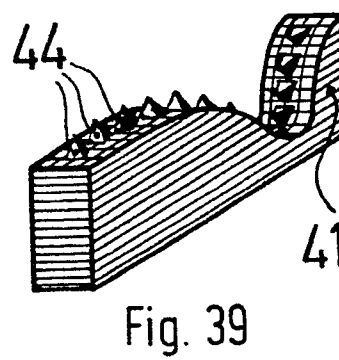
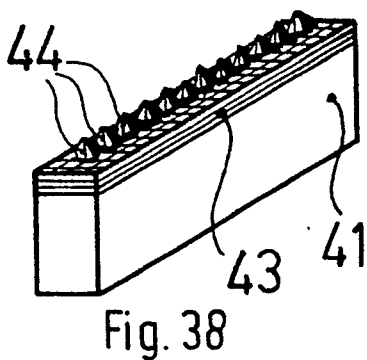
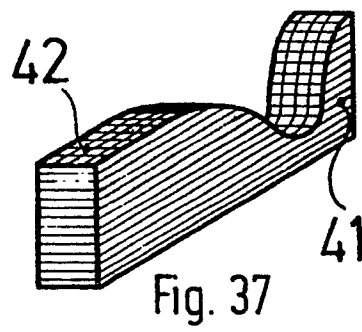
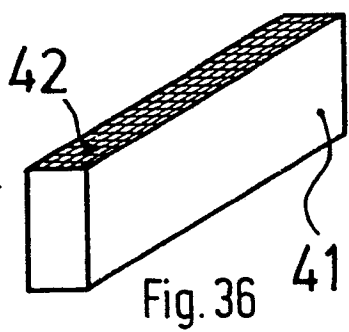
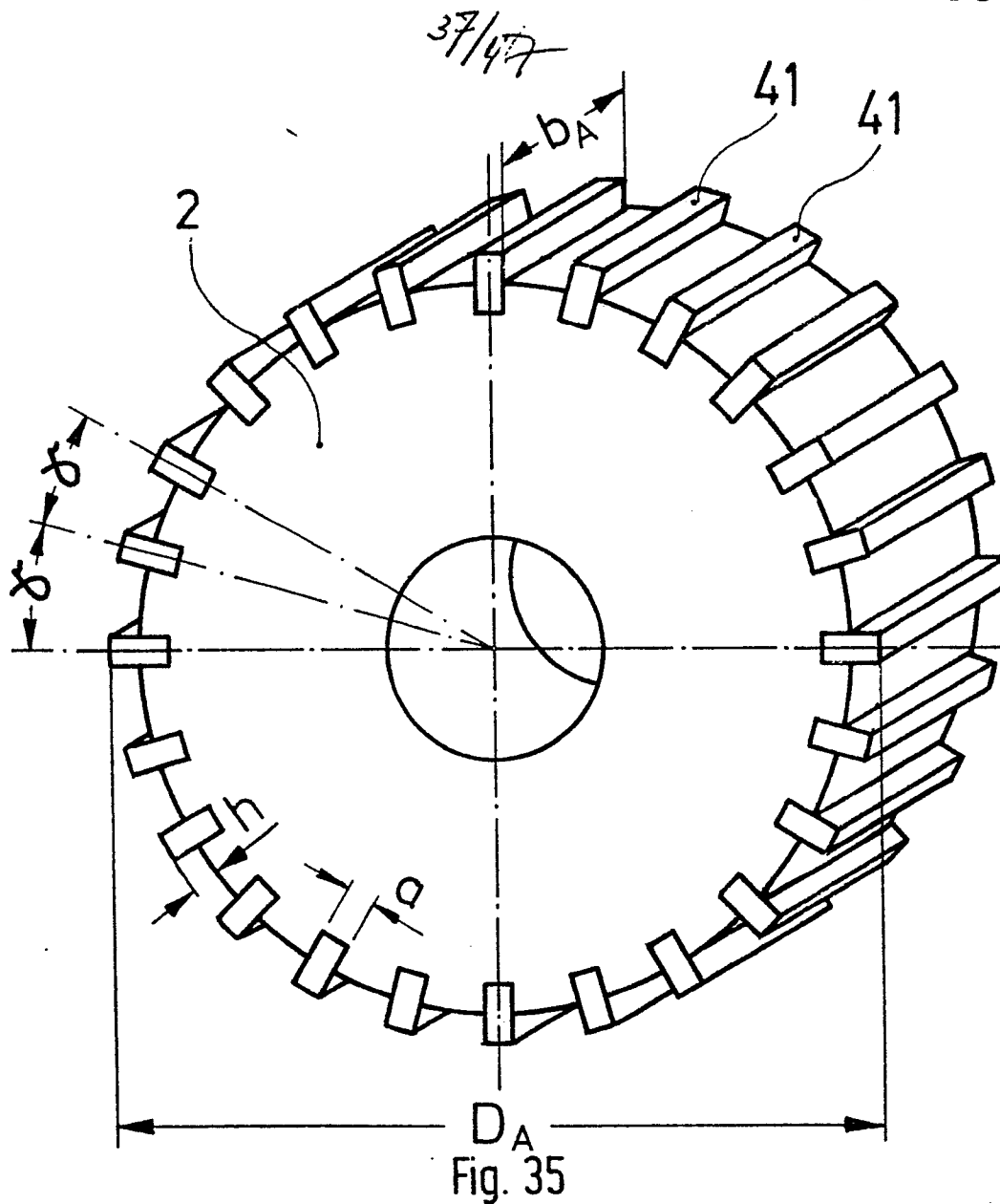


Fig. 34



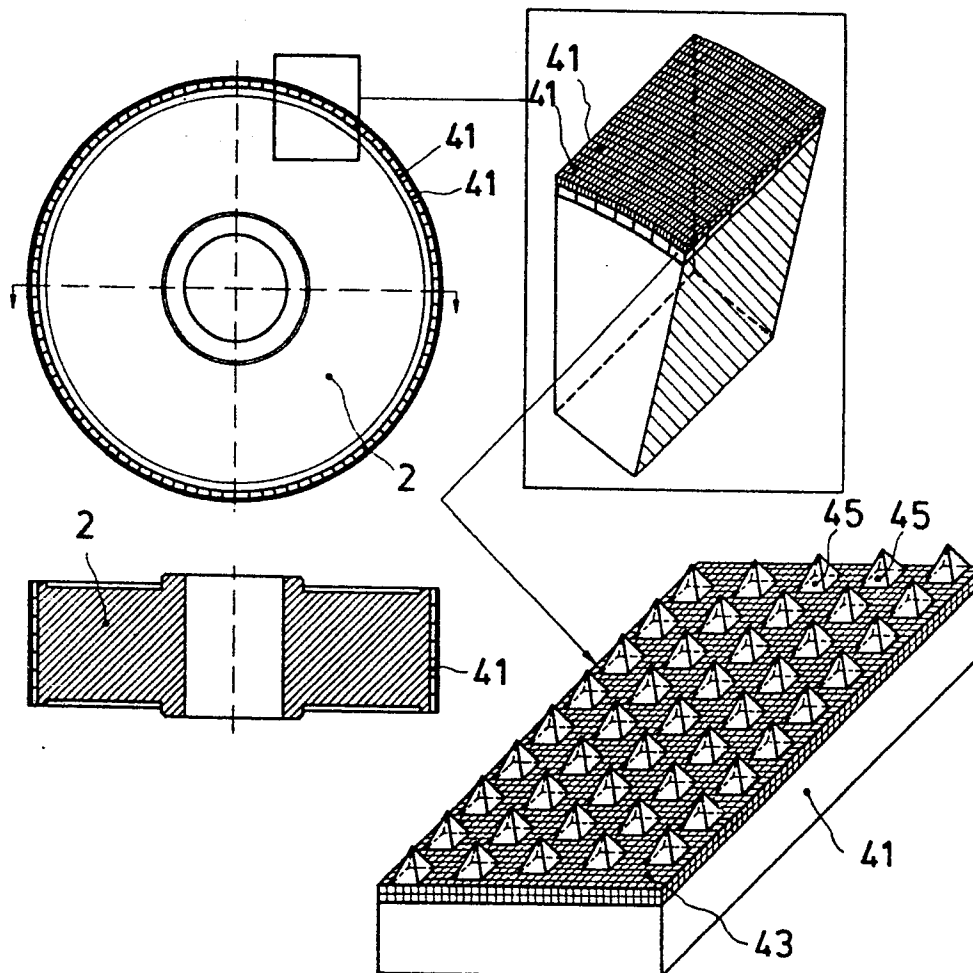
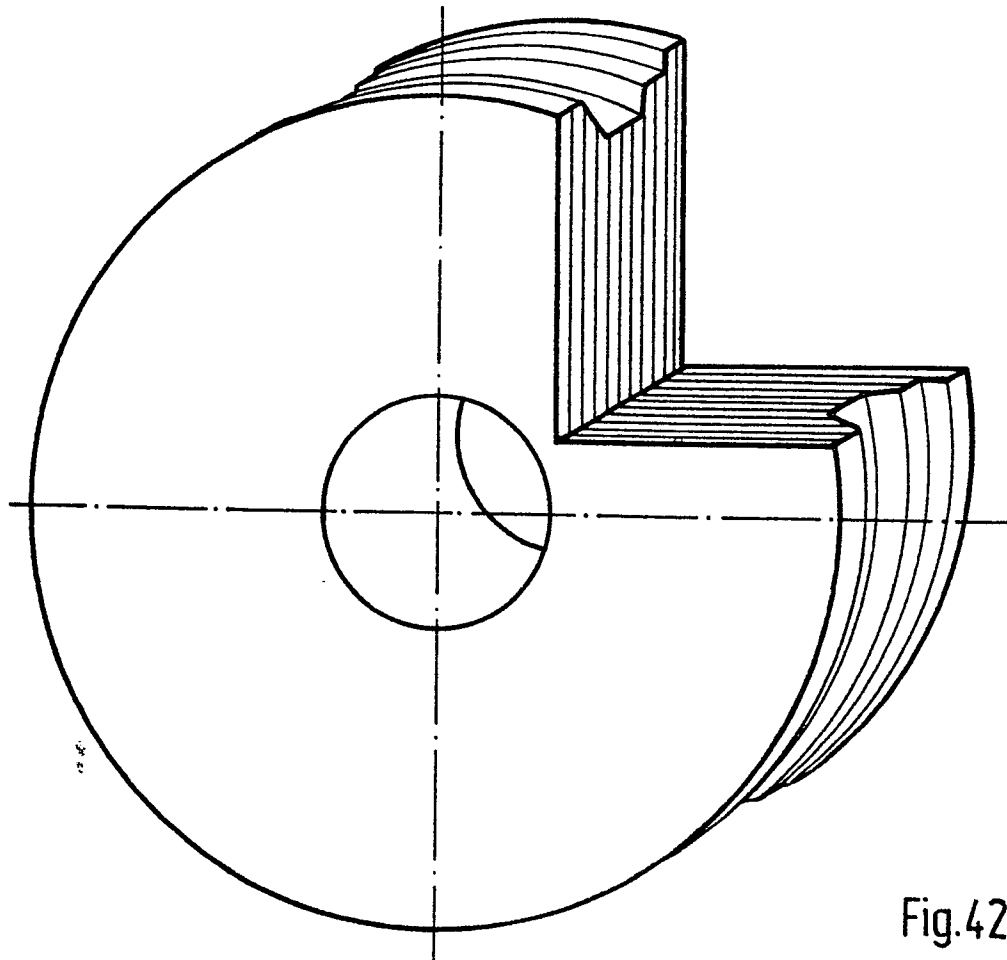
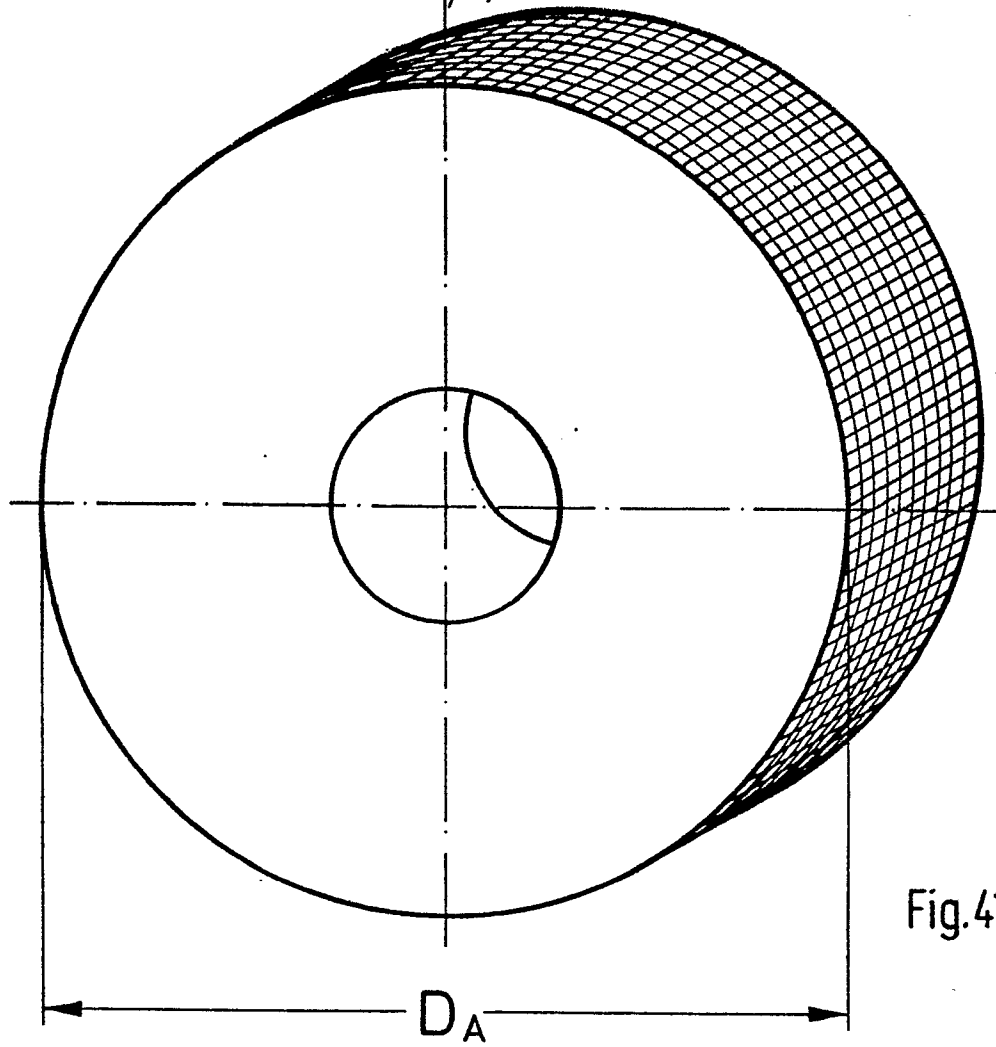


Fig. 40

39/47

0083672



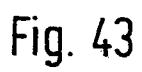


Fig. 43

42/47

0083672

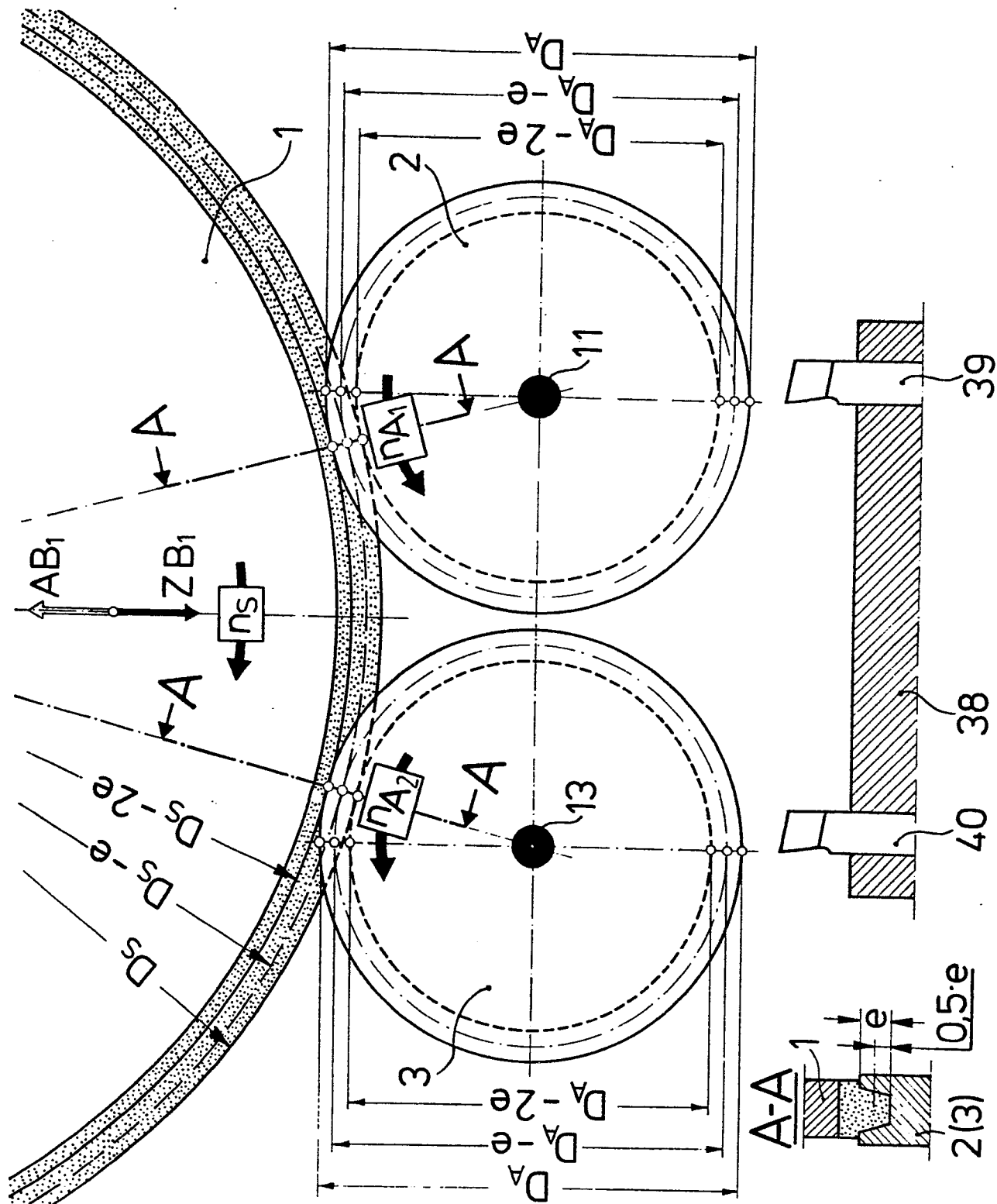


Fig. 45

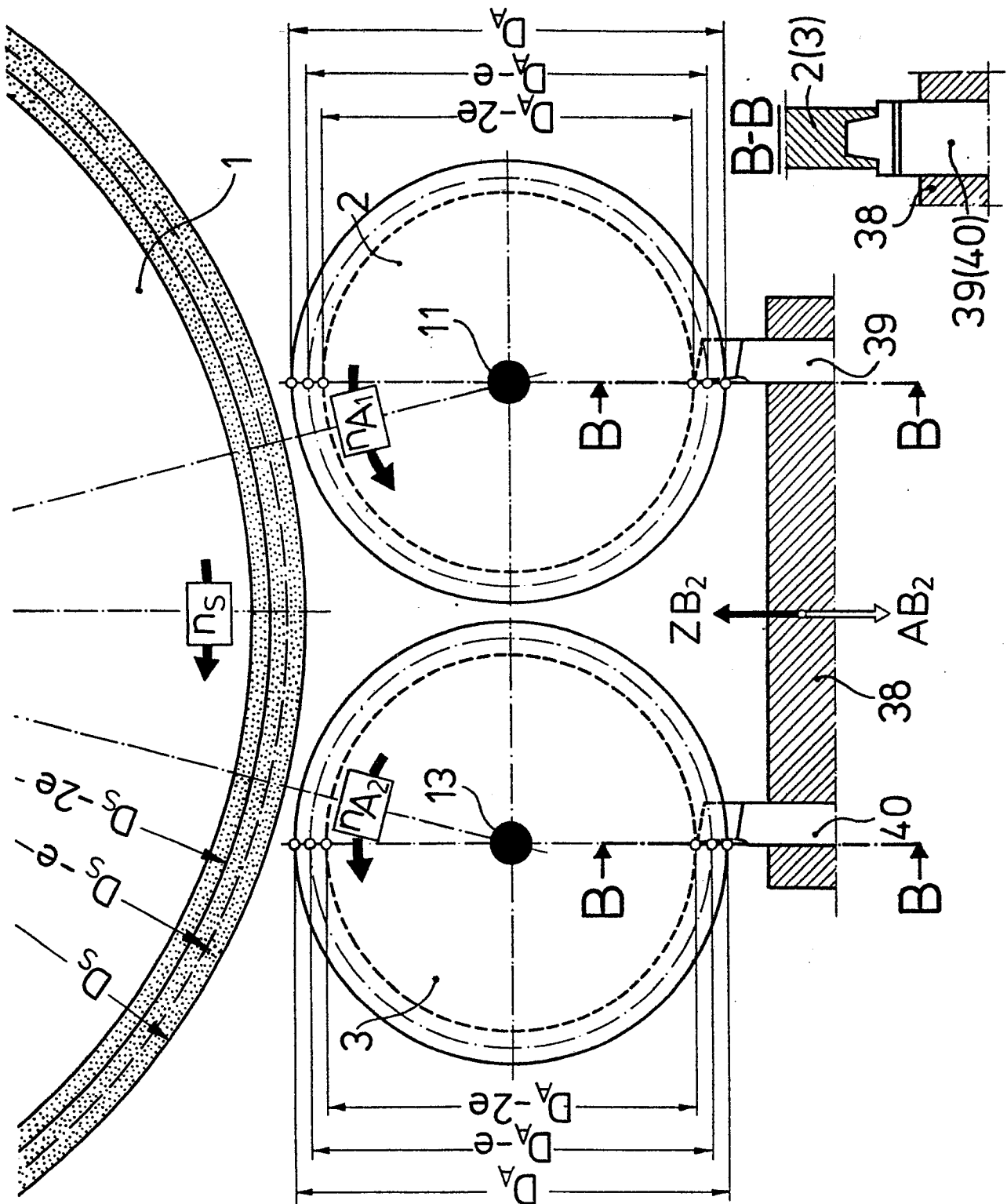


Fig. 46

44/47

0083672

Tabelle 1		FALL 1	FALL 2
		$R_A = 45 \text{ mm}, \quad q_R = 9:32, \quad e = 0,015 \text{ mm}$	
		$m = 21:137$	$m = 7:23$
w [mm]		2,05305	
w_e [mm]		0,98685	0,23889
q_w [1]		0,48067	0,11635
$y_{(A_E')}$ [mm]		1,02643	
$y_{(A_E)}$ [mm]		0,46692	-0,08449
q_y [1]		0,45489	-0,08231

Fig. 47

Tabelle 2

FALL 1		FALL 2	
$R_A = 31,5 \text{ mm}, R_0 = 136,5 \text{ mm}, e = 12 \text{ mm}$		$R_A = 63 \text{ mm}, R_0 = 137 \text{ mm}, e = 12 \text{ mm}$	
$Q_R = 3 : 10$		$Q_R = 63 : 74$	
Fall 1a	Fall 1b	Fall 2a	Fall 2b
Fig. 10	Fig. 11	Fig. 14	Fig. 15
$n_S [1/\text{min}]$	369	371	368
$n_A [1/\text{min}]$	1230	1219	1236
$ggT [1/\text{min}]$	123	53	23
$n'_S [1]$	3	7	16
$n'_A [1]$	10	23	53
$m [1]$	3:10	7:23	16:53
$m = Q_R$	$m > Q_R$	$m < Q_R$	
GESTRECKTE EPIZYKLOIDE		VERSCHLUNGENE EPIZYKLOIDE	

Tabelle 3

n_s [1/min]	369															
n_A [1/min]	1230															
ggT [1/min]	123															
m [1]	3:10															
Z [1]	1	2	4	5	7	8	10	11	13	14	16					
q_A [1]	$\frac{1}{3}$	$\frac{2}{3}$	$\frac{4}{3}$	$\frac{5}{3}$	$\frac{7}{3}$	$\frac{8}{3}$	$\frac{10}{3}$	$\frac{11}{3}$	$\frac{13}{3}$	$\frac{14}{3}$	$\frac{16}{3}$					
n'_s [1]	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3					
n'_A [1]	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10					
t_A [s]	$\frac{60}{123}$	$\frac{60}{123}$	$\frac{60}{123}$	$\frac{60}{123}$	$\frac{60}{123}$	$\frac{60}{123}$	$\frac{60}{123}$	$\frac{60}{123}$	$\frac{60}{123}$	$\frac{60}{123}$	$\frac{60}{123}$					
Z' [1]	3	6	9	12	15	18	21	24	27	30	33	36	39	42	45	48
q_A [1]	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
n'_s [1]	1															
n'_A [1]	$\frac{10}{3}$															
t_A [s]	$\frac{20}{123}$															
W_A [1]	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160
α_t [°]	36	18	12	9	7,2	6	$\frac{36}{7}$	4,5	4	3,6	$\frac{36}{11}$	3	$\frac{36}{13}$	$\frac{18}{7}$	2,4	$\frac{9}{4}$

Fig. 49

0083672

4/4/94

47/47

0083672

Tabelle 4

$n_S [1/min]$	369	371	368	372	366	363	369
$n_A [1/min]$	1230	1219	1219	1236	1218	1209	1229
$ggT [1/min]$	123	53	23	12	6	3	1
$m [1]$	3:10	7:23	16:53	31:103	61:203	121:403	369:1229
$Z [1]$	1	5	1	5	1	5	1
$q_A [1]$	$\frac{1}{3}$	$\frac{5}{3}$	$\frac{1}{16}$	$\frac{5}{16}$	$\frac{1}{61}$	$\frac{5}{121}$	$\frac{5}{369}$
$n'_S [1]$	3	7	16	31	61	121	369
$n'_A [1]$	10	23	53	103	203	403	1229
$t_A [s]$	$\frac{60}{123}$	$\frac{60}{53}$	$\frac{60}{23}$	5	10	20	60
$Z' [1]$	3	15	16	80	61	305	121
$q_A [1]$	1	5	1	5	1	5	1
$n'_S [1]$	1						
$n'_A [1]$	$\frac{10}{3}$	$\frac{23}{7}$	$\frac{53}{16}$	$\frac{103}{31}$	$\frac{203}{61}$	$\frac{403}{121}$	$\frac{1229}{369}$
$t_A [s]$	$\frac{20}{123}$	$\frac{60}{371}$	$\frac{15}{92}$	$\frac{5}{31}$	$\frac{10}{61}$	$\frac{20}{121}$	$\frac{20}{123}$
$W_A [1]$	10	50	23	115	53	265	103
$\alpha_t [^\circ]$	36	7,2	$\frac{360}{23}$	$\frac{72}{23}$	$\frac{360}{53}$	$\frac{72}{203}$	$\frac{360}{1229}$

Fig. 50



Europäisches
Patentamt

EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

0083672

Nummer der Anmeldung

EP 82 10 0085.8

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int. Cl.)
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	betrifft Anspruch	
X	<u>US - A - 4 222 362</u> (R.E. KAISER) * gesamtes Dokument *	1,14	B 24 B 53/14
X	<u>US - A - 1 536 398</u> (J.P. KEMP) * Ansprüche 1, 2; Seite 2, Zeilen 7 bis 11; Fig. 1 bis 10 *	1,10, 12	
A	Patent Abstracts of Japan Band 4, Nr. 6, 18. Januar 1980 Seite 16M88 & JP - A - 54 - 141486	1	
A	<u>DE - A1 - 2 438 488</u> (E. WINTER & SOHN GMBH) * Ansprüche 5 bis 9; Fig. 1 bis 4 *	20-23	B 24 B 53/00 B 24 D 3/10 B 24 D 5/06
A	<u>DE - A - 2 238 387</u> (E. WINTER & SOHN) * Seite 16, Zeilen 1 bis 12; Fig. 12 *	20-22, 24	
A	<u>US - A - 2 088 084</u> (G.S. GOULD) * Seite 1, rechte Spalte; Fig. 1 *	20,21	
A	<u>DE - A - 2 321 477</u> (E. WINTER & SOHN)		
			KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X: von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y: von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A: technologischer Hintergrund O: nichtschriftliche Offenbarung P: Zwischenliteratur T: der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E: älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D: in der Anmeldung angeführtes Dokument L: aus andern Gründen angeführtes Dokument &: Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument
X	Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt.		
Recherchenort Berlin		Abschlußdatum der Recherche 13-08-1982	Prüfer MARTIN