

(19)



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

(11) Veröffentlichungsnummer:

0 263 300
A1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(21) Anmeldenummer: 87112672.8

(51) Int. Cl.4: C21D 9/02

(22) Anmeldetag: 31.08.87

(30) Priorität: 29.09.86 DE 3633058

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
13.04.88 Patentblatt 88/15

(84) Benannte Vertragsstaaten:
ES FR GB IT

(71) Anmelder: Krupp Brüninghaus GmbH
Im Ohi 3
D-5980 Werdohl(DE)

(72) Erfinder: Wienand, Josef, Dipl.-Ing.
Repkering 8
D-5980 Werdohl(DE)
Erfinder: Beihammer, Horst, Dipl.-Ing.
Untere Hesmecke 8
D-5980 Werdohl(DE)
Erfinder: Nitschke, Werner
Wilhelmshöhe 43
D-5980 Werdohl(DE)
Erfinder: Kühnert, Berthold
Zum Winterhagen 14
D-5980 Werdohl(DE)
Erfinder: Broscheit, Klaus
Am Reissberg 19
D-5980 Werdohl(DE)

(74) Vertreter: Brake, Klaus
von-Weber-Strasse 42
D-8522 Herzogenaurach(DE)

(54) Verfahren und Vorrichtung zur Herstellung einer Schraubenfeder.

(57) Bei einem Verfahren zur Herstellung einer Schraubenfeder aus einem Stab bzw. Draht aus Federstahl mit konstantem Kreisquerschnitt durch Erwärmen des Stabes auf Austenitisierungstemperatur, Wickeln des Stabes in der stabilen Austenitphase, Härten der so geformten Feder durch Abschrecken in einem geeigneten Medium und Anlassen der gehärteten Feder wird dem Stab nach dem Erwärmen und vor dem Wickeln in der stabilen Austenitphase durch Verdrehen um seine Längsachse eine plastische Verformung bei Einhaltung seiner äußeren Gestalt aufgezwungen.

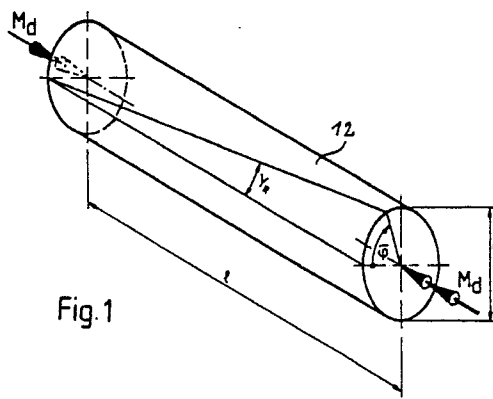


Fig. 1

Xerox Copy Centre

EP 0 263 300 A1

Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Herstellung einer Schraubenfeder aus einem Stab bzw. Draht aus Federstahl mit konstantem Kreisquerschnitt durch Erwärmen des Stabes auf Austenitisierungstemperatur, Wickeln des Stabes in der stabilen Austenitphase (bei Austenitisierungstemperatur), Härten der so geformten Feder durch Abschrecken in einem geeigneten Medium, wie Öl oder Wasser, und Anlassen (Tempern) der gehärteten Feder.

Bei der Herstellung von Schraubendruck- und Schraubenzugfedern unterscheidet man zwei verschiedene, hinsichtlich ihrer technischen Bedeutung etwa gleichrangige Formgebungsverfahren, die Warm- und Kaltformgebung. Das beim Kaltformen zum Einsatz kommende Vor-material hat häufig bereits vor der Verarbeitung, also im Anlieferungszustand, die Festigkeitseigenschaften, die von der fertigen Feder verlangt werden, das heißt, es hat vorab bereits eine geeignete Vergütebehandlung, z.B. eine Ölschlußvergütung erfahren. Federn aus derartigem Vormaterial werden vorwiegend auf Windeautomaten geformt, wobei Drähte mit Durchmessern von weniger als 1 mm bis max. etwa 15 mm verarbeitbar sind. Kaltgeformt werden jedoch Schraubenfedern nicht selten auch aus "weichen" bzw. unvergüteten Drähten mit Durchmessern von etwa 8 bis 20 mm. Die Vergütung erfolgt in solchen Fällen nach der Formgebung, also an der Feder selbst.

Die hier in Rede stehende Erfindung betrifft den Bereich der warmgeformten Schraubenfedern, die hauptsächlich aus Stählen nach DIN 17 221 hergestellt werden. Das verwendete Vormaterial ist in diesem Fall unvergüteter, gewalzter, gezogener, geschliffener oder gedrehter Rundstahl in Stabform mit Durchmessern von ca. 8 - 60 mm. Üblicherweise werden die Stäbe in erdgasbeheizten, temperaturgeregelten Hubbalkenöfen austenitisiert, das heißt je nach Stahlzusammensetzung auf Temperaturen zwischen 820 und 860° C erwärmt. Dieser Temperaturbereich ist gleichzeitig jener, in dem die Federn zunächst geformt und aus dem heraus sie unmittelbar im Anschluß an die Formgebung in Öl abgeschreckt bzw. gehärtet werden. Die Formgebung selbst geschieht auf Wickelmaschinen, bei denen das Stabmaterial um eine Welle, den sogenannten Wickeldorn, gewickelt wird. Zur Steuerung der Steigung der Windungen dient dabei häufig eine parallel zum Wickeldorn angeordnete Leitrolle, die in ihrer Mantelfläche eine schraubenförmige Nut zur Führung des Federstabes aufweist.

Ein besonderes Vergüteverfahren, mit dem wesentliche Verbesserungen der mechanischen Werkstoffeigenschaften erzielt werden können, ist weltweit unter der Abkürzung HTMB bekannt geworden, was Hochtemperaturthermomechanische-Behandlung heißt. Es geht hierbei um die sinnvolle Kombination einer Wärmebehandlung mit einer Verformung des Werkstoffs, wie sie z.B. Anwendung findet beim sogenannten kontrollierten Walzen von hochfesten, schweißbaren Blechen.

Unter kontrolliertem Walzen wird eine Behandlung des Stahles verstanden, bei der die Endwalztemperatur und der Endverformungsgrad so eingestellt werden, daß sie zu einer Rekristallisation mit einem möglichst feinen Austenitkorn führen. An die Verformung des stabilen Austenits schließt sich eine gezielte Abkühlung des Walzgutes mit Umwandlung in der Perlit-, Zwischen- oder Martensitstufe an.

Die günstigen mechanischen Eigenschaften eines Stahles nach HTM - Behandlung resultieren hauptsächlich aus der damit erzielten Kornverfeinerung, die ihren Ausdruck insbesondere in deutlich verbessertem Zähigkeitsverhalten und gleichzeitig erhöhter Streckgrenze des Werkstoffs findet. Im Vergleich zu einem in herkömmlicher Weise in der Martensitstufe gehärteten und dann angelassenen Stahl lassen sich demnach bei einem HTM-behandelten, ebenfalls in der Martensitstufe umgewandelten Stahl bei gleicher Zähigkeit deutlich höhere Festigkeiten realisieren. HTM-behandelter Stahl weist außerdem extrem feine und gleichmäßig verteilte Karbidausscheidungen auf. Er ist in hohem Maße Sprödbrechtsicher und besitzt eine oft vorteilhaft nutzbare Textur. Der erwähnte Zusammenhang zwischen der Streckgrenze δ_s eines Stahles und seiner Korngröße wird durch die bekannte und experimentell oft bestätigte Hall-Petch-Gleichung

$$\sigma_s = \sigma_i + \frac{k_y}{\sqrt{d_k}}$$

beschrieben. Darin bezeichnet σ_i eine Reibungsspannung, die der Bewegung von Versetzungslinien in sehr großen Körnern entgegenwirkt, k_y einen Korngrenzenwiderstand und d_k den mittleren Korndurchmesser. δ_s ist also gemäß der Hall-Petch-Gleichung linear abhängig von der reziproken Wurzel aus d_k .

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren mit einer Vorrichtung zu schaffen, mit dem bei warmgeformten Schraubenfedern eine wesentliche Verbesserung der mechanischen Werkstoffeigenschaften erzielt werden kann.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß dem Stab nach dem Erwärmen und vor dem Wickeln in der stabilen Austenitphase durch Verdrehen um seine Längsachse eine plastische Verformung bei Einhaltung seiner äußeren Gestalt aufgezwungen wird. Auf diese Weise sind alle Bedingungen für eine optimale thermomechanische Behandlung erfüllt, nämlich die Erwärmung des Stabmaterials auf Austenitisierungstemperatur, die notwendige starke plastische Verformung des austenitisierten Stabes und die -
 5 schnelle Abkühlung der gewickelten Feder im Ölbad zur Umwandlung des Gefüges in der Martensitstufe.

Die Erfindung wird anhand der Zeichnung im folgenden näher beschrieben. Es zeigen:

Fig. 1 einen geraden Stab während der Verdrehung;

Fig. 2 schematisch einen in einer Verdrehvorrichtung eingespannten Stab.

10 Die größte Verformung erfährt ein runder Federstab 12 gemäß Figur 1 während der Verdrehung (Torsion) an seiner Oberfläche bzw. in seiner Randschicht, d.h. genau in jener Zone, die einen entscheidenden Einfluß auf wichtige Eigenschaften der fertigen Feder, wie z. B. die Schwingfestigkeit und den Relaxationswiderstand, hat. Der Grad der Verformung an der Staboberfläche wird am treffendsten durch die dort beim Verdrehen auftretende Schiebung (Randschiebung) γ_R ausgedrückt. Wird dieses Verfor-
 15 mungsmaß als feste Größe vorgegeben, so läßt sich in Abhängigkeit von der Länge l und dem Durchmesser d eines betrachteten Stabes berechnen, um wieviele Umdrehungen n ein Stabende relativ zum anderen verdreht werden muß. Figur 1 macht diesen Zusammenhang in Verbindung mit folgenden einfachen Formeln deutlich:

20

$$\bar{\varphi} \cdot \frac{d}{2} = \gamma_R \cdot l \quad ; \quad \bar{\varphi} = 2 \cdot \pi \cdot n \quad ; \quad n = \frac{\gamma_R \cdot l}{\pi \cdot d}$$

25

Versuche haben gezeigt, daß ein Wert von etwa 0,4 - 0,5 für γ_R ausreicht, um im austenitisierten Federstahlstab die gewünschte, möglichst spontane Rekristallisation einzuleiten.

Soll z.B. bei einem Stab mit 12,5 mm Durchmesser und 2800 mm Länge, mit Abmessungen also, wie sie bei gängigen PKW - Fahrgestellschraubenfedern anzutreffen sind, ein γ_R von 0,45 realisiert werden, so
 30 läßt sich berechnen, daß seine beiden Enden um 32 Umdrehungen gegeneinander verdreht werden müssen. $\bar{\varphi}$ ist der Verdrehwinkel und n ist die die Anzahl der Umdrehungen.

Die beschriebene Kornverfeinerung ist zwar der wichtigste aber nicht der einzige Vorteil, den die Verdrehung der austenitisierten Federstäbe mit sich bringt. Sehr positiv in bezug auf die Haltbarkeit der Federn wirkt sich diese Behandlung auch durch die in den Stäben entstehende schraubenlinienförmige Ausrichtung der Körner (Textur) aus. Man kann hier von einem deutlich ausgesprägten Faserverlauf
 35 sprechen, der tendenzmäßig dieselbe Richtung aufweist wie die Hauptzugspannungen, die im gekrümmten Draht (Stab) der fertigen Feder unter einer Betriebsbelastung entstehen. Voraussetzung dafür ist allerdings, daß die Windungen der Feder unter der Betriebslast nicht andersherum tordiert werden als der gerade Stab beim Verdrehvorgang. Ebenfalls außerordentlich nützlich erweist sich die Verdrehbehandlung dahingehend,
 40 daß hierbei die auf den Stäben während der Erwärmung durch Oxydation entstehende Glühhaut vollständig abplatzt. Werden die Stäbe, wie bisher üblich, am Ende der Austenitisierungsphase nicht verdreht, so löst sich die Glühhaut erst beim Wickeln, also bei der Formgebung der Federn. Erfahrungsgemäß wird sie dabei teilweise unter Hinterlassung schädlicher Kerben in die Staboberflächen eingewalzt.

Zu erwähnen ist auch noch, daß in den Federstäben durch die Verdrehbehandlung Eigenspannungen
 45 entstehen, die, wie Versuche gezeigt haben, zu Rückfederungs-bzw. Rückdreheffekten führen. Wird beispielsweise aus einem Federstab, der rechtsherum verdreht wurde, eine Druckfeder mit Rechtssteigung geformt, dann weist diese als Folge der Rückfederung im gehärteten Zustand wesentlich größere Windungsabstände auf, als vom Wickelwerkzeug (der Leitrolle) vorgegeben. Wird dagegen aus einem " rechtsverdrehen " Stab eine Druckfeder mit Linkssteigung gewickelt, so ergeben sich Windungsabstände,
 50 die kleiner sind als jene in der Leitrolle. Die Gesamtlänge bzw. Gesamthöhe der Feder fällt also im ersten Beispielfall größer und im zweiten Fall kleiner als die vorgegebene aus. Der Rückfederungseffekt der verdrehten Stäbe läßt sich in mancherlei Hinsicht vorteilhaft ausnutzen. Unter anderem ist es damit erstmals möglich, warmgeformte Schraubendruckfedern mit einer beträchtlichen inneren Vorspannung herzustellen.

Die Anwendung der elektrischen Widerstandserwärmung für das Austenitisieren der Federstäbe warm-
 55 geformter Schraubenfedern bietet vor allem im Vergleich zur Ofenerwärmung mit Erdgas enorme technische Vorteile, wie z.B. hohe Gleichmäßigkeit der Temperatur sowohl über den Querschnitt als auch die Länge der Stäbe, kurze Aufheizzeiten, einen geringen Zunderanfall, eine verminderte Gefahr von Entkohlungen und Korngrenzenoxydationen sowie eine feinfühlige Regelbarkeit der Temperatur.

In Kombination mit der vorgesehenen Verdrehbehandlung der Federstäbe ist der Einsatz der elektrischen Widerstandserwärmung völlig neu.

Die Verdrehvorrichtung gemäß Figur 2 besteht aus zwei Antriebseinheiten 10 mit Spannelementen 11 (Greifklauen) und ist gleichzeitig auch eine Erwärmungsvorrichtung. Der elektrische Strom wird dem darin behandelten Stab 12 über die Spannelemente 11 zugeführt. Die Antriebseinheiten 10 sind zwecks Anpassung an unterschiedliche Stablängen auf Führungsschienen 13 verschiebbar angeordnet. Besonders vorteilhaft bei dieser Verbindung von Erwärmung und Verformung ist die Möglichkeit, den Federstab 12 nach dem Verdrehen noch eine gewisse kleine Zeitspanne bei konstanter Temperatur in der Vorrichtung zu belassen, mit dem Ziel, bei der dann ablaufenden Rekristallisation des Werkstoffs ein optimal feinkörniges Gefüge zu erhalten.

Ansprüche

1. Verfahren und Vorrichtung zur Herstellung einer Schraubenfeder aus einem Stab bzw. Draht aus Federstahl mit konstantem Kreisquerschnitt durch Erwärmen des Stabes auf Austenitisierungstemperatur, Wickeln des Stabes in der stabilen Austenitphase (bei Austenitisierungstemperatur), Härten der so geformten Feder durch Abschrecken in einem geeigneten Medium, wie Öl oder Wasser, und Anlassen (Tempern) der gehärteten Feder, dadurch gekennzeichnet, daß dem Stab nach dem Erwärmen und vor dem Wickeln in der stabilen Austenitphase durch Verdrehen um seine Längsachse eine plastische Verformung bei Einhaltung seiner äußeren Gestalt aufgezwungen wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die bei dem Verdrehen des Stabes an seiner Mantelfläche (Randschicht) auftretende Schiebung γ_R zwischen 0,4 und 0,5 liegt.

3. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach Anspruch 1, gekennzeichnet durch zwei den Stab (12) an seinen Enden erfassende und einspannende Greifvorrichtungen, von denen mindestens eine Vorrichtung den Stab (12) um seine Längsachse verdrehende, angetriebene Greifklauen (11) od. dgl. aufweist.

4. Vorrichtung nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Greifvorrichtungen an den Stabenden als einen elektrischen Strom zur Widerstandserwärmung in den Stab (12) einleitende Elektroden ausgebildet sind.

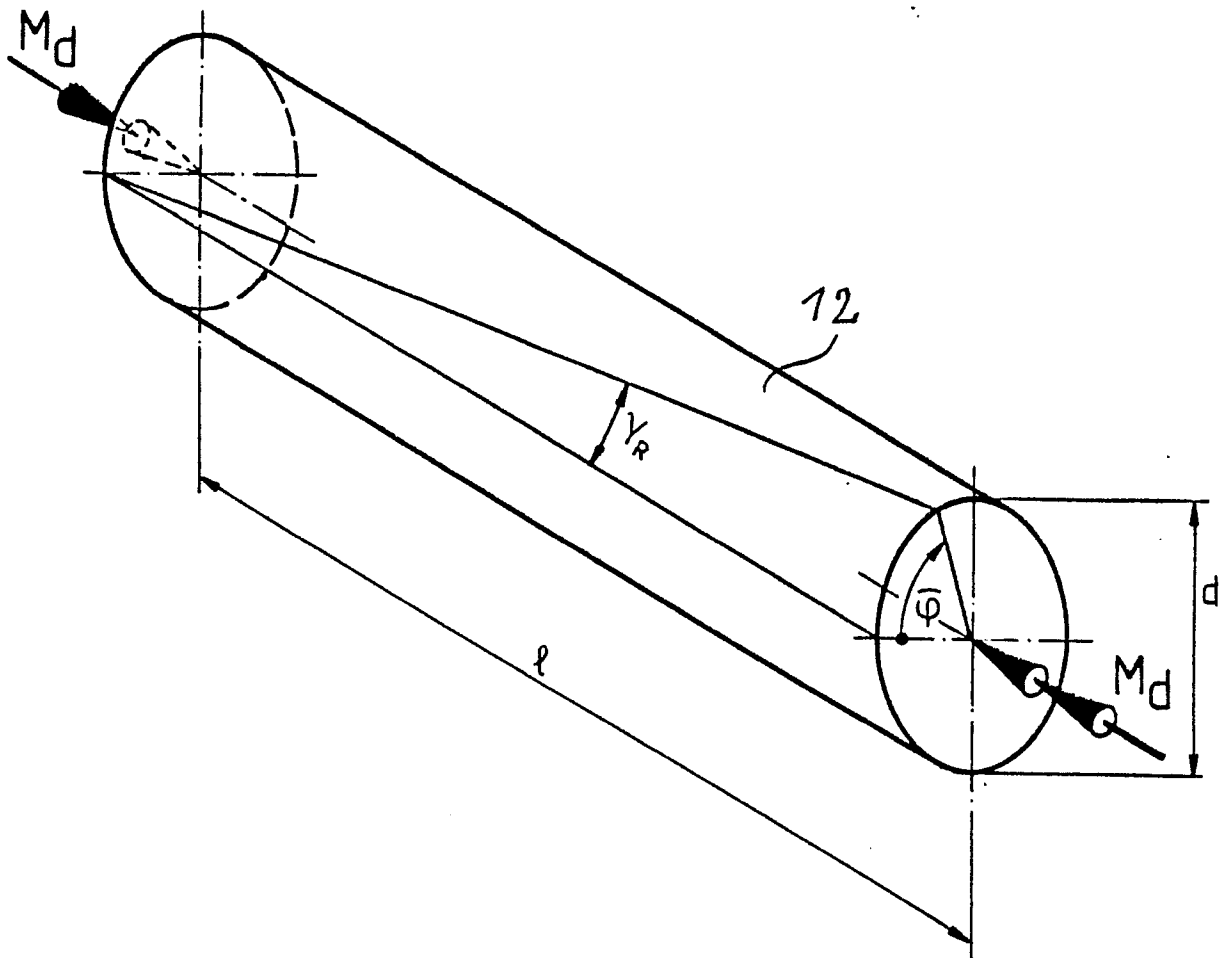


Fig.1

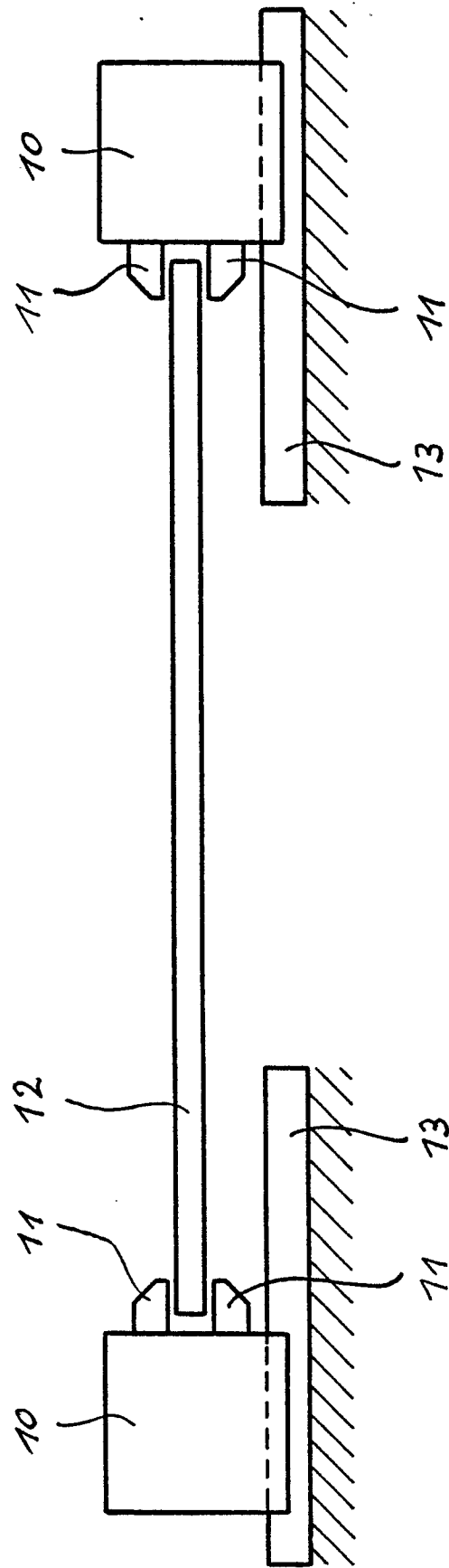


Fig. 2



EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int. Cl.4)
X	SOVIET INVENTIONS ILLUSTRATED, Sektion Chemie, Woche C21, Zusammenfassungsnr. M24 P52, Derwent Publications Ltd., London, GB; & SU - A - 688 528 (P D YASENCHUK) 30.09.79 ---	1	C 21 D 9/02
A	DE-A-1 758 510 (STAHLWERKE BRÜNINGHAUS) * Anspruch 1 * ---	1	
A	DE-A-1 945 597 (FORD-WERKE) * Anspruch 1 * ---	1	
A	DE-A-2 020 270 (ERDMANN-JESNITZER) * Seite 3, Zeilen 20-30 * ---	1	
A	US-A-2 082 580 (JOHNSON) * Figur 2; Anspruch 8 * ---	3	
A	DE-C- 676 746 (BOSCH) -----		
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (Int. Cl.4)
			C 21 D 9/02
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort BERLIN		Abschlußdatum der Recherche 07-12-1987	Prüfer SUTOR W
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	