



(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(21) Anmeldenummer : **93890052.9**

(51) Int. Cl.⁵ : **C23C 2/28, C25D 5/50**

(22) Anmeldetag : **23.03.93**

(30) Priorität : **31.03.92 AT 653/92**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung :
06.10.93 Patentblatt 93/40

(84) Benannte Vertragsstaaten :
AT BE DE ES FR GB IT LU NL SE

(71) Anmelder : **VOEST-ALPINE**
Industrieanlagenbau GmbH
Turmstrasse 44
A-4020 Linz (AT)

(84) **BE DE ES FR GB IT LU NL SE AT**

(71) Anmelder : **VOEST-ALPINE STAHL LINZ GmbH**
Turmstrasse 45
A-4020 Linz (AT)

(84) **BE DE FR GB IT AT**

(72) Erfinder : **Faderl, Josef, Dipl.-Ing.**

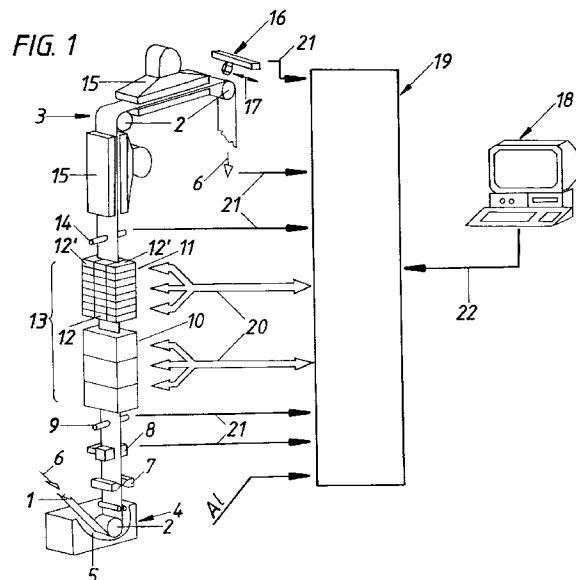
Stifterstrasse 6
A-4493 Wolfen (AT)
Erfinder : **Stadlbauer, Alois, Dipl.-Ing.**
Asangerweg 20
A-4040 Linz (AT)
Erfinder : **Zeman, Klaus, Dipl.-Ing. Dr.**
Kroatengasse 33
A-4020 Linz (AT)

(74) Vertreter : **Kopecky, Helmut et al**
Patentanwälte Sonn, Pawloy, Weinzinger &
Wolfram Riemergasse 14
A-1010 Wien (AT)

(54) Verfahren zum Verzinken eines Bandes sowie Anlage zur Durchführung des Verfahrens.

(57) Bei einem Verfahren zum Verzinken eines Bandes (1) wird das Band (1) kontinuierlich mit Zink beschichtet, anschließend zur Bildung einer Zn-Fe-Schicht einer Wärmebehandlung in einem Durchlaufofen (10, 11) und weiters einer on-line-Kontrolle der Zinkschicht unterzogen, wobei der Verzinkungsvorgang in Abhängigkeit der Zinkschicht gesteuert wird.

Um ein Band (1) mit einem definierten Schichtaufbau unter Sicherstellung einer gleichmäßigen Qualität herstellen zu können, wird zwecks Feststellung einer Durchreaktion der Zn-Fe-Schicht die Strahlungsemision der Bandoberfläche während oder nach der Wärmebehandlung mittels mindestens eines Pyrometers (14) gemessen und die Durchreaktion an der Stelle des Pyrometers durch Änderung der als Stellgröße eines in Abhängigkeit der Pyrometeranzeige ablaufenden Regelvorganges diegenden Heizleistung des Durchlaufofens (10, 11) sichergestellt (Fig. 1).



Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Verzinken eines Bandes, insbesondere eines Stahlbandes, wobei das Band kontinuierlich im Durchlaufverfahren entweder elektrolytisch mit Zink oder gemäß dem Feuerverzinkungsverfahren in einem Zinkbad mit Zink beschichtet wird, anschließend zur Bildung einer Zn-Fe-Schicht einer Wärmebehandlung in einem Durchlaufofen und weiters einer on-line-Kontrolle der Zinkschicht unterzogen wird, wobei der Verzinkungsvorgang in Abhängigkeit der on-line-Kontrolle gesteuert wird, sowie eine Anlage zur Durchführung des Verfahrens.

Bei modernen Verzinkungsverfahren dieser Art (bekannt aus der EP-A - 0 473 154) zur Herstellung von sogenanntem "galvannealtem" Band, worunter man ein wärmotechnisch nachbehandeltes, metallisch beschichtetes Stahlband versteht, wird das bereits verzinkte Band kontinuierlich im Durchlaufverfahren einem Nachglühen (Galvannealen) unterzogen. Dabei wird das Band nach Durchlaufen des Verzinkungsteiles (Zinkbad + Abstreifsystem bei Feuerverzinkungsanlagen, Verzinkungszellen bei elektrolytischen Verzinkungsanlagen) durch einen als Durchlaufofen ausgebildeten Nachglühofen (Galvannealingofen und Halteofen) geführt. Dieser Ofen kann z.B. induktiv oder mit Gas betrieben werden.

Durch den Nachglühvorgang wird die Reinzinkschicht durch Eindiffundieren von Eisen in eine Zn-Fe-Schicht umgewandelt. Je nach Eisengehalt der Zn-Fe-Legierung bildet sich ein Produkt mit unterschiedlichen mechanischen Eigenschaften (z.B. Zähigkeit, Härte) aus, wodurch das Einsatzgebiet (Abriebverhalten, Schweißbarkeit, Lackierbarkeit, Korrosionswiderstand, Tiefziehvermögen) entscheidend bestimmt wird. Der Fe-Gehalt kann durch entsprechende Meßgeräte (z.B. mittels Röntgenfluoreszenz, Röntgenbeugung oder ähnlicher Verfahren) am laufenden Band, d.h. on-line gemessen werden, wie dies z.B. in der EP-A - 0 473 154 beschrieben ist, wobei das Meßergebnis in der Regel etwa einen Mittelwert des Fe-Gehaltes über die Dicke der Zn-Fe-Schicht darstellt.

Für die Qualität des Produktes ist es von großer Bedeutung, daß die Zn-Fe-Schicht vollständig durchreagiert ist, d.h. daß Eisen bis an die Oberfläche der Zn-Fe-Schicht vorgedrungen ist und dort eine stabile Phase mit dem Zink bildet.

Die Erfindung stellt sich die Aufgabe, das eingangs beschriebene Verfahren dahingehend weiterzuentwickeln, daß ein verzinktes Band mit einem definierten durchreagierten Schichtaufbau hergestellt werden kann, wobei direkt und unmittelbar in den Herstellungsprozeß zur Sicherstellung einer gleichmäßigen Qualität des verzinkten Bandes eingegriffen werden kann und die Produktion von Ausschußware minimiert wird. Insbesondere soll das erfindungsgemäße Verfahren die automatische Berücksichtigung beabsichtigter Veränderungen von Verfahrensparametern ebenso ermöglichen wie deren unbeabsichtigte Veränderungen, so daß der Herstellungsprozeß laufend und ohne manuelle Eingriffe optimiert ist.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß zwecks Feststellung einer Durchreaktion der Zn-Fe-Schicht die Strahlungsemision der Bandoberfläche während oder nach der Wärmebehandlung mittels mindestens eines Pyrometers gemessen wird und die Durchreaktion an der Stelle des Pyrometers durch Änderung der als Stellgröße eines in Abhängigkeit der Pyrometeranzeige ablaufenden Regelvorganges dienen den Heizleistung des Durchlaufofens sichergestellt wird.

Vorzugsweise wird hierbei so vorgegangen, daß an der Banddurchlaufstrecke durch Messung mittels mehrerer in Bandlaufrichtung hintereinander angeordneter Pyrometer jene Stelle bestimmt wird, ab der die Zn-Fe-Schicht durchreagiert ist, und durch Regelung der Heizleistung des Durchlaufofens diese Stelle an der Banddurchlaufstrecke in eine gewünschte und als Führungsgröße fungierende Position gebracht wird.

Gemäß einer bevorzugten Verfahrensweise wird zusätzlich zur Bestimmung der Durchreaktion ein Wert des Eisengehaltes der Zn-Fe-Schicht als Führungsgröße bestimmt, der Istwert des Eisengehaltes der Zn-Fe-Schicht mit der Führungsgröße verglichen und eine Regelabweichung über einen Regler durch eine Änderung der als Stellgröße dienenden Heizleistung des Durchlaufofens ausgeglichen.

Die Temperaturführung im Durchlaufofen beeinflußt den Aufbau der galvannealten Schicht entscheidend und daher auch die mechanischen Eigenschaften des Produktes, da die Diffusionsvorgänge des Eisens in die Zinkschicht (Diffusionsgeschwindigkeit, Eisengehalt) von der Temperatur und der Dauer der Wärmebehandlung im Durchlaufofen abhängig sind.

Derzeit ist jedoch eine Temperaturerfassung des Bandes im Bereich des Nachglühofens nicht möglich, da kein kostengünstiges herkömmliches, berührungslos arbeitendes Temperaturmeßgerät zur Verfügung steht, welches unter diesen Bedingungen die Temperatur ausreichend genau messen könnte. Gemäß der oben beschriebenen bevorzugten Verfahrensweise ist daher vorgesehen, die Ofentemperatur indirekt über die Heizleistung einzustellen und damit eine besonders gleichmäßige Qualität des beschichteten Bandes zu sichern.

Vorzugsweise wird die Regelung in einem geschlossenen Regelkreis mit Hilfe eines Rechners durchgeführt, der die Regelabweichung registriert und mittels Stellbefehle die Heizleistung des Durchlaufofens regelt, wobei vorteilhaft der Rechner die Banddimension, das Grundmaterial des Bandes hinsichtlich seiner chemischen Zusammensetzung und/oder Gefüge, die Zinkschichtdicke, die Zusammensetzung des Zinkbades, wie z.B. dessen Al-Gehalt, die Bandgeschwindigkeit sowie gegebenenfalls weitere Parameter, wie Temperatur des

Bandes am Einlauf des Durchlaufofens und die Umgebungstemperatur berücksichtigt.

Eine bevorzugte Ausführungsform ist dadurch gekennzeichnet, daß die Heizleistung und damit die Temperatur innerhalb des Durchlaufofens in einzelnen Heizzonen unterschiedlich einstellbar ist.

Hierbei ist vorteilhaft zur Berücksichtigung von über die Bandbreite unterschiedlichen Meßwerten des Eisengehaltes der Eisen-Zink-Legierung oder der Strahlungsemision der Oberfläche die Heizleistung in Richtung der Bandbreite nebeneinanderliegenden Heizzonen unterschiedlich einstellbar.

Gemäß einer anderen Ausführungsform ist vorteilhaft die Heizleistung in in Richtung des Banddurchlaufes hintereinander liegenden Heizzonen unterschiedlich einstellbar, wodurch die Aufwärmgeschwindigkeit des Bandes bzw. die Haltezeit des Bandes auf einer bestimmten Temperatur zur Erzielung einer optimalen Bandqualität variiert werden kann.

Zweckmäßig wird die Messung der Strahlungsemision und/oder des Fe-Gehaltes an über die Bandbreite verteilt angeordneten Stellen durchgeführt.

Eine Anlage zur Durchführung des Verfahrens mit einer ein Band kontinuierlich entlang einer Bandlaufstrecke führenden Bandführungseinrichtung, einer an der Bandlaufstrecke angeordneten Zinkbeschichtungseinrichtung, einer nachfolgend angeordneten, von einem Nachglühofen gebildeten Wärmebehandlungseinrichtung für das Band und einer ebenfalls an der Bandlaufstrecke liegenden, in oder nach der Wärmebehandlungseinrichtung angeordneten Meßeinrichtung zur Kontrolle der Zinkschicht, ist dadurch gekennzeichnet, daß die Meßeinrichtung von mindestens einem Pyrometer gebildet ist, das mit einem Regler gekoppelt ist, der über eine Steuerleitung mit der Heizeinrichtung der Wärmebehandlungseinrichtung gekoppelt ist.

Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform ist eine Mehrzahl von in Bandlaufrichtung hintereinander angeordneten und mit dem Regler gekoppelten Pyrometern vorgesehen.

Zur Berücksichtigung einer Vielzahl von die Qualität des beschichteten Bandes beeinflussenden Parametern ist vorteilhaft der Regler mit einem Prozeßrechner gekoppelt.

Zur Feststellung des Eisengehaltes der Zn-Fe-Schicht ist zweckmäßig zusätzlich eine der Wärmebehandlungseinrichtung nachgeordnete Meßeinrichtung zum Messen des Eisengehaltes der Zinkschicht vorgesehen, die mit einem Regler gekoppelt ist, der über eine Steuerleitung mit der Heizeinrichtung der Wärmebehandlungseinrichtung gekoppelt ist.

Die Erfindung ist nachfolgend anhand der Zeichnung näher erläutert, wobei Fig. 1 in schematischer Darstellung eine Anlage zum Verzinken eines Bandes veranschaulicht. In dem in Fig. 2 dargestellten Diagramm ist die Abhängigkeit des Eisengehaltes von der Heizleistung veranschaulicht. Fig. 3 zeigt eine Abweichung des Eisengehaltes in der Zn-Fe-Schicht in Abhängigkeit der Bandbreite, Fig. 4 die Abhängigkeit der Strahlungsemision von der Haltezeit.

Wie aus Fig. 1 ersichtlich, wird ein zu verzinkendes Stahlband 1 mittels einer Bandführungseinrichtung, die eine Mehrzahl von Bandführungsrollen 2 aufweist, kontinuierlich entlang einer Bandlaufstrecke 3 von einer nicht dargestellten Abwickelstation zu einer ebenfalls nicht dargestellten Aufwickelstation geführt. An der Bandlaufstrecke 3 gelangt das Stahlband zunächst zu einer Zinkbeschichtungseinrichtung 4, die beim dargestellten Ausführungsbeispiel als Feuerverzinkungseinrichtung ausgestaltet ist. Diese weist ein Zinkbad 5 und eine in Bandlaufrichtung 6 nachgeordnete Abstreifeinrichtung 7 zur Sicherstellung einer konstanten und über die Bandbreite gleich dicken Zinkschicht auf.

Anschließend danach wird das Stahlband 1 über eine Heiß-Dickenmeßanlage 8 zur Messung der Dicke der Zinkschicht und über eine Temperaturmeßeinrichtung 9 in eine zwei Durchlauföfen 10, 11 aufweisende Wärmebehandlungseinrichtung 13 eingeleitet. Im ersten Durchlaufofen 10 erfolgt in erster Linie die Aufheizung des verzinkten Stahlbandes 1 auf die erforderliche Glühtemperatur. Im nachfolgend angeordneten weiteren Durchlaufofen 11 wird das Stahlband 1 in erster Linie auf einer konstanten Glühtemperatur gehalten.

Nach Austritt des Stahlbandes 1 aus dem zweiten Durchlaufofen 11 wird mittels eines Pyrometers 14 die Strahlungsemision des fertig geglühten Stahlbandes 1 gemessen. Anschließend sind an der Bandführung Kühleinrichtungen 15 angeordnet. An einer der Wärmebehandlungseinrichtung 13 nachgeordneten Stelle der Bandlaufstrecke 3 ist weiters eine Meßeinrichtung 16 zum Messen des Eisengehaltes der Zn-Fe-Schicht vorgesehen, die vorzugsweise, wie durch den Doppelpfeil 17 angedeutet, über die Bandbreite verschiebbar ist, so daß an verschiedenen Stellen der Bandbreite eine Messung durchgeführt werden kann. Die Meßeinrichtung arbeitet vorzugsweise nach dem Röntgenstrahlverfahren.

Ein mit einem Prozeßrechner 18 gekoppelter Regler 19 ist mit Heizeinrichtungen der beiden Durchlauföfen 10, 11 zwecks Einstellung der Heizleistung gekoppelt, wie dies durch die Doppelpfeile 20 veranschaulicht ist.

Die Funktion der Anlage ist wie folgt:

Das im Zinkbad 5 gelöste Aluminium bildet aufgrund seiner höheren Affinität zum Eisen zunächst am Stahlband eine Eisen-Aluminium-Schicht (Fe_2Al_5), welche eine Reaktion des Eisensubstrates des Stahlbandes 1 und der Zinkschicht verhindert. Dieses System (Stahlband 1 + Fe-Al-Schicht + flüssige Zn-Schicht) gelangt in den ersten Durchlaufofen 10 und wird auf eine Temperatur von 450°C bis 700°C gebracht. Im zweiten Durch-

laufofen 11 wird das Stahlband 1 auf einer bestimmten Temperatur gehalten oder noch weiter erwärmt. Der hierbei einsetzende Diffusionsprozeß des Eisens in die Zinkschicht wandelt die Reinzinkschicht in eine Zink-Eisen-Schicht um.

Hierbei wird zuerst die im Zinkbad gebildete Fe-Al-Sperrsicht durch das Zn-Fe-Wachstum an den Korn-
5 grenzen des Grundmaterials aufgebrochen, und ein pilzförmiges Wachstum der Zn-Fe-Komplexe beginnt. Je nach Eisengehalt bilden sich unterschiedliche metallurgische Phasen aus, die unterschiedliche Eigenschaften aufweisen.

Die wichtigsten Phasen sind in nachstehender Tabelle aufgelistet:

	Phase	% Fe	Kristallstruktur	Härte (MPa)
10	Eta ..	< 0,03	Hexagonal	300 - 500
15	Zeta ..	5 - 6	Monoklinisch	1800 - 2700
	Delta ..	7 - 12	Hexagonal	2500 - 4500
	Gamma ..	21 - 28	Kubisch	4500 - 5500

Wie aus der obigen Tabelle ersichtlich ist, werden die Phasen mit zunehmendem Eisengehalt immer härter bzw. spröder. Dies kann bei anschließender Verformung (z.B. Tiefziehen) zu erhöhtem Abrieb führen, wodurch die Haftung der Zn-Fe-Schicht sehr schlecht wird.

Im Fall von elektrolytischen Verzinkungsanlagen ist der Vorgang analog, wobei der Al-Gehalt jedoch eine untergeordnete Rolle spielt.

Für die Qualität des Produktes ist es von großer Bedeutung, daß die Zn-Fe-Schicht vollständig durchreagiert ist, d.h. daß das Zink an der Oberfläche des beschichteten Stahlbandes 1 infolge des Vordringens des Eisens beim Diffusionsvorgang eine stabile Phase mit dem Eisen bildet.

Da sich bei der Umwandlung der Zinkschicht in eine Zn-Fe-Schicht der Emissionsgrad der Beschichtung sprunghaft verändert, sobald die Oberfläche der Zn-Fe-Schicht Eisen aufweist (vgl. Fig. 4), kann eine Strahlungsemissionsmessung mit Hilfe eines Pyrometers 14 zur Beurteilung der galvannealten Schicht herangezogen werden. Das Pyrometer 14 kann nach oder in der Wärmebehandlungseinrichtung 13 (z.B. zwischen Galvannealingofen 10 und Halteofen 11) angeordnet werden. Bei dieser Messung handelt es sich um eine Information über die rein von der Oberfläche des Stahlbandes 1, d.h. dessen Zn-Fe-Schicht, emittierte Strahlungsenergie, die eine Funktion der Temperatur und der Emissionszahl des Oberflächenzustandes ist. So liegt die Emissionszahl einer Reinzinkoberfläche bei unter 0,2 und die einer durchreagierten Fe-Zn-Oberfläche bei etwa 0,6. Ist die Zn-Fe-Schicht an der Stelle des Pyrometers noch nicht durchreagiert, wird die Heizleistung der Durchlauföfen 10, 11 mit Hilfe des an einen Prozeßrechner 18 angeschlossenen Reglers 19, dem der Meßwert des Pyrometers eingegeben wird, erhöht, bis eine Durchreaktion mit Hilfe des Pyrometers feststellbar ist. Die Heizleistung bildet hier die Stellgröße des Regelvorganges.

Durch die starke Änderung des Emissionsgrades im Falle des Eintretens der sogenannten Durchreaktion, d.h. wenn das Eisen bis an die Oberfläche der Zn-Schicht vordringt, ist es auch möglich, jene Stelle in Bandlaufrichtung 6 zu erkennen, ab der die Durchreaktion abgeschlossen ist. Dies kann z.B. dadurch erfolgen, daß zwei oder mehrere Pyrometer in Bandlaufrichtung 6 hintereinander angeordnet werden. Durch die Kenntnis über den Emissionsgradsprung beim Durchreagieren der Zn-Fe-Schicht und aus den gemessenen Strahlungsintensitäten der Pyrometer 14 kann auf jene Stelle der Bandlaufstrecke 3 geschlossen werden, ab der die Zn-Fe-Schicht bereits durchreagiert ist.

Die Heizleistung der Durchlauföfen 10, 11 wird nun mit Hilfe des Reglers 19 so geregelt, daß die Durchreaktion ab einer bestimmten gewünschten Stelle abgeschlossen ist. Eine weitere Möglichkeit, die Stelle in Bandlaufrichtung zu erkennen, an der die Durchreaktion abgeschlossen ist, besteht darin, die Pyrometermessung mit einer thermischen Modellrechnung zu vergleichen.

Dazu wird der Pyrometermessung einmal der empirisch ermittelte Emissionsgrad für die Reinzinkschicht und ein zweites Mal der empirisch ermittelte Emissionsgrad der durchreagierten Schicht zugrundegelegt. Dies ergibt rechnerisch zunächst zwei entsprechend den unterschiedlichen Emissionszahlen verschiedene Pyrometer-Temperaturwerte für das laufende Band.

Durch Vergleich dieser beiden Werte mit einer parallel für den betreffenden Bandabschnitt durchgeführten Modellerrechnung der Temperatur, die sich aus der Eintrittstemperatur des Stahlbandes in die Wärmebehandlungseinrichtung und der dieser zugeführten Leistung errechnen läßt, wird festgestellt, welcher der beiden Pyrometer-Temperaturwerte mit der errechneten Temperatur übereinstimmt. Dieser Temperaturwert wird dann als richtige Temperatur des laufenden Stahlbandes 1 angesehen. Der zugehörige Emissionsgrad gibt an, ob

das Stahlband noch eine Reinzinkauflage aufweist oder ob die Beschichtung bereits durchreagiert ist. Die Heizleistung der Wärmebehandlungseinrichtung wird so geregelt, daß die Durchreaktion an der Stelle des Pyrometers 14 abgeschlossen ist.

Da aus der Information über die Durchreaktion der Beschichtung alleine nicht direkt und unmittelbar auf den Fe-Gehalt der Zn-Fe-Schicht geschlossen werden kann, der Fe-Gehalt jedoch für die Eigenschaften des Produktes von großer Bedeutung ist, ist es von Vorteil, die Heizleistungsverteilung über die Länge der Wärmebehandlungseinrichtung aufgrund einer Kombination der beiden Informationen, nämlich des Fe-Gehalts der Zn-Fe-Schicht und der Emissionsgradbestimmung, einzustellen.

Zur Einstellung des optimalen Eisengehaltes, d.h. eines Eisengehaltes, der eine Verformung des verzinkten Stahlbandes 1 ohne Schwierigkeiten zuläßt, wird vorteilhaft zusätzlich zur Feststellung und Regelung der Durchreaktion mit einer on-line-Röntgenfluoreszenzmessung mit Hilfe des Meßgerätes 16 der Eisengehalt der Fe-Zn-Schicht bestimmt, vorzugsweise über die gesamte Bandbreite und auch über die gesamte Bandlänge. Dieser Istwert des Eisengehaltes der Zn-Fe-Schicht wird mit Hilfe des Reglers 19 mit einem als Führungsgröße vorgegebenen Wert des Eisengehaltes der Zn-Fe-Schicht verglichen. Eine eventuelle Regelabweichung wird über den Regler 19 durch eine Änderung der als Stellgröße dienenden Heizleistung des ersten bzw. auch des zweiten Durchlaufofens 10, 11 ausgeglichen. Ist etwa der gemessene Eisengehalt geringer als der gewünschte, wird die Heizleistung des Durchlaufofens so lange erhöht, bis die Regelabweichung Null wird oder unter einen vorgegebenen Wert abgesunken ist (Totband), wie dies anhand der Fig. 2 nachfolgend erläutert ist:

Der Verlauf I gibt den Zusammenhang zwischen Fe-Gehalt der Zn-Fe-Schicht und Heizleistung an. Dieser wird empirisch ermittelt und z.B. als formelmäßiger Zusammenhang oder in Tabellenform dem Regelungsrechner (Regler 19) zur Verfügung gestellt.

Verhält sich das Stahlband 1 genau entsprechend dem Verlauf I, so erreicht man mit der Leistungseinstellung P_1 den gewünschten Sollwert des Fe-Gehaltes Fe_1 (Punkt A). Verhält sich das Band etwas unterschiedlich, z.B. nach Verlauf II, durch unbeabsichtigte Veränderungen von Verfahrensparametern, wie z.B. 25 Drift der Umgebungstemperatur, Drift in der Transformatorenleistung bei elektrischer Heizung der Durchlauföfen oder bei Auftreten sonstiger Störungen, so ergibt sich am Band ein Fe-Gehalt Fe_2 , der vom Sollwert Fe_1 abweicht (Punkt B).

Die Heizleistung wird nun z.B. in Abhängigkeit von der Steigung dP/dFe im Punkt A' des Verlaufes I verändert, z.B. um den Wert

$$k \cdot \frac{dP}{dFe} \cdot \Delta Fe$$

Für den Verstärkungsfaktor $k = 1$ ist die geänderte Leistung im Bild mit P_2 eingezeichnet. Es ergibt sich ein verbesserter Wert des Fe-Gehaltes (Punkt C). Die Regelung erfolgt, solange eine Regelabweichung festgestellt wird ($Fe-Gehalt \neq Fe_1$).

Ungleichmäßige Fe-Gehaltsprofile über die Bandbreite können durch verschiedene Effekte entstehen:
 35 1) ungleichmäßige Beschichtungsdicke
 2) Querwölbung des Bandes
 3) Bandprofil
 4) ungleichmäßige Heizleistung über die Bandbreite
 40 5) ungleichmäßige Temperaturverteilung über die Bandbreite beim Eintritt des Bandes in den Galvannealingofen usw.

Primär ist die Beschichtungsdicke innerhalb enger Toleranzen gleichmäßig über die Bandbreite einzustellen (bekannte Verfahren zur Schichtdickenregelung). Trotz gleichmäßiger Schichtdicke über die Bandbreite entsteht durch die Ursachen 2) bis 5) usw. ein ungleichmäßiger Fe-Gehalt über die Bandbreite. Der Einfluß ungleichmäßiger Wärmeeinbringung in das Stahlband 1 kann z.B. zu dem in Fig. 3 dargestellten Fe-Gehalt führen, obwohl die Beschichtungsdicke gleichmäßig über die Bandbreite ist.

Gewünscht werden aber eine möglichst gleichmäßige Beschichtungsdicke und ein gleichmäßiger Fe-Gehalt über die Bandbreite (und -länge).

Durch Reduktion der Heizleistung der Durchlauföfen 10, 11 in Heizzonen 12, die hauptsächlich auf die Bandmitte wirken, oder durch Erhöhung der Heizleistung in Heizzonen 12', die hauptsächlich auf die Bandränder wirken, kann die Gleichmäßigkeit des Fe-Gehaltes über die Bandbreite verbessert sowie die Durchreaktion über die gesamte Bandbreite sichergestellt werden.

Mit Hilfe des erfindungsgemäßen Verfahrens lassen sich weiters noch folgende Beeinflussungen berücksichtigen:

55 6) Die Dicke der Zinkschicht:
 Mit der Schichtdicke verändern sich die Diffusionswege und daher auch der Gefügeaufbau der Beschichtung. Unter gleichen Ofenleistungsverhältnissen führt eine kleinere Schichtdicke (geringere Schichtauflage) zu einem höheren Eisengehalt. Man kann dies bei den Bandkanten beobachten, die eine andere Schichtdicke

als im Bandmittenzonenbereich aufweisen können.

7) Der Aluminiumgehalt im Zinkbad:

Das im Zinkbad 5 gelöste Aluminium lagert sich vor allem in folgenden zwei Schichten ab:

- a) Grenzschicht zwischen Eisensubstrat und Zinkschicht: Durch seine hohe Affinität zum Eisen bildet das Aluminium im Zinkbad zuerst eine Fe_2Al_5 -Sperrsicht aus, die ein vorzeitiges Wachstum der spröden Zn-Fe-Phase verhindert. Diese muß beim Galvannealingprozeß durchbrochen werden, um das Zink-Eisen-Wachstum zu starten.

- b) Oberflächenoxidschicht:

Ein Großteil des Aluminiums liegt als Al_2O_3 an der Oberfläche der Zinkbeschichtung vor.

8) Die Geschwindigkeit, mit der das Stahlband 1 durch die Anlage bewegt wird:

Sie beeinflußt die Aufenthaltsdauer (Haltezeit) des Stahlbandes 1 in den Durchlauföfen 11, 12 und somit die Temperaturführung für das Stahlband 1. Dadurch wird die Reaktionszeit verändert, und dies beeinflußt den Eisengehalt.

9) Die chemische Zusammensetzung des Stahlbandes 1 und dessen Gefüge:

Da das Wachstum der Zn-Fe-Komplexe hauptsächlich an den Korngrenzen beginnt, hängt die Reaktionsfähigkeit auch von der Grundmaterialzusammensetzung und dem Gefüge ab.

10) Des weiteren beeinflussen die Bandabmessungen die Wärmeeinbringung und damit die Diffusionsbedingungen.

All die oben aufgezählten, den Eisengehalt beeinflussenden Faktoren können erfindungsgemäß dadurch

berücksichtigt werden, daß diese Faktoren festlegende Daten in den Prozeßrechner 18 eingegeben werden und infolge der Kopplung des Prozeßrechners 18 mit dem Regler 19 von letzterem bei der Festlegung der Heizleistung der Wärmebehandlungseinrichtung 13 berücksichtigt werden.

Gewollte Veränderungen von Verfahrensparametern, wie z.B. ein Wechsel der Dimension des Stahlbandes 1, ein Wechsel der chemischen Zusammensetzung des Stahlbandes 1, ein Wechsel der Zinkschichtdicke bzw. ein Wechsel der Fördergeschwindigkeit des Stahlbandes 1, werden zur Berücksichtigung der Heizleistung der Wärmebehandlungseinrichtung dem Prozeßrechner 18 eingegeben.

Jedes der oben beschriebenen Regelverfahren kann in einem geschlossenen Regelkreis betrieben werden.

Die Stellgrößen für die Wärmebehandlungseinrichtung 13 werden von einem Rechner des Reglers 19 aus den gemessenen Werten und der Soll-Ist-Abweichung für den Emissionsgrad und gegebenenfalls für den Eisengehalt berechnet. Dabei können die Meßwerte aus der Heißmessung (Schichtdickenmessung) und/oder einer vor dem Durchlaufofen 10 angeordneten Temperaturmessung, die Bandgeschwindigkeit, die zugeführte Heizleistung in den einzelnen Zonen der Wärmebehandlungseinrichtung 13 herangezogen werden, um die Treffsicherheit des Regelvorganges zu erhöhen, wie dies durch die Pfeile 20, 21 angedeutet ist.

Die Berechnung der Stellgrößen erfolgt mit Hilfe eines Regelmodells, das entsprechend den an der konkreten Anlage zur Verfügung stehenden Meßgeräten und Stelleinrichtungen unterschiedlich sein kann. Für eine konkrete Anlagenkonfiguration wird das Regelmodell durch Modellparameter beschrieben. Diese Modellparameter können für unterschiedliches Grundmaterial, Banddimension, Al-Gehalt im Zinkbad verschieden sein. Grundmaterial, Banddimension, Al-Gehalt im Zinkbad können von einem übergeordneten Rechner (z.B. Produktionsplanungsrechner) oder einer externen Eingabeeinheit an den Prozeßrechner 18 übertragen werden. Sie können mit dem für das herzustellende Produkt gültigen Sollwert an den Rechner des Reglers 19 übertragen werden, vgl. Pfeil 22.

Der Rechner des Reglers 19 berechnet dann unter Berücksichtigung dieser Modellparameter des Regelungsmodells die entsprechenden Stellbefehle.

Je nach Bauart der Durchlauföfen 10, 11 kann die Gesamtleistung oder die Leistung von Teilen der Durchlauföfen 10, 11 (Zonen in Bandlängsrichtung) innerhalb gewisser Grenzen eingestellt werden. Von besonderem Vorteil ist es, wenn die Verteilung der Wärmeeinbringung auf das Band, also die Heizleistung der Durchlauföfen 10, 11, über die Breite ebenfalls innerhalb gewisser Grenzen einstellbar ist, da es hierdurch möglich ist, die in Fig. 3 dargestellte Abweichung des Fe-Gehaltes der Zn-Fe-Schicht, die trotz gleichmäßiger Dicke der Zn-Fe-Schicht auftreten kann, auszugleichen.

50

Patentansprüche

1. Verfahren zum Verzinken eines Bandes (1), insbesondere eines Stahlbandes (1), wobei das Band (1) kontinuierlich im Durchlaufverfahren entweder elektrolytisch mit Zink oder gemäß dem Feuerverzinkungsverfahren in einem Zinkbad mit Zink beschichtet wird, anschließend zur Bildung einer Zn-Fe-Schicht einer Wärmebehandlung in einem Durchlaufofen (10, 11) und weiters einer on-line-Kontrolle der Zinkschicht unterzogen wird, wobei der Verzinkungsvorgang in Abhängigkeit der on-line-Kontrolle gesteuert wird, da-

durch gekennzeichnet, daß zwecks Feststellung einer Durchreaktion der Zn-Fe-Schicht die Strahlungsemision der Bandoberfläche während oder nach der Wärmebehandlung mittels mindestens eines Pyrometers (14) gemessen wird und die Durchreaktion an der Stelle des Pyrometers durch Änderung der als Stellgröße eines in Abhängigkeit der Pyrometeranzeige ablaufenden Regelvorganges dienenden Heizleistung des Durchlaufofens (10, 11) sichergestellt wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß an der Banddurchlaufstrecke (3) durch Messung mittels mehrerer in Bandlaufrichtung (6) hintereinander angeordneter Pyrometer (14) jene Stelle bestimmt wird, ab der die Zn-Fe-Schicht durchreagiert ist, und durch Regelung der Heizleistung des Durchlaufofens (10, 11) diese Stelle an der Banddurchlaufstrecke (3) in eine gewünschte und als Führungsgröße fungierende Position gebracht wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß zusätzlich ein Wert des Eisengehaltes der Zn-Fe-Schicht als Führungsgröße bestimmt wird, der Istwert des Eisengehaltes der Zn-Fe-Schicht mit der Führungsgröße verglichen und eine Regelabweichung über einen Regler (19) durch eine Änderung der als Stellgröße dienenden Heizleistung des Durchlaufofens (10, 11) ausgeglichen wird.
4. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Regelung in einem geschlossenen Regelkreis mit Hilfe eines Rechners durchgeführt wird, der die Regelabweichung registriert und mittels Stellbefehle die Heizleistung des Durchlaufofens (10, 11) regelt.
5. Verfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß der Rechner die Banddimension, das Grundmaterial des Bandes (1) hinsichtlich seiner chemischen Zusammensetzung und/oder Gefüge, die Zinkschichtdicke, die Zusammensetzung des Zinkbades, wie z.B. dessen Al-Gehalt, die Bandgeschwindigkeit sowie gegebenenfalls weitere Parameter, wie Temperatur des Bandes (1) am Einlauf des Durchlaufofens (10, 11) und die Umgebungstemperatur berücksichtigt.
6. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Heizleistung und damit die Temperatur innerhalb des Durchlaufofens (10, 11) in einzelnen Heizzonen (12, 12') unterschiedlich einstellbar ist.
7. Verfahren nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Heizleistung in in Richtung der Bandbreite nebeneinanderliegenden Heizzonen (12, 12') unterschiedlich einstellbar ist.
8. Verfahren nach Anspruch 6 oder 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Heizleistung in in Richtung des Banddurchlaufes hintereinander liegenden Heizzonen unterschiedlich einstellbar ist.
9. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 6 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß die Messung der Strahlungsemision und/oder des Fe-Gehaltes an über die Bandbreite verteilt angeordneten Stellen durchgeführt wird.
10. Einrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 9, mit einer ein Band (1) entlang einer Bandlaufstrecke (3) führenden Bandführungseinrichtung (2), einer an der Bandlaufstrecke (3) angeordneten Zinkbeschichtungseinrichtung (4), einer nachfolgend angeordneten, von einem Nachglühofen gebildeten Wärmebehandlungseinrichtung (13) für das Band (1) und einer ebenfalls an der Bandlaufstrecke (3) liegenden, in oder nach der Wärmebehandlungseinrichtung (13) angeordneten Meßeinrichtung (14) zur Kontrolle der Zinkschicht, dadurch gekennzeichnet, daß die Meßeinrichtung von mindestens einem Pyrometer (14) gebildet ist, das mit einem Regler (19) gekoppelt ist, der über eine Steuerleitung mit der Heizeinrichtung der Wärmebehandlungseinrichtung (13) gekoppelt ist.
11. Einrichtung nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß eine Mehrzahl von in Bandlaufrichtung (6) hintereinander angeordneten und mit dem Regler (19) gekoppelten Pyrometern vorgesehen ist.
12. Einrichtung nach Anspruch 10 oder 11, dadurch gekennzeichnet, daß der Regler (19) mit einem Prozeßrechner (18) gekoppelt ist.
13. Einrichtung nach einem oder mehreren der Ansprüche 10 bis 12, dadurch gekennzeichnet, daß zusätzlich eine der Wärmebehandlungseinrichtung (13) nachgeordnete Meßeinrichtung (16) zum Messen des Eisengehaltes der Zinkschicht vorgesehen ist, die mit einem Regler (19) gekoppelt ist, der über eine Steuerleitung mit der Heizeinrichtung der Wärmebehandlungseinrichtung (13) gekoppelt ist.

FIG. 1

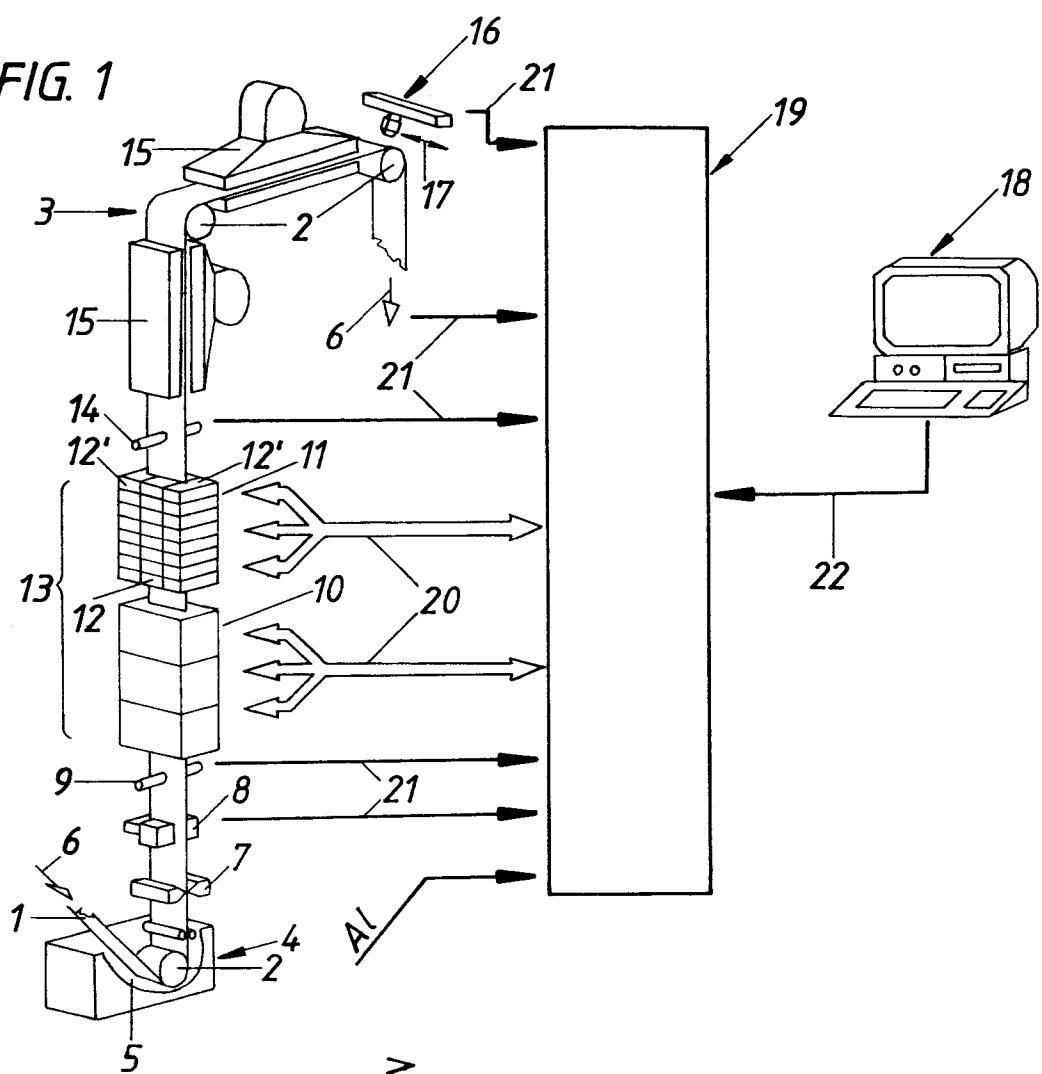


FIG. 4

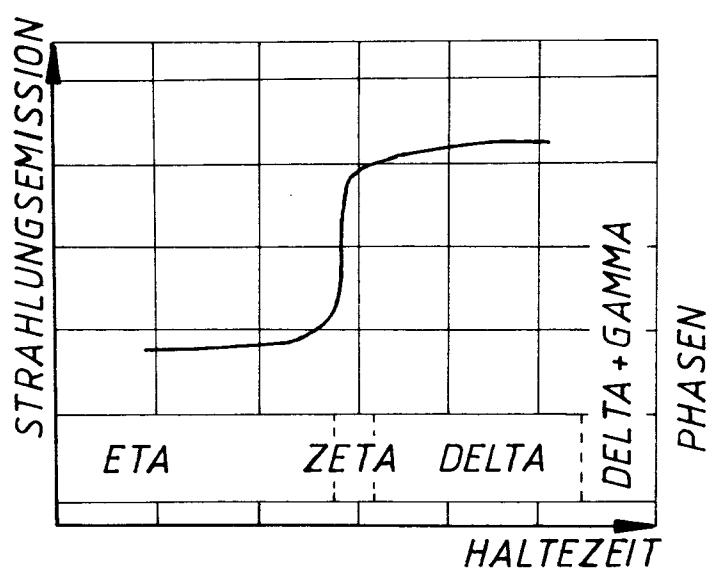


FIG. 2

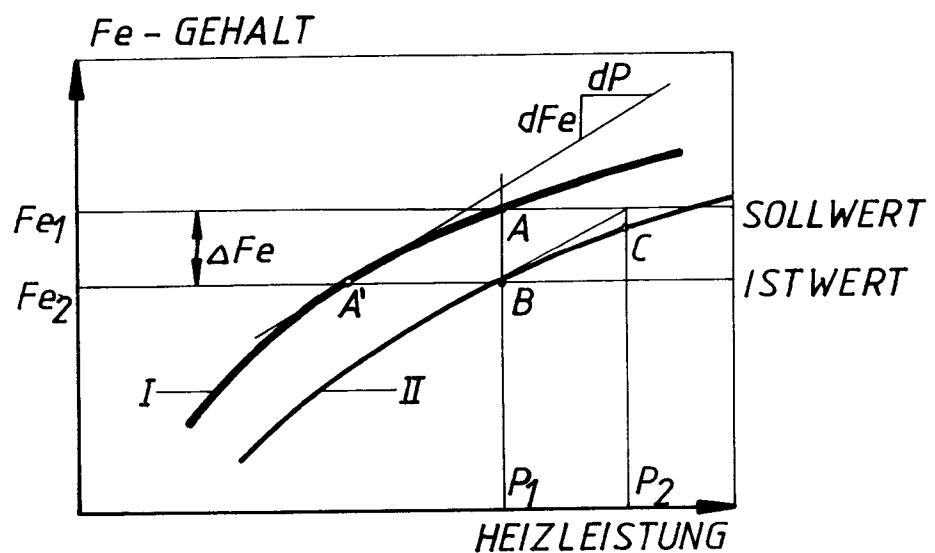
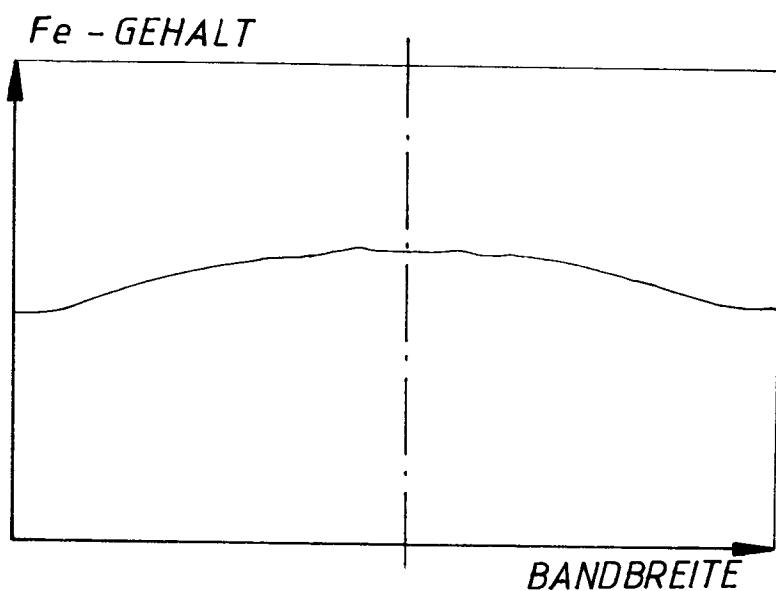


FIG. 3





EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int. Cl.5)
Kategorie	Kenntzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrift Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int. Cl.5)
X	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 014, no. 294 (C-0732) 26. Juni 1990 & JP-A-20 93 056 (KAWASAKI STEEL CORP) 3. April 1990 * Zusammenfassung * ---	1, 3, 4, 6, 8, 10, 12, 13	C23C2/28 C25D5/50
X	FR-A-2 563 537 (STEIN HEURTEY) * Ansprüche 1-9; Abbildung 3 * ---	1, 4, 10, 12	
X	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 015, no. 369 (C-0868) 18. September 1991 & JP-A-31 46 649 (KAWASAKI STEEL CORP) 21. Juni 1991 * Zusammenfassung * ---	1, 10	
A	DE-B-1 298 825 (ARMCO STEEL CORP) * Ansprüche 1-9; Abbildungen 1-3 * ---	1, 2, 4, 6, 7, 8, 10, 11, 12	
A	FR-A-2 072 946 (BRITISH STEEL CORPORATION) * Ansprüche 1-11; Abbildung 1 * ---	1, 10	RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (Int. Cl.5)
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 014, no. 007 (C-673) 23. August 1988 & JP-A-12 52 761 (KAWASAKI STEEL CORP) 9. Oktober 1989 * Zusammenfassung * ---	1, 4, 5, 10, 12	C23C C25D
X, P	EP-A-0 531 963 (NIPPON STEEL CORPORATION) * Ansprüche 1-12; Abbildungen 1-28 * -----	1, 4, 10, 12	
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchierort	Abschlußdatum der Recherche	Prüfer	
DEN HAAG	16 JULI 1993	ELSEN D.B.	
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE		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 : 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			