

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum  
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum  
4. September 2003 (04.09.2003)

PCT

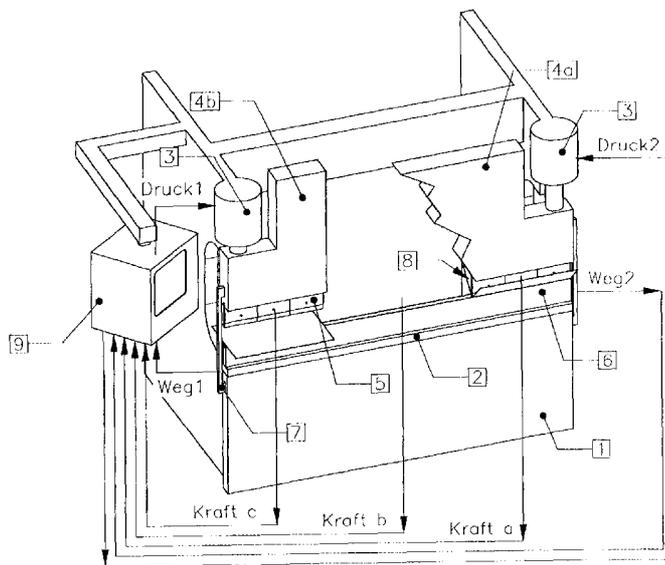
(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
**WO 03/072278 A1**

- (51) Internationale Patentklassifikation<sup>7</sup>: **B21D 5/02** [AT/AT]; Adolf Holzer Gasse 43, A-2380 Perchtoldsdorf (AT). **ZEINAR, Christian** [AT/AT]; Kutschkergasse 31/6, A-1180 Wien (AT).
- (21) Internationales Aktenzeichen: PCT/AT03/00057
- (22) Internationales Anmeldedatum:  
26. Februar 2003 (26.02.2003)
- (25) Einreichungssprache: Deutsch
- (26) Veröffentlichungssprache: Deutsch
- (30) Angaben zur Priorität:  
A300/02 27. Februar 2002 (27.02.2002) AT
- (71) Anmelder und  
(72) Erfinder: **JURICEK, Christian** [AT/AT]; Speisingerstrasse 54/4, A-1130 Wien (AT). **SCHRÖDER, Kurt**
- (81) Bestimmungsstaaten (*national*): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NO, NZ, OM, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.
- (84) Bestimmungsstaaten (*regional*): ARIPO-Patent (GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches Patent (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches Patent (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL,

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: METHOD FOR REDUCING BENDING ANGLE ERRORS DURING DIE BENDING

(54) Bezeichnung: VERFAHREN ZUR REDUKTION DER BIEGEWINKELFEHLER BEIM GESENKTBIEGEN



DRUCK = PRESSURE  
WEG = COURSE  
KRAFT = FORCE

(57) Abstract: The invention relates to a method for reducing bending angle errors when bending a metal sheet in a bending press, comprised of a stationary lower tool (6) and a bending beam (4a, 4b), which is driven by linear axes (3) and provided with upper tools (8). The lower reversal point of the bending die is pre-calculated based on the pre-set specified value of the bending angle and on the force-path course measured during the bending process. The force-path course is measured by a position transducer (7) and a force transducer (8) and is processed inside the control unit (9).

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]



WO 03/072278 A1



PT, SE, SI, SK, TR), OAPI-Patent (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

#### Erklärungen gemäß Regel 4.17:

- hinsichtlich der Berechtigung des Anmelders, ein Patent zu beantragen und zu erhalten (Regel 4.17 Ziffer ii) für die folgenden Bestimmungsstaaten AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NO, NZ, OM, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW, ARIPO-Patent (GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches Patent (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches Patent (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, SI, SK, TR), OAPI-Patent (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG)
- hinsichtlich der Berechtigung des Anmelders, ein Patent zu beantragen und zu erhalten (Regel 4.17 Ziffer ii) für die folgenden Bestimmungsstaaten AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NO, NZ, OM, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW, ARIPO-Patent (GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches Patent (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches Patent (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, SI, SK, TR), OAPI-Patent (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG)
- hinsichtlich der Berechtigung des Anmelders, ein Patent zu beantragen und zu erhalten (Regel 4.17 Ziffer ii) für die folgenden Bestimmungsstaaten AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NO, NZ, OM, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW, ARIPO-Patent (GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches Patent (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches Patent (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, SI, SK, TR), OAPI-Patent (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG)

GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NO, NZ, OM, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW, ARIPO-Patent (GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches Patent (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches Patent (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, SI, SK, TR), OAPI-Patent (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG)

- Erfindererklärung (Regel 4.17 Ziffer iv) nur für US
- hinsichtlich unschädlicher Offenbarungen oder Ausnahmen von der Neuheitsschädlichkeit (Regel 4.17 Ziffer v) für alle Bestimmungsstaaten
- hinsichtlich unschädlicher Offenbarungen oder Ausnahmen von der Neuheitsschädlichkeit (Regel 4.17 Ziffer v) für alle Bestimmungsstaaten
- hinsichtlich unschädlicher Offenbarungen oder Ausnahmen von der Neuheitsschädlichkeit (Regel 4.17 Ziffer v) für alle Bestimmungsstaaten

#### Veröffentlicht:

- mit internationalem Recherchenbericht
- vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche geltenden Frist; Veröffentlichung wird wiederholt, falls Änderungen eintreffen
- mit einer Erklärung hinsichtlich unschädlicher Offenbarungen oder Ausnahmen von der Neuheitsschädlichkeit

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

**(57) Zusammenfassung:** Die gegenständliche Erfindung beschreibt ein Verfahren zur Reduktion der Biege winkelfehler beim Biegen eines Blechs in einer Gesenkbiegepresse bestehend aus einem feststehenden Unterwerkzeug (6) und einem durch Linearachsen (3) angetriebenen Biegebalken (4a, 4b) mit den Oberwerkzeugen (8), wobei der untere Umkehrpunkt des Biegestempels basierend auf dem voreingestellten Sollwert des Biege winkels und dem während des Biegevorganges gemessenen Kraft-Weg Verlauf vorausgerechnet wird. Der Kraft-Weg Verlauf wird durch Wegaufnehmer (7) und Kraftaufnehmer (8) gemessen und in der Steuerung (9) verarbeitet.

## **VERFAHREN ZUR REDUKTION DER BIEGEWINKELFEHLER BEIM GESENKBIEGEN**

Die gegenständliche Erfindung beschreibt ein Verfahren zur Reduktion der Biegewinkelfehler beim Biegen eines Blechs in einer Gesenkbiegepresse bestehend aus einem feststehenden Unterwerkzeug (Gesenk) und einem durch Linearachsen angetriebenen Biegebalken mit den Oberwerkzeugen (Biegestempel), wobei der untere Umkehrpunkt des Biegestempels basierend auf dem vor-eingestellten Sollwert des Biegewinkels und dem während des Biegevorganges gemessenen Kraft-Weg Verlauf vorausberechnet wird.

Das Biegen im Gesenk ist ein weit verbreitetes Verfahren in der Blechbearbeitung. Allgemein bekannte Biegemaschinen bestehen aus einem C-Gestell auf dessen unterem Werkzeugträger die Unterwerkzeuge in Form von meist V-förmigen Gesenken angebracht sind. Die dazu passenden meist schneidenförmigen Oberwerkzeuge sind an einem beweglichen Pressbalken montiert. Dieser Pressbalken wird durch zwei an seinen Enden angeordnete Linearachsen, die meist hydraulisch angetrieben werden, in vertikaler Richtung verfahren.

Üblicherweise wird das Biegen im Gesenk als freies Biegen ausgeführt, das heißt das Blech liegt nur an zwei Stellen am V-Gesenk und an einer Stelle am Biegestempel auf (im Querschnitt betrachtet). Der Biegewinkel ergibt sich dabei durch die untere Umkehrposition des Biegestempels. Dieses Verfahren steht im Gegensatz zum Prägebiegen, bei dem der Stempel soweit in das Gesenk bewegt wird, bis sich eine formschlüssige Verbindung zwischen Gesenk, Blech und Biegestempel einstellt. Durch das Prägebiegen lassen sich sehr präzise Biegewinkel herstellen, allerdings ist für jeden Biegewinkel und jede Blechdicke ein eigener Werkzeugsatz und die 4 – 6 fache Presskraft (im Vergleich zum freien Biegen) erforderlich, weshalb dieses Verfahren nur selten verwendet wird. Im Gegensatz dazu lassen sich beim freien Biegen mit einem Werkzeugsatz viele unterschiedliche Biegewinkel herstellen. Eine Einschränkung beim freien Biegen ist allerdings die reduzierte Genauigkeit des erzielten Biegewinkels, die eine Folge der Rückfederung des Blechs nach dem Zurückziehen des Biegestempels vom unteren Umkehrpunkt ist. Die Pressensteuerungen der gemäß des Standes der Technik heute vorwiegend eingesetzten Biegepressen ermitteln die zu erwartende Rückfederung aufgrund von einfachen, meist empirischen Formeln und der vom Bediener eingegebenen Werkstoffkennwerte bzw. Werkstückabmessungen, und fahren dann mit dem

Biegestempel eine etwas tiefere Position an, was zu einem "Überbiegen" des Blechs führt. Im Idealfall stellt sich dann nach der Entlastung der gewünschte Biegewinkel ein.

In der Praxis treten bei der Vorhersage des Rückfederungswinkels jedoch einige Unsicherheiten auf, die teilweise zu beträchtlichen Fehlern des Biegewinkels führen können. Gründe dafür liegen in Streuungen bzw. Unsicherheiten der Materialkennwerte, wie etwa der Zugfestigkeit oder der Dehngrenze des Werkstoffs (bis zu mehreren 10 %). Wegen der herstellungsbedingten Anisotropie der Werkstoffeigenschaften eines Blechs schwanken diese Werte auch noch in Abhängigkeit der Lage der Biegerichtung in bezug auf die Walzrichtung. Auch die Blechdicke unterliegt in der Praxis Schwankungen bis zu mehreren %.

Wenn eine hohe Genauigkeit und Reproduzierbarkeit des Biegewinkels erforderlich ist, muss der Rückfederungswinkel individuell - zumindest je Blechsorte und Werkstückgeometrie - vermessen und berücksichtigt werden, was gemäß des Standes der Technik in einem zweistufigen Prozess erfolgt. In einem ersten Biegeschritt wird dabei zunächst noch nicht auf den gewünschten Endwinkel gebogen. Der Biegestempel zieht sich daraufhin soweit zurück, dass mittels eines Winkelmesssystems die Rückfederung vermessen werden kann. In dem darauffolgenden Biegeschritt wird dann auf Basis des ermittelten tatsächlichen Rückfederungswinkels soweit überbogen, dass sich der gewünschte Endwinkel mit einer Genauigkeit von wenigen  $0,1^\circ$  einstellt.

Das Biegen unter Zuhilfenahme derartiger Systeme bedeutet aufgrund der längeren Zeitdauer des Biegevorganges eine Reduktion der Produktivität, außerdem sind die verwendeten Winkelmesssysteme oftmals teuer, kompliziert in der Handhabung oder nur in Sonderfällen einsetzbar.

Es besteht daher der Bedarf nach einem unkompliziert und kostengünstig einsetzbaren System, das in einem einzigen Biegeschritt alle zur Kompensation der Rückfederung erforderlichen Parameter ermittelt und daraus unmittelbar die erforderliche untere Umkehrposition des Biegestempels festlegt.

In US4408471 (Gossard et al., Press brake having spring-back compensating adaptive control) und US4511976 (Press brake having spring back compensation stroke reversal control, Raymond J. Graf) wird dies gemäß des Standes der Technik dadurch erreicht, dass die durch zwei Linearachsen eingeleitete Kraft in Abhängigkeit von der Position des Pressbalkens gemessen wird. Aus dem so

aufgenommenen Zusammenhang werden die Werkstoffeigenschaften des Blechs abgeleitet, die dann die Berechnung der optimalen unteren Endposition des Biegestempels erlauben. Da die Aufnahme des Kraft- Weg- Zusammenhanges, die Berechnung der Materialeigenschaften und die Ermittlung der optimalen Endposition in Echtzeit erfolgen, tritt bei diesem Verfahren kein Zeitverlust im Vergleich zu Verfahren ohne Berücksichtigung der individuellen Werkstoffeigenschaften auf. Zur Aufnahme der Biegekraft werden zwei Kraftaufnehmer im Bereich der im gegenständlichen Fall verwendeten Hydraulikachsen bzw. zwei Druckaufnehmer im Hydrauliksystem verwendet, was einen gewissen Mehraufwand gegenüber Pressen ohne Kraft- Weg- Erfassung darstellt. Die Messung des Stempelweges ist hingegen nahezu in allen Biegepressen moderner Bauform standardmäßig umgesetzt, da die entsprechenden Daten auch zur exakten Steuerung der Bewegung des Pressbalkens benötigt werden. Gemäß des Standes der Technik werden hierfür üblicherweise zwei Wegaufnehmer eingesetzt, die im Bereich der Linearachsen des Pressbalkens befestigt sind und Wegsignale mit einer Auflösung von größenordnungsmäßig 20  $\mu\text{m}$  liefern.

Eine ähnliche Vorgangsweise zur Kontrolle der Rückfederung wird in DE19738955 (Haldenwanger et al., Method for controlling a forming process) beansprucht, dort allerdings für das Streckbiegen. Während der Streckphase beim Streckbiegen wird dabei der Kraft- Wegverlauf aufgenommen, um daraus den Werkstoff zu charakterisieren. Aus den so erhaltenen Daten wird dann die erforderliche Vorspannkraft ermittelt, um die gewünschte Rückfederung einzustellen.

Die Aufnahme der Kraft beim Biegen im Gesenk erfolgt gemäß des Standes der Technik an zwei Punkten, das heißt für die Berechnung der Werkstoffkennwerte steht im wesentlichen nur die aus zwei Komponenten zusammengesetzte Gesamtkraft, die entlang der gesamten Biegelänge eingeleitet wird, zur Verfügung. Da die Kraftaufnehmer fix mit der Presse verbunden sind, müssen sie einen großen Messbereich abdecken; sie müssen sowohl bei einem dünnen Blech mit geringer Biegelänge als auch bei einem dicken Blech mit einer großen Biegelänge arbeiten. Aus diesem Grund kann an der unteren Grenze des Messbereichs nur eine schlechte Genauigkeit erreicht werden.

Da beim Biegen, abgesehen von Randstörungen, ein ebener Formänderungszustand vorliegt, ist vor allem die eingeleitete Kraft pro Länge für die Charakterisierung des Biegeprozesses verantwortlich. Bei einer Messung der Gesamtkraft muss also auch die Biegelänge bekannt sein, um die relevante

Größe "Kraft pro Längeneinheit" bestimmen zu können. Da dieser Wert gemäß des Standes der Technik nicht automatisch gemessen wird, muss der Pressensteuerung vor jedem Biegevorgang die Biegelänge bekannt gegeben werden, was eine zusätzliche Komplikation bedeutet. Überdies variieren die Werkstoffeigenschaften oftmals über der Biegelänge, weshalb durch die Messung der Gesamtkraft wesentliche Informationen verloren gehen. Auch kann eine Unebenheit des Blechs oder ein nicht genau parallel zum Gesenk auf dem Blech aufsetzender Biegestempel zu einer Verfälschung des Kraft-Weg-Zusammenhanges führen.

Bei größeren Biegelängen oder bei hohen Biegekräften wird gemäß des Standes der Technik das Gesenk oftmals derart vorgespannt, dass es sich im entlasteten Zustand etwas nach oben durchbiegt, so dass es unter Belastung dann aufgrund der unvermeidlichen überlagerten Durchbiegung in die Gegenrichtung insgesamt keine Durchbiegung aufweist. Diese als "Bombierung" bezeichnete Verformung des Gesenks erzeugt ebenfalls eine Verfälschung des Kraft- Wegverlaufes.

Zur Vermeidung der beschriebenen Nachteile einer Messung der Gesamtkraft beim Biegen im Gesenk wird erfindungsgemäß die Vorrichtung zur Kraftmessung unmittelbar in die Oberwerkzeuge integriert. Da Biegestempel in der allgemein üblichen Ausführungsform gemäß des Standes der Technik aus Segmenten einer Länge von etwa 50...400 mm zusammengesetzt sind, herrschen über der Länge eines derartigen Segments - insbesondere bei schmalen Segmenten - nahezu homogene Verhältnisse. Je kürzer die Länge des Segments gewählt wird, desto genauer kann also die tatsächlich wirkende Kraft je Länge aufgenommen werden. Zur Messung der Kraft werden vorzugsweise piezoelektrische Kraftaufnehmer in einer bekannten Art eingesetzt. Da der Kraftbereich, in dem ein Biegestempel einer bestimmten Bauform sinnvoll verwendet werden kann, genau definiert ist, lässt sich der Kraftsensor gut an den auftretenden Messbereich anpassen, was hoch aufgelöste Messergebnisse garantiert. Solange sichergestellt ist, dass das Werkzeugsegment mit dem Kraftsensor vollkommen auf dem Blech aufsetzt, ist das Messresultat überdies unabhängig von der gesamten Biegelänge.

Zusammen mit den Wegsignalen, die von den gemäß des Standes der Technik ausgeführten Wegaufnehmern an den Linearachsen geliefert werden, wird nach dem beanspruchten Verfahren der Kraft- Weg- Zusammenhang an einem oder mehreren Segmenten des Oberwerkzeugs aufgenommen und der Pressensteuerung zugeführt. Die Pressensteuerung ermittelt aufgrund dieses

Zusammenhanges oder dieser Zusammenhänge in Echtzeit die unteren Umkehrpunkte für die Linearachsen der Biegepresse.

Durch die längenaufgelöste Kraftmessung können erfindungsgemäß auch Schwankungen der Blecheigenschaften über der Biegelänge aufgelöst werden. Insbesondere ist dies eine schwankende Blechdicke oder variierende Werkstoffeigenschaften, was speziell bei der Verarbeitung von warmgewalzten Blechen von Relevanz ist. In einer Ausführungsform der Erfindung werden für die zwei Linearachsen der Biegepresse unterschiedliche untere Umkehrpunkte berechnet, um diese Schwankung über der Länge bestmöglich zu kompensieren und einen konstanten Biegewinkel über der gesamten Länge zu erhalten.

Neben den beiden Linearachsen bietet auch noch die Verstellung der Bombierung des Unterwerkzeugs, die nach bekannten Methoden erfolgt, einen zusätzlichen Freiheitsgrad, um Schwankungen der Blecheigenschaften über der Biegelänge auszugleichen. In einer Ausführungsform der Erfindung werden daher drei mit Kraftaufnehmern bestückte Biegestempel verwendet, zwei in den Randbereichen des Bleches und einer in der Mitte. Die drei aufgenommenen Kraft-Weg-Zusammenhänge werden verwendet, um in der Pressensteuerungen geeignete unter Umkehrpunkte der Linearachsen und eine geeignete Einstellung der Bombierung zu ermitteln, um den gewünschten Biegewinkel zu erhalten.

Der Kraft- Weg- Zusammenhang während des Biegevorganges enthält viele Informationen über den verwendeten Werkstoff. Es gehen etwa der Elastizitätsmodul, die Steckgrenze und die Zugfestigkeit ein. Außerdem liefert die Position des Biegestempels zum Zeitpunkt des Kraftanstieges die tatsächliche Blechdicke an der jeweiligen Messposition. Die aus diesem Zusammenhang abgeleiteten Kennwerte des Werkstoffs werden in einer Ausführungsform der Erfindung dazu verwendet, um den Werkstoff ohne a priori Information zu charakterisieren und danach den Biegeprozess entsprechend zu steuern. Zur Steigerung der Effizienz können auch noch in einer Datenbank gespeicherte Zusatzinformationen zu dem erkannten Werkstoff in die Steuerung des Biegevorganges mit einfließen.

In einer weiteren Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens wird die Verknüpfung der Eingangsdaten in Form des Kraft- Weg- Zusammenhanges mit den Ausgangsdaten, das sind die Steuersignale für die Linearachsen und die Bombierung, über ein in der Pressensteuerung imple-

mentiertes neuronales Netzwerk vorgenommen. Durch die Bewertung jedes einzelnen oder ausgewählter Biegevorgänge, in einer Ausführungsform der Erfindung etwa durch das Nachmessen des erzielten Biegewinkels, lernt dieses Netzwerk von Biegung zu Biegung, so dass sich die Biegeergebnisse mit der Zeit von selbst verbessern.

In einer anderen Realisierung der Erfindung wird der aufgenommene Kraft- Weg- Zusammenhang dazu verwendet, ein numerisches Modell an den jeweiligen Werkstoff und die tatsächliche Geometrie anzupassen. Das Modell berechnet unter zugrunde Legung eines geeigneten Werkstoffmodells die Biegelinie des Blechs, sowie die auftretenden Kräfte und Momente. Durch Anpassung der Parameter des Modells an die gemessenen Werte werden genaue Angaben über die Rückfederung und die erforderliche Überbiegung ermöglicht.

Das erfindungsgemäße Verfahren ist in der Lage, reproduzierbare Biegewinkel trotz schwankender Werkstoffeigenschaften zu gewährleisten. Da aber nicht unmittelbar die Möglichkeit besteht, den Biegewinkel direkt zu messen, besteht die Gefahr, dass sich ein systematischer Fehler des Biegewinkels einstellt. Dieser Fehler wird in eine einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung dadurch ausgeschlossen, dass ein Winkelmessverfahren gemäß des Standes der Technik verwendet wird, um Rückmeldung über die Effizienz der Prozesssteuerung über den Kraft- Weg- Zusammenhang zu erhalten. Der auf diese Weise gemessene Winkel wird dazu verwendet, um den Steuerungsalgorithmus der Pressensteuerung in Hinblick auf bessere Ergebnisse zu modifizieren.

**Figur 1** zeigt eine beispielsweise Anordnung zur Ausführung des erfindungsgemäßen Verfahrens.

In **Figur 2** ist als Detail ein Segment des Oberwerkzeugs mit integrierter Vorrichtung zur Kraftmessung dargestellt.

In **Figur 1** ist eine bevorzugte Ausführung des Verfahrens nach der gegenständlichen Erfindung dargestellt. Verwendet wird eine hydraulische Gesenkbiegepresse in bekannter Ausführung, bestehend aus dem C-Gestell (1), auf dem der untere Werkzeughalter (2) und zwei hydraulische Linearachsen (3) montiert sind. Die beiden hydraulischen Linearachsen (3) tragen den beweglichen Pressbalken (gezeichnet vor dem Biegen (4a) und beim Biegen (4b)), auf dem die Biegestempel in Form von mehreren Segmenten (5) angebracht sind. Ebenso ist der untere Werkzeugträger (2) mit mehreren Biegegesenken (6) ausgerüstet. Zur Messung der Position der Biegestempel relativ zu den

Biegegesenken werden zwei Positionsaufnehmer (7) in bekannter Weise eingesetzt. Eine oder mehrere Biegestempel der dargestellten Gesenkbiegepresse wird bzw. werden nun erfindungsgemäß mit einer Vorrichtung zur Kraftmessung (8) ausgerüstet, die in Abhängigkeit von der wirkenden Kraft ein elektrisches Signal liefert. Die elektrischen Signale der Wegaufnehmer (7), der Kraftaufnehmer (8), sowie die Steuersignale für die Linearachsen (3) werden in der Steuerung (9) zusammengeführt. Die Steuerung generiert aus den Weg- und Kraftsignalen, sowie den Benutzereingaben die Signale zur Ansteuerung der beiden Linearachsen.

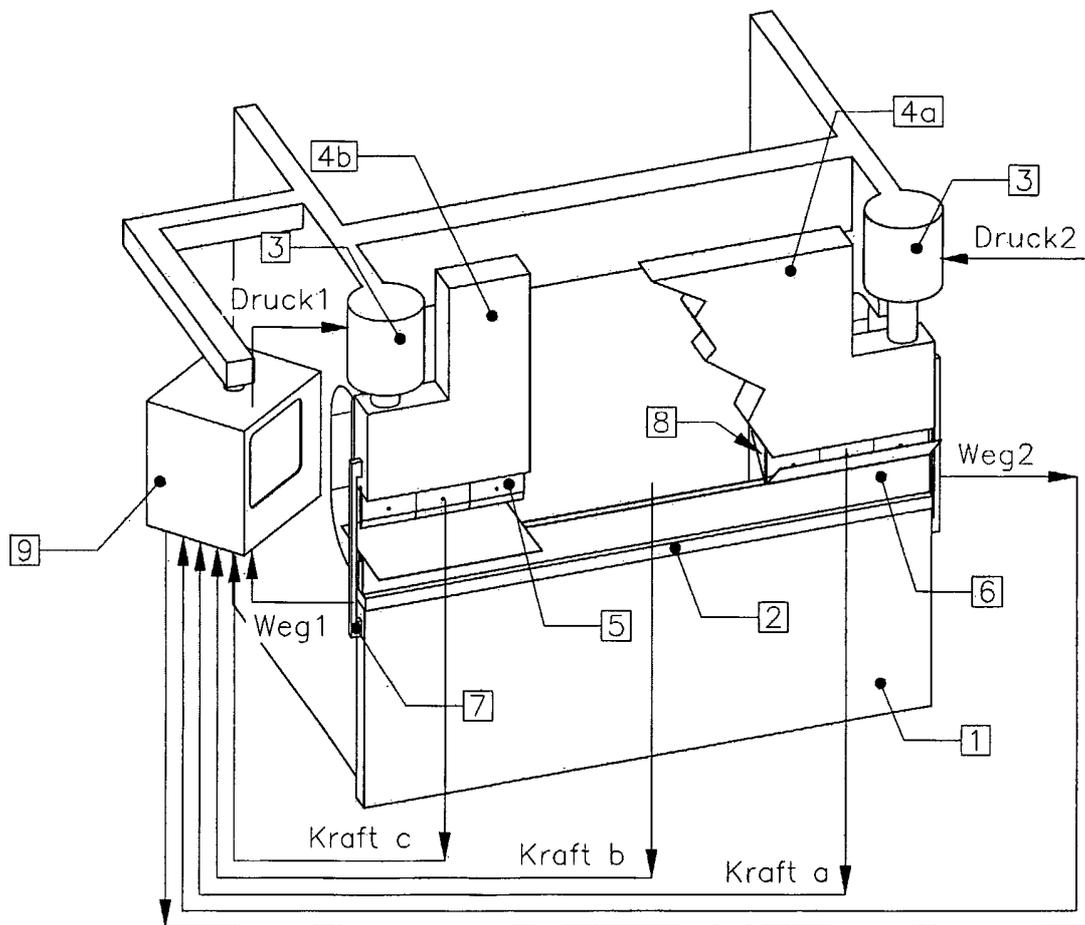
Figur 2 zeigt als Detail eine bevorzugte Ausführung des Kraftaufnehmers an einem Biegestempel. Am Biegestempel (5) werden dabei zwei Befestigungsstifte (10) eingeschraubt, zwischen denen ein piezoelektrischer Kraftaufnehmer (8) bekannter Bauform eingespannt ist. Der zylinderförmig ausgeführte Kraftaufnehmer setzt dabei proportional zur axialen Längenänderung eine elektrische Ladung frei, die durch ein Kabel (11) in bekannter Weise einem Ladungsverstärker zugeführt wird. Während des Biegevorganges wird im Biegestempel in guter Näherung ein einachsiger Spannungszustand erzeugt, wobei nur elastische Spannungen auftreten, so dass die Längenänderung der einwirkenden Kraft proportional ist. Die Störung der Spannungsverteilung die durch den Kraftsensor eingebracht wird ist dabei vernachlässigbar klein. Als Folge produziert der piezoelektrische Sensor eine kraftproportionale elektrische Ladung.

**Patentansprüche**

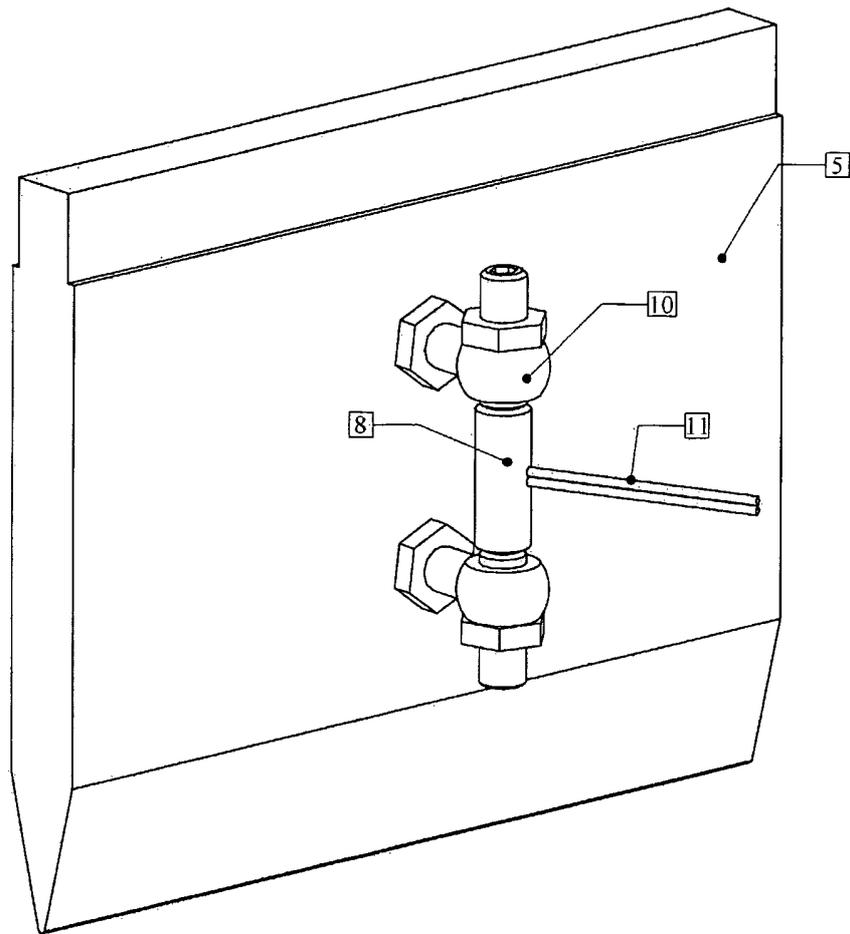
1. Verfahren zur Reduktion der Biegewinkelfehler beim Biegen eines Blechs in einer Gesenk-  
biegepresse bestehend aus einem feststehenden Unterwerkzeug (V-Gesenk) (6) und einem  
durch Linearachsen (3) angetriebenen Biegebalken mit den Oberwerkzeugen (Biegestempel)  
(5), wobei der untere Umkehrpunkt des Biegestempels basierend auf dem voreingestellten  
Sollwert des Biegewinkels und dem während des Biegevorganges gemessenen Kraft-Weg-  
Zusammenhanges vorausberechnet wird, **dadurch gekennzeichnet**, dass eine Kraftmessung  
durch einen oder mehrere Kraftsensoren (8) erfolgt, der oder die in das in bekannter Weise  
mehrteilig ausgeführte Oberwerkzeug integriert ist bzw. sind, so dass jeder Kraftsensor nur  
die am jeweiligen Segment des Oberwerkzeugs wirkende Kraft erfasst.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass als Linearachsen (3) hydrau-  
lische Achsen eingesetzt werden.
3. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass als Linearachsen (3) elektrisch  
angetriebene Achsen eingesetzt werden.
4. Verfahren nach den Ansprüchen 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Umkehrpunkte  
der Linearachsen (3) der Biegepresse getrennt voneinander vorausberechnet und angefahren  
werden.
5. Verfahren nach den Ansprüchen 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Bombierung des  
Unterwerkzeugs (6) aufgrund von Kraftmessungen an mehreren Stellen am Blech,  
vorzugsweise am Rand und in der Mitte, eingestellt wird.
6. Verfahren nach den Ansprüchen 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass ein Berechnungs-  
algorithmus verwendet wird, der selbsttätig die Blechdicke sowie den Werkstoff erkennt und  
entsprechend den Prozess steuert.
7. Verfahren nach den Ansprüchen 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass ein neuronales Netz  
zur Auswertung des Kraft- Weg- Verlaufes eines Kraftsensors oder der Kraft- Weg- Verläufe

mehrerer Kraftsensoren und zur Ansteuerung des Biegebalkens verwendet wird, das auf der Basis bereits durchgeführter Biegevorgänge lernt.

8. Verfahren nach den Ansprüchen 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass als Berechnungsalgorithmus für die Maschinensteuerung ein numerisches Modell verwendet wird, das auf vorgegebenen Werkstoffmodellen und auf der Messung bestimmter Werkstoffkennwerte beruht.
9. Verfahren nach Anspruch 1 bis 8, **dadurch gekennzeichnet**, dass ein Winkelmesssystem bekannter Bauform verwendet wird, um den Biegewinkel nach Entlastung des Blechs exakt zu vermessen und daraus einen Korrekturwert für folgende Biegungen zu generieren.



Figur 1



Figur 2

VIII-5-1	<b>Erklärung: Unschädliche Offenbarungen oder Ausnahmen von der Neuheitsschädlichkeit</b> Erklärung hinsichtlich unschädlicher Offenbarungen oder Ausnahmen von der Neuheitsschädlichkeit (Regeln 4.17(v) und 51bis.1(a)(v)): Name:	<b>in bezug auf diese internationale Anmeldung</b>  <b>JURICEK, Christian erklärt, daß der in diese internationalen Anmeldung beanspruchte Gegenstand wie folgt offenbart wurde:</b>
VIII-5-1	Art und Weise der Offenbarung:	Veröffentlichung
(i)		
VIII-5-1	Datum der Offenbarung:	27 Februar 2002 (27.02.2002)
(ii)		
VIII-5-1	Titel der Offenbarung:	Verfahren zur Reduktion der Biegewinkelfehler beim Gesenkbiegen (A300/02)
(iii)		
VIII-5-1	Ort der Offenbarung:	Wien, AT
(iv)		
VIII-5-1	Diese Erklärung wird abgegeben im Hinblick auf:	alle Bestimmungsstaaten
(v)		

VIII-5-2	<b>Erklärung: Unschädliche Offenbarungen oder Ausnahmen von der Neuheitsschädlichkeit</b> Erklärung hinsichtlich unschädlicher Offenbarungen oder Ausnahmen von der Neuheitsschädlichkeit (Regeln 4.17(v) und 51bis.1(a)(v)): Name:	<b>in bezug auf diese internationale Anmeldung</b>  <b>SCHRÖDER, Kurt erklärt, daß der in diese internationalen Anmeldung beanspruchte Gegenstand wie folgt offenbart wurde:</b>
VIII-5-2	Art und Weise der Offenbarung:	<b>Veröffentlichung</b>
(i) VIII-5-2	Datum der Offenbarung:	<b>27 Februar 2002 (27.02.2002)</b>
(ii) VIII-5-2	Titel der Offenbarung:	<b>Verfahren zur Reduktion der Biegewinkelfehler beim Gesenkbiegen (A300/02)</b>
(iii) VIII-5-2	Ort der Offenbarung:	<b>Wien, AT</b>
(iv) VIII-5-2	Diese Erklärung wird abgegeben im Hinblick auf:	<b>alle Bestimmungsstaaten</b>
(v)		

VIII-5-3	<b>Erklärung: Unschädliche Offenbarungen oder Ausnahmen von der Neuheitsschädlichkeit</b> Erklärung hinsichtlich unschädlicher Offenbarungen oder Ausnahmen von der Neuheitsschädlichkeit (Regeln 4.17(v) und 51bis.1(a)(v)): Name:	<b>in bezug auf diese internationale Anmeldung</b>  <b>ZEINAR, Christian erklärt, daß der in diese internationalen Anmeldung beanspruchte Gegenstand wie folgt offenbart wurde:</b>
VIII-5-3	Art und Weise der Offenbarung:	<b>Veröffentlichung</b>
(i) VIII-5-3	Datum der Offenbarung:	<b>27 Februar 2002 (27.02.2002)</b>
(ii) VIII-5-3	Titel der Offenbarung:	<b>Verfahren zur Reduktion der Biegewinkelfehler beim Gesenkbiegen (A300/02)</b>
(iii) VIII-5-3	Ort der Offenbarung:	<b>Wien, AT</b>
(iv) VIII-5-3	Diese Erklärung wird abgegeben im Hinblick auf:	<b>alle Bestimmungsstaaten</b>
(v)		

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

International Application No

PCT/AT 03/00057

<b>A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER</b> IPC 7 B21D5/02		
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
<b>B. FIELDS SEARCHED</b>		
Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) IPC 7 B21D		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used) EPO-Internal, PAJ, WPI Data		
<b>C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT</b>		
Category °	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	US 4 408 471 A (GOSSARD DAVID C ET AL) 11 October 1983 (1983-10-11) column 2, line 28 -column 4, line 21; figures 1,2,3A,3B ---	1-9
Y	EP 1 090 699 A (MURATA MACHINERY LTD) 11 April 2001 (2001-04-11) figures 1,21-28 ---	1-9
Y	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 2000, no. 03, 30 March 2000 (2000-03-30) & JP 11 347635 A (AMADA ENG CENTER CO LTD;AMADA CO LTD), 21 December 1999 (1999-12-21) abstract --- -/--	1-9
<input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of box C. <input checked="" type="checkbox"/> Patent family members are listed in annex.		
° Special categories of cited documents :		
*A* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance *E* earlier document but published on or after the international filing date *L* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) *O* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means *P* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	*T* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention *X* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone *Y* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art. *&* document member of the same patent family	
Date of the actual completion of the international search  <p align="center">15 July 2003</p>	Date of mailing of the international search report  <p align="center">24/07/2003</p>	
Name and mailing address of the ISA European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl, Fax: (+31-70) 340-3016	Authorized officer  <p align="center">Vinci, V</p>	

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No  
PCT/AT 03/00057

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category °	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	US 4 552 002 A (FREI THEO ET AL) 12 November 1985 (1985-11-12) figure 4 ---	1
A	US 5 414 619 A (HITACHY, LTD) 9 May 1995 (1995-05-09) figure 2 -----	1,7

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

Information on patent family members

International Application No

PCT/AT 03/00057

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 4408471	A	11-10-1983	NONE	
EP 1090699	A	11-04-2001	JP 3415080 B2	09-06-2003
			JP 2001074407 A	23-03-2001
			CN 1292309 A	25-04-2001
			EP 1090699 A2	11-04-2001
			US 6571589 B1	03-06-2003
JP 11347635	A	21-12-1999	NONE	
US 4552002	A	12-11-1985	AT 374706 B	25-05-1984
			AT 220782 A	15-10-1983
			CA 1199562 A1	21-01-1986
			DE 3370448 D1	30-04-1987
			EP 0096278 A2	21-12-1983
			GB 2122121 A ,B	11-01-1984
			JP 1016566 B	24-03-1989
			JP 1530789 C	15-11-1989
			JP 58218327 A	19-12-1983
US 5414619	A	09-05-1995	JP 3136183 B2	19-02-2001
			JP 5197401 A	06-08-1993
			DE 4301130 A1	22-07-1993

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/AT 03/00057

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES  
IPK 7 B21D5/02

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)  
IPK 7 B21D

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, PAJ, WPI Data

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
Y	US 4 408 471 A (GOSSARD DAVID C ET AL) 11. Oktober 1983 (1983-10-11) Spalte 2, Zeile 28 -Spalte 4, Zeile 21; Abbildungen 1,2,3A,3B ---	1-9
Y	EP 1 090 699 A (MURATA MACHINERY LTD) 11. April 2001 (2001-04-11) Abbildungen 1,21-28 ---	1-9
Y	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 2000, no. 03, 30. März 2000 (2000-03-30) & JP 11 347635 A (AMADA ENG CENTER CO LTD;AMADA CO LTD), 21. Dezember 1999 (1999-12-21) Zusammenfassung --- -/--	1-9

Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

Siehe Anhang Patentfamilie

\* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

\*A\* Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

\*E\* älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

\*L\* Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

\*O\* Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

\*P\* Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

\*T\* Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

\*X\* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung, die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

\*Y\* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung, die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

\*Z\* Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

15. Juli 2003

Absenddatum des internationalen Recherchenberichts

24/07/2003

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde  
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Vinci, V

## INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/AT 03/00057

C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
Y	US 4 552 002 A (FREI THEO ET AL) 12. November 1985 (1985-11-12) Abbildung 4 ---	1
A	US 5 414 619 A (HITACHY, LTD) 9. Mai 1995 (1995-05-09) Abbildung 2 -----	1,7

**INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT**

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/AT 03/00057

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 4408471	A	11-10-1983	KEINE	
EP 1090699	A	11-04-2001	JP 3415080 B2	09-06-2003
			JP 2001074407 A	23-03-2001
			CN 1292309 A	25-04-2001
			EP 1090699 A2	11-04-2001
			US 6571589 B1	03-06-2003
JP 11347635	A	21-12-1999	KEINE	
US 4552002	A	12-11-1985	AT 374706 B	25-05-1984
			AT 220782 A	15-10-1983
			CA 1199562 A1	21-01-1986
			DE 3370448 D1	30-04-1987
			EP 0096278 A2	21-12-1983
			GB 2122121 A ,B	11-01-1984
			JP 1016566 B	24-03-1989
			JP 1530789 C	15-11-1989
			JP 58218327 A	19-12-1983
US 5414619	A	09-05-1995	JP 3136183 B2	19-02-2001
			JP 5197401 A	06-08-1993
			DE 4301130 A1	22-07-1993