



(11) **EP 2 448 689 B1**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT**

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:  
**25.02.2015 Patentblatt 2015/09**

(51) Int Cl.:  
**B21D 5/02 (2006.01) B21D 37/16 (2006.01)**

(21) Anmeldenummer: **10739461.1**

(86) Internationale Anmeldenummer:  
**PCT/AT2010/000237**

(22) Anmeldetag: **29.06.2010**

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:  
**WO 2011/000013 (06.01.2011 Gazette 2011/01)**

(54) **VERFAHREN UND VORRICHTUNG ZUM BIEGEN EINES WERKSTÜCKS**

DEVICE AND METHOD FOR BENDING A WORKPIECE

PROCÉDÉ ET DISPOSITIF DE PLIAGE D'UNE PIÈCE

(84) Benannte Vertragsstaaten:  
**AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO PL PT RO SE SI SK SM TR**

(30) Priorität: **29.06.2009 AT 10082009**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:  
**09.05.2012 Patentblatt 2012/19**

(73) Patentinhaber: **Trumpf Maschinen Austria GmbH & CO. KG.**  
**4061 Pasching (AT)**

(72) Erfinder:  
• **BAMMER, Ferdinand**  
**A-1170 Wien (AT)**  
• **SCHUÖCKER, Dieter**  
**A-1130 Wien (AT)**

- **RAU, Armin**  
**A-4501 Neuhofen (AT)**
- **AICHINGER, Joachim**  
**A-4052 Ansfelden (AT)**
- **SPERRER, Gerhard**  
**A-4554 Oberschlierbach (AT)**
- **SCHUMI, Thomas**  
**A-1050 Wien (AT)**

(74) Vertreter: **Burger, Hannes**  
**Anwälte Burger & Partner**  
**Rechtsanwalt GmbH**  
**Rosenuerweg 16**  
**4580 Windischgarsten (AT)**

(56) Entgegenhaltungen:  
**EP-A1- 0 933 345 EP-A2- 0 108 718**  
**EP-A2- 1 961 502 AT-B- 411 023**  
**DE-C1- 19 514 285**

**EP 2 448 689 B1**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents im Europäischen Patentblatt kann jedermann nach Maßgabe der Ausführungsordnung beim Europäischen Patentamt gegen dieses Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

**Beschreibung**

**[0001]** Die Erfindung betrifft ein Verfahren gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1 sowie ein Biegegesenk gemäß dem Oberbegriff der Patentansprüche 12 und 13.

**[0002]** Das Biegen von Werkstücken mittels Biegepressen ist ein schon seit langem und häufig angewendetes zuverlässiges Verfahren zur Bearbeitung von Werkstücken durch Umformen. Der Anwendungsbereich von Biegeverfahren ist häufig durch die Materialeigenschaften, insbesondere durch mechanisch-technologische Eigenschaften begrenzt. So besteht bei spröden Materialien wie Magnesium, Titan, Federstählen, hochfesten Al-Legierungen, hochfesten Stählen oder sonstigen als spröde bekannten Materialien das Problem, dass bei einer Verformung durch Biegen diese Materialien keine ausreichende plastische Verformbarkeit aufweisen und deshalb während des Biegevorganges brechen oder entlang der Umformzone Risse auftreten. Eine Kenngröße, die das diesbezügliche Verhalten von Materialien beschreibt, ist die so genannte Bruchdehnung, also der Wert der plastischen Verformung, die ein umzuformendes Werkstück bis zum Auftreten eines Bruchs maximal ertragen kann. Eine alternative Kenngröße für dieses Verhalten ist auch das sogenannte Streckgrenzenverhältnis, das die in einem Werkstück erforderliche Spannung bei Beginn einer merklichen plastischen Verformung ins Verhältnis zu der im Werkstück herrschenden Spannung bei Bruchbelastung setzt.

**[0003]** Um auch derartige Materialien für die Anwendung eines Umformverfahrens, insbesondere für Biegen zugänglich zu machen, werden bereits seit längerem mit Erfolg Verfahren angewendet, mit denen ein Werkstück in einen Zustand versetzt wird, in dem es günstigere mechanische Eigenschaften aufweist, und mittels eines Biegeverfahrens umgeformt werden kann. Eine bekannte Methode besteht darin, ein zu biegendes Werkstück zumindest im Bereich der Umformzone zu erwärmen, wodurch in diesem erwärmten Bereich die zur Einleitung von plastischer Verformung erforderliche Spannung gesenkt werden kann.

**[0004]** Als Beispiel für ein derartiges Verfahren offenbart EP 0 993 345 A1 ein Verfahren zum Biegen eines Werkstücks durch mechanische Krafteinwirkung unter selektiver Erwärmung des Werkstücks entlang einer Biegelinie durch einen Laserstrahl, bei dem aus einem Laserstrahl oder mehreren Laserstrahlen ein längliches Strahlenfeld geformt wird und bei dem das Strahlenfeld an allen Punkten entlang der Biegelinie einer Erwärmungszone am Werkstück gebildet wird. Dabei umfasst die Vorrichtung zur Formung des linienförmigen Strahlenfeldes Zylinderlinsen und/oder Zylinderspiegel, mit denen ein Strahlenfeld durch eine Öffnung im Biegegesenk dem Werkzeug zugeführt wird. Im Ausführungsbeispiel gemäß Figur 4 der EP-A1 wird ein Laserstrahl durch eine strahlformende Optik, bestehend aus einem Prismenspiegel, zwei Zylinderlinsen und zwei zylindrischen Umlenkspiegeln in zwei Strahlenfelder zerlegt, die jeweils eine linienförmige Erwärmungszone erzeugen. Der auf diese Weise umgeformte Laserstrahl wird dabei durch eine schlitzenartige Öffnung in der Unterseite des Gesenks dem Werkstück zugeführt.

**[0005]** Diese aus EP 0 993 345 A1 bekannte Lösung für die Führung der energiereichen Strahlung in einem Biegegesenk ist für die praktische Anwendung an gängigen Biegemaschinen nicht optimal geeignet, da das Biegegesenk durch die zweiteilige Ausführung eine begrenzte mechanische Stabilität aufweist und der das Biegegesenk aufnehmende Pressenbalken oder Pressentisch Ausnehmungen für die Strahlverteilung aufweisen müsste. Weiters ist das in der EP-A1 beschriebene Verfahren für das Biegen kleiner Werkstücke nur bedingt geeignet, da die energiereiche Strahlung immer über die gesamte Länge eines Biegegesenks verteilt wird.

**[0006]** Die Aufgabe der Erfindung besteht darin, ein gattungsgemäßes Biegeverfahren beziehungsweise ein dafür einsetzbares Biegegesenk bereitzustellen, das für die praktische Anwendung besser einsetzbar ist und auch für Werkstücke verschiedener Abmessungen bei gleichzeitig hohen Anforderungen bezüglich der Arbeitssicherheit geeignet ist.

**[0007]** Die Aufgabe der Erfindung wird durch ein Verfahren gemäß Patentanspruch 1 und eine Biegegesenkanordnung gemäß Patentanspruch 12 oder 13 gelöst.

**[0008]** Dadurch, dass die aus der Biegeausnehmung austretende Strahlung durch gesteuerte lokale Erzeugung der Strahlung innerhalb der Biegegesenkanordnung mittels mehrerer wahlweise aktivierbarer Strahlungsquellen oder durch gesteuerte Verteilung eines konzentrierten Strahlenbündels durch Strahlbeeinflussungsmittel innerhalb einer Biegegesenkanordnung an das zu biegende Werkstück angepasst wird, gegebenenfalls auch auf einen Teilabschnitt der Biegeausnehmung der Biegegesenkanordnung beschränkt werden kann, wird zum einen die für die lokale Erwärmung des Werkstücks erforderliche Strahlungsenergie minimiert, als auch eine mögliche Gefährdung durch die Strahlung für einen im Umfeld des Biegewerkzeugs befindlichen Benutzer reduziert, da der Anteil der Strahlung, der vom Biegegesenk nicht auf das Werkstück treffende Strahlung durch diese Maßnahmen stark reduziert ist.

**[0009]** Die gesteuerte lokale Erzeugung der Strahlung erfolgt dabei durch mehrere entlang der Biegeausnehmung angeordnete Strahlungsquellen innerhalb des Biegegesenks, die Strahlung mit geringerer Leistungsdichte abstrahlen, dafür jedoch in Summe eine größere Gesamtstrahlaustrittsfläche aufweisen, als eine einzelne hoch konzentrierte gebündelte Strahlungsquelle. Als Strahlungsquellen sind dazu insbesondere Diodenlaserbarren geeignet, die eine streifenförmige Strahlaustrittsfläche aufweisen, beispielsweise mit einer Abmessung von 10 mm Länge und 1 mm Breite. Die Längsachse der streifenförmigen Strahlaustrittsfläche ist dabei in Längsrichtung der nutartigen Biegeausnehmung orientiert, wodurch bereits eine Verteilung der Strahlung entlang der Biegeausnehmung alleine durch die Form der Strahlaustrittsfläche stattfindet. Dadurch, dass mehrere Strahlungsquellen innerhalb des Biegegesenks angeordnet

sind, können einzelne oder mehrere davon während der Erwärmung des Werkstücks deaktiviert bleiben, wodurch an dem über den deaktivierten Strahlungsquellen liegenden Teilabschnitt der Strahlenaustrittsöffnung keine oder nur sehr wenig Strahlung austritt.

**[0010]** Um durch Strahlbeeinflussungsanordnungen eine gleichmäßige Verteilung der Strahlung innerhalb der Biegegesenkanordnung bzw. im Bereich der Biegeausnehmung, an dem die Umformzone des Werkstücks liegt, zu erreichen, umfassen diese zumindest ein optisches Element, durch das von einer externen Strahlungsquelle eingehende energiereiche Strahlung innerhalb der Biegegesenke umgelenkt, aufgeteilt oder geformt werden kann, wozu optische Elemente beispielsweise in Form von Linsen, Spiegeln, Polarisationsfiltern, Strahlteiler-elementen, FTIR-Elementen (frustrated total internal reflection), Halbwellenplatten und Kombinationen daraus im Inneren der Biegegesenke die Strahlbeeinflussungsanordnung bilden. Durch Verstellmöglichkeiten an einzelnen oder mehreren optischen Bauelementen besteht darüber hinaus die Möglichkeit, die von der Strahlungsquelle ausgesandte Strahlung in verschiedene Abschnitte der Strahlaustrittsöffnung und damit an ein Werkstück angepasst aus dem Biegegesenk auszuleiten und/oder Anteile der Strahlung zu anderen Bereichen innerhalb desselben oder eines benachbarten Biegegesenks umzulenken, wodurch diese innerhalb des Biegegesenks absorbiert wird und dieses nicht durch die Strahlenaustrittsöffnung verlässt. Zusätzlich kann eine gesteuerte Abschirmung innerhalb des Biegegesenks mittels eines Abschirmelements einer Abschirmvorrichtung, das die auftreffende Strahlung ohne nachteilige Veränderungen ertragen kann, durchgeführt werden, um in der Biegegesenkanordnung erzeugte Strahlung oder in das Biegegesenk von einer externen Strahlungsquelle eingeleitete Strahlung am Austritt durch die Strahlaustrittsöffnung in nicht von einem Werkstück abgedeckte Teilabschnitte einer Biegeausnehmung zu hindern, wodurch die aus dem Biegegesenk austretende Strahlung noch genauer an die Abmessungen eines Werkstücks angepasst werden kann. Damit Werkstücke mit unterschiedlichen Biegelängen mit einem derartigen Biegegesenk bearbeitet werden können, erfolgt die Abschirmung vorzugsweise mittels eines verstellbaren Abschirmelements einer Abschirmvorrichtung. Durch diese Maßnahme wird ein möglicherweise sicherheitstechnisch kritischer Strahlenausritt neben dem Werkstück noch weiter reduziert. Da nicht jedes Werkstück die gesamte Biegeausnehmung abdeckt, da häufig dessen Biegelänge kürzer ist, als die Länge des Biegegesenks bzw. der Biegegesenkanordnung, und ein Austritt von energiereicher Strahlung neben dem Werkstück aus Gründen der Arbeitssicherheit möglichst unterbunden werden sollte, ist bei der Ausführung des Verfahrens von Vorteil, wenn am Biegegesenk in Strahlenrichtung betrachtet nach der Strahlenaustrittsöffnung zumindest ein verstellbares Abschirmelement zur Abdeckung nicht vom Werkstück abgedeckter Abschnitte vorgesehen ist. Dieses Abschirmelement kann als Schieber ausgebildet sein, der entlang der Biegeausnehmung verstellbar ist, und dadurch je nach Biegelänge des Werkstücks der von diesem nicht abgedeckte Teil der Biegeausnehmung von dem Abschirmelement bedeckt bzw. verschlossen wird und dadurch zumindest ein direkter Austritt von Strahlung neben dem Werkstück vermieden werden kann.

**[0011]** Insbesondere kann das Abschirmelement in Richtung der Biegelänge bis zum Anliegen an das Werkstück verstellbar sein, wodurch für jede beliebige Biegelänge eine optimale Unterbindung von Leckstrahlung erfolgen kann. Die Verstellung des Abschirmelements kann durch jeden geeigneten Verstellantrieb, insbesondere einen Linearantrieb erfolgen, beispielsweise mittels eines Pneumatikzylinders, mit dem ein definiertes seitliches Anpressen des Abschirmelements an das Werkstück erzielt werden kann. Das Werkstück kann dabei insbesondere jeweils am rechten oder am linken Ende eines Biegegesenks mittels eines feststehenden Anschlags positioniert sein und das Abschirmelement jeweils vom anderen Ende des Biegegesenks her mittels des Stellantriebs an das Werkstück angenähert werden. Ein baulich einfacher, alternativer Verstellantrieb für das Abschirmelement kann durch einen Reibradantrieb gebildet sein.

**[0012]** Da das Werkstück während der Biegeumformung ausgehend von einem weitgehend flachen Ausgangszustand in das Innere der Biegeausnehmung verformt wird, ist es von Vorteil, wenn das Abschirmelement in das Innere der Biegeausnehmung verstellbar im Werkzeuggrundkörper oder an der Biegegesenkanordnung gelagert ist, beispielsweise durch federnde oder gelenkige Lagerung des Abschirmelements oder der gesamten Abschirmvorrichtung. Das Abschirmelement kann dadurch während des Biegevorganges am Werkstück anliegend oder kontaktierend verbleiben und wird von einem Biegestempel zusammen mit dem Werkstück in die Biegeausnehmung gedrückt. Das Abschirmelement oder die gesamte Abschirmvorrichtung kann dazu etwa mittels einer nach außen wirkenden Feder an die Oberseite der Biegeausnehmung gedrückt werden, und durch eine Führung in seiner Verstellbarkeit nach außen begrenzt sein, also in einer äußeren Grundstellung vorgespannt sein.

**[0013]** Um die Wirksamkeit des Abschirmelements sicherzustellen, ist es von Vorteil, wenn vor Aktivierung der Strahlung das Anliegen des Abschirmelements am Rand des Werkstücks mechanisch, elektrisch oder optisch, insbesondere berührungslos, überprüft wird. Dazu kann beispielsweise an der Stirnseite des Abschirmelements ein mechanisches Sensorelement, etwa in Form eines Tastschalters, vorgesehen sein, ein Stromfluss bei Kontakt zwischen Abschirmelement und Werkstück überwacht oder eine optische Überwachung mittels Kamera und Bildauswertung erfolgen. Eine optische Überwachung des Anliegens kann vorzugsweise dadurch erfolgen, dass das Abschirmelement so ausgebildet wird, dass es mit seinem stirnseitigen Ende unterhalb des Werkstücks positioniert werden kann und in diesem Endabschnitt eine optisch erfassbare Markierung angebracht ist, die bei korrektem Anliegen des Abschirmelements am Werkstück unter diesem zu liegen kommt und durch eine Kamera mit Bildauswertung abgefragt werden kann, ob die Markierung noch sichtbar ist oder durch korrektes Anliegen des Abschirmelements nicht mehr sichtbar ist.

**[0014]** Um die Absorption von Strahlung am Abschirmelement zu minimieren bzw. eine übermäßige Erwärmung durch die absorbierte Strahlung zu erkennen, kann dieses an seiner Unterseite eine verspiegelte Oberfläche aufweisen und/oder eine konvexe, Strahlung zerstreuernde Oberfläche aufweisen und/oder mit einer Temperaturüberwachung ausgestattet sein. Durch eine reflektierende beziehungsweise Strahlung zerstreuernde Oberfläche des Abschirmelements wird von diesem nur ein Anteil der Strahlungsleistung absorbiert, während der restliche reflektierte Anteil über das Innere des Biegegesenks verteilt wird, wodurch das Entstehen von Temperaturspitzen weitgehend vermieden ist. Zusätzlich kann das Abschirmelement eine Kühleinrichtung, beispielsweise in Form von wasserführenden Kanälen umfassen.

**[0015]** Eine weitere Erhöhung der Sicherheit für eine im Umfeld des Biegegesenks anwesende Bedienperson wird erreicht, wenn ein durch eine Strahlbeeinflussungsanordnung im Biegegesenk bewirkter Brennpunkt der Strahlung innerhalb der Biegeausnehmung positioniert wird, wodurch austretende Strahlung außerhalb des Biegegesenks divergierend verläuft. Außerhalb der Biegeausnehmung und oberhalb der Anlagefläche ist somit keine konzentrierte Strahlung vorhanden, und nimmt eine mögliche Gefährdung einer Bedienperson mit zunehmendem Abstand von der Biegeausnehmung sehr schnell ab. Die Strahlung wird dazu vorzugsweise mittels Streulinsen oder Konvexspiegeln zur Strahlenaustrittsöffnung geleitet oder bei Verwendung von konzentrierenden optischen Bauelementen wie Sammellinsen oder Konkavspiegeln wird ein durch diese gebildeter Brennpunkt so gelegt, dass dieser sich noch innerhalb der Biegeausnehmung befindet. Da sich die auf die Umformzone gerichtete Strahlung aus mehreren Strahlenfächern zusammensetzt, ergeben sich zwangsläufig Schwankungen der Strahlungsintensität entlang der Umformzone, die durch geeignete Überlagerung benachbarter Strahlenfächer möglichst gut ausgeglichen wird. Dabei kann der Bereich, in dem die Strahlung die höchste Gleichmäßigkeit der Strahlungsintensität entlang der Umformzone aufweist in einen Bereich hoher Umformgrade gelegt werden, also etwa nicht auf Höhe der Anlagefläche für das unverformte Werkstück sondern erst nach einer gewissen Eindringtiefe des Biegestempels. Dadurch wird die Umformzone eines Werkstücks in der Phase, in der die höchsten Spannungen während des Biegevorganges auftreten am gleichmäßigsten bestrahlt und dadurch erwärmt, wodurch optimale Biegeergebnisse erzielt werden können.

**[0016]** Um einen unvorhergesehenen oder überhöhten Austritt von Strahlung, die nicht auf das Werkstück trifft, erkennen zu können, ist es als eine weitere Sicherheitsmaßnahme möglich, aus der Biegegesenkanordnung austretende und nicht vom Werkstück aufgenommene Strahlung, also eine Leckstrahlung mittels eines Detektionsverfahrens zu messen bzw. festzustellen. Dazu sind beispielsweise im Umfeld des Biegegesenks oder etwa im Bereich des oberen Pressenbalkens für die ausgesendete Strahlung empfindliche Sensorelemente angeordnet, und kann von einer Steuervorrichtung ein Überschreiten von festgelegten Grenzwerten ausgewertet oder eine automatische Abschaltung der Strahlungsquelle ausgelöst werden. Diese Maßnahme ist insbesondere bei Strahlung, die außerhalb eines für das menschliche Auge erfassbaren Wellenlängenbereichs liegt, von Vorteil.

**[0017]** Um eine mögliche Gefährdung einer Bedienperson weiter zu reduzieren, kann die Detektion von Leckstrahlung vor dem Erwärmen des Werkstücks mit ungefährlicher Prüfstrahlung mit niedriger Energiedichte erfolgen. Es können dazu von der für die Erwärmung vorgesehenen Strahlungsquelle verschiedene Prüfstrahlungsquellen vorgesehen sein oder es ist auch möglich, dass die Strahlungsquelle so beeinflusst wird, dass diese nur Strahlung mit geringer Energiedichte aussendet, z.B. durch Versorgung von Diodenlaserbarren mit einer niedrigeren Spannung, bei der nur inkohärentes Licht niedriger Energiedichte abgegeben wird.

**[0018]** Um die Wirksamkeit der gesteuerten Strahlungserzeugung oder Strahlenverteilung und die Qualität der dadurch bewirkten lokalen Erwärmung des Werkstücks überprüfen zu können, wird in einer weiteren Ausführungsform des Verfahrens an dem zu verformenden Werkstück zumindest an einer Stelle, vorzugsweise an mehreren Stellen, der Umformzone während der Erwärmung dessen Temperatur erfasst. Diese Erfassung der Temperatur kann taktil mit berührenden Sensorelementen im Biegegesenk oder im Biegestempel oder aber auch berührungslos mittels eines thermooptischen Messverfahrens, etwa unter Verwendung eines Pyrometers oder einer Wärmebildkamera erfolgen. Anhand dieser Messung der erwärmten Umformzone kann ein Defekt an der Strahlungsquelle oder an strahlbeeinflussenden optischen Bauelementen erkannt werden, bevor ein Biegevorgang bei einem nicht ausreichend erwärmten Werkstück durchgeführt wird und das Werkstück dabei möglicherweise zerstört wird, da es aufgrund der niedrigen Temperatur oder aber auch aufgrund zu hoher Temperaturen beim Biegevorgang bricht oder ein erzielbarer Biegewinkel außerhalb einer bestimmten Toleranz ist. Die Auswertung der Temperaturmessung und das Treffen von geeigneten Maßnahmen bei Feststellung einer nicht planmäßigen Erwärmung des Werkstücks können vorzugsweise mittels einer elektronischen Steuervorrichtung erfolgen.

**[0019]** Bei Verwendung von sehr energiereicher Strahlung oder bei der Bearbeitung von Werkstücken mit Durchbrüchen kann es trotz der gesteuerten Ausleitung von Strahlen aus dem Biegegesenk im Umfeld der Biegegesenkanordnung und des Werkstücks zu einer hohen Strahlungsenergiedichte kommen, wodurch es weiters vorteilhaft sein kann, dass während der Aktivierung der Strahlung das Umfeld des Werkstücks, insbesondere der Aufenthaltsbereich einer Bedienperson, von einer Abschirmanordnung vor Strahlung geschützt wird. Eine derartige Abschirmanordnung kann beispielsweise durch einen automatisch in Position gebrachten Vorhang gebildet sein, der ähnlich wie bei der Abschirmung von Schweißarbeitsplätzen eine Ausbreitung von schädlicher Strahlung reduzieren kann.

**[0020]** Die gesteuerte lokale Erzeugung von Strahlung, die durch die Strahlaustrittsöffnung auf ein Werkstück geleitet wird, kann bei Anordnung von mehreren Strahlungsquellen im Biegegesenk dadurch erfolgen, dass in nicht benötigten Teilabschnitten der Länge des Biegegesenks keine Aktivierung der Strahlungsquellen erfolgt. Dies kann durch schaltungstechnische Maßnahmen innerhalb des Biegegesenks oder aber auch durch eine außerhalb der Biegegesenkanordnung angeordnete Steuervorrichtung erfolgen.

**[0021]** Um die örtliche Erwärmung des zu biegenden Werkstücks besser steuern zu können, ist es von Vorteil, wenn die von der Strahlungsquelle abgegebene Leistung und/oder die Einwirkdauer der Strahlung an das Material und die geometrischen Abmessungen des zu biegenden Werkstücks mittels einer Steuervorrichtung anpassbar sind. Die dazu verwendete Steuervorrichtung kann dabei auch zur Steuerung der Biegepresse verwendet werden oder umgekehrt durch die Steuervorrichtung der Strahlungsquelle realisiert sein.

**[0022]** Um eine hohe Qualität der lokalen Erwärmung des Werkstücks sicherzustellen, ist es von Vorteil, wenn die von der oder den Strahlungsquellen auf das Werkstück abgegebene Strahlungsleistung durch periodische oder permanente Messung überwacht wird. Dazu können im Biegegesenk, etwa im Bereich der Biegeausnehmung, Sensoren angeordnet sein, mit denen sowohl der Absolutwert als auch die relative Verteilung der Strahlungsintensität gemessen werden kann. Dies kann zusätzlich zur Temperaturüberwachung der Umformzone vorgesehen sein, da aufgrund unterschiedlicher Werkstoffeigenschaften, insbesondere unterschiedlicher Wärmeleitzahlen und Wärmekapazitäten der zu bearbeiteten Werkstücke auch eine Überwachung der von der Biegegesenkanordnung abgegebenen Strahlungsleistung die Information über den Erwärmungsprozess absichert.

**[0023]** Eine vorteilhafte Weiterbildung des Verfahrens besteht darin, dass am Biegegesenk ein Luftanschluss mit daran anschließendem Luftkanal bzw. Strömungsweg vorgesehen ist, durch den Spülluft in den Bereich zwischen den Strahlerzeugern bzw. der Strahlbeeinflussungsanordnung und der Strahlaustrittsöffnung beziehungsweise dem Werkstück zugeführt werden kann, die an anderer Stelle wieder austritt. Dadurch werden die den Strömungsweg begrenzenden Teile der Biegegesenkanordnung, insbesondere der Werkzeuggrundkörper gekühlt und kann weiters eine Ablagerung von Staub oder sonstigen Verschmutzungen in den strahlführenden Kanälen oder an den optischen Elementen innerhalb der Biegegesenkanordnung reduziert werden. Die Führung von Spülluft kann etwa auch auf den Bereich der Biegeausnehmung beschränkt sein.

**[0024]** Da sich ein lokal im Bereich der Umformzone erwärmtes Werkstück aufgrund von Wärmespannungen beträchtlich krümmen oder verwinden kann und dadurch die Position bezüglich der Biegelinie abweichen kann, ist es von Vorteil, wenn das Werkstück während der Erwärmung durch die Strahlung mittels eines eigenen Halteelements oder insbesondere mittels des Biegestempels in seiner Position bezüglich der Biegegesenkanordnung fixiert wird.

**[0025]** Das Verfahren kann dabei vorteilhaft so ausgeführt werden, dass das Werkstück vor Einwirkung der Strahlung durch den Biegestempel einer geringen, insbesondere nur elastischen, Biegeumformung unterworfen und in dieser Stellung durch den Biegestempel fixiert wird, erst daran anschließend die Erwärmung durch Ausleitung von Strahlung an die Unterseite des Werkstücks aktiviert wird, und nach Ablauf einer vordefinierten Zeitspanne ab Aktivierung der Strahlung, die auch Null sein kann, oder ab Erreichen einer bestimmten Temperatur des Werkstücks in der Umformzone die Biegeumformung fortgesetzt wird, wobei die Strahlung bis zum oder bis knapp vor Abschluss der Biegeumformung aktiviert bleibt. Dadurch erfolgt zuerst gewissermaßen ein Einspannen des Werkstücks, zwecks Werkstückfixierung und Werkstückversteifung gegen unvorhergesehene Verformungen aufgrund von Wärmespannungen. Die erst zeitversetzt, bei fortgesetzter oder unterbrochener Stempelbewegung folgende Aktivierung der Laserstrahlung mit der dadurch bewirkten Erwärmung des Werkstücks in der Umformzone erhöht die plastische Verformbarkeit des ursprünglich spröden Werkstücks, und kann der Biegevorgang auch bis in den Bereich hoher Umformgrade fortgesetzt werden, ohne dass Risse oder Brüche im Material auftreten. Die Stempelbewegung kann also ohne Unterbrechung ausgeführt werden oder aber auch mit einer Unterbrechung, innerhalb der ein gewisses Temperaturniveau der Umformzone erreicht ist. Eine dazu eingesetzte Temperaturüberwachung kann auch sicherstellen, dass die Laserstrahlung aktiviert und wirksam ist, wodurch in eleganter Weise versehentliche Kaltumformungen ausgeschlossen werden können.

**[0026]** Eine weitere Maßnahme, um Leckstrahlung im Umfeld des Biegegesenks beziehungsweise einer Biegegesenkanordnung zu vermeiden, besteht darin, dass Schnittstellen zwischen benachbarten strahlführenden Elementen, insbesondere zwischen aneinandergrenzenden Biegegesenken oder zwischen einer externen Strahlungsquelle und einem Biegegesenk einer Biegegesenkanordnung, optisch dicht ausgeführt sind. Dies kann beispielsweise dadurch erfolgen, dass aneinandergrenzende Stirnflächen bzw. Fügeflächen von benachbarten Biegegesenken mit hoher Passgenauigkeit beziehungsweise Formgenauigkeit hergestellt sind und dadurch Spalten und Ritzen zwischen benachbarten Biegegesenken minimiert sind. Alternativ oder zusätzlich zu dieser Maßnahme können an derartigen Schnittstellen zwischen Elementen einer Biegegesenkanordnung zusätzliche Abdeckelemente oder Abdichtelemente vorgesehen sein.

**[0027]** Eine weitere Verbesserung des Verfahrens kann dadurch erzielt werden, dass während der Erwärmung durch Strahlung die Temperatur des Werkstücks an der Umformzone gemessen und als Messwert einer elektronischen Steuervorrichtung zugeführt wird, die in Abhängigkeit von der gemessenen Temperatur einen Biegevorgang blockiert, freigibt, auslöst, beschleunigt oder verzögert und/oder die Strahlungsleistung durch Aktivierung oder Deaktivierung oder

Leistungsregelung der Strahlungsquellen in der Biegegesenkanordnung oder der externen Strahlungsquelle erhöht, reduziert oder deaktiviert. Dadurch können Fehlbiegungen aufgrund eines nicht ausreichend erwärmten Werkstücks, beispielsweise wegen Defekts der Strahlungsquelle oder zu kurzer Einwirkdauer der Strahlung, oder Überhitzung des Werkstücks weitgehend vermieden werden.

5 **[0028]** Die Aufgabe der Erfindung wird weiters auch durch eine Biegegesenkanordnung gemäß Patentanspruch 12 gelöst, wonach zur gesteuerten verteilten Erzeugung der Strahlung eine Anordnung von Strahlungsquellen, insbesondere Diodenlaserbarren, innerhalb des Werkzeuggrundkörpers befestigt ist, die wahlweise aktivierbar oder deaktivierbar und  
10 zumindest annähernd gleichmäßig entlang der Längsrichtung der Biegeausnehmung hinter der Strahlaustrittsöffnung im Werkzeuggrundkörper angeordnet sind. Durch eine damit bewirkte verteilte Erzeugung von energiereicher Strahlung innerhalb des Biegegesenks wird eine sicherheitstechnisch kritische Verwendung von hochkonzentrierten gebündelten Strahlen vermieden, weshalb bei Einsatz eines derartigen Biegegesenks die für eine Bedienperson im Umfeld eines derartigen Biegegesenks erforderlichen Schutzmaßnahmen wesentlich weniger aufwändig sind. Die Verwendung von Diodenlaserbarren als Strahlungsquellen ist für die Verwendung zur örtlichen Erwärmung von Blechwerkstücken be-  
15 sonders vorteilhaft, da hierbei Energiedichten vorliegen, die eine ausreichend schnelle Erwärmung bewirken können, jedoch eine Zerstörung des Werkstücks durch eine zu lange Einwirkdauer kaum möglich ist oder schwere Verletzungen einer Bedienperson bei unvorhergesehenem Strahlenausritt durch die begrenzte Energiedichte weniger wahrscheinlich sind.

**[0029]** Die Aufgabe der Erfindung wird darüber hinaus auch durch eine Biegegesenkanordnung gemäß Patentan-  
20 spruch 13 gelöst, wonach jeder Werkzeuggrundkörper zumindest eine Strahleintrittsöffnung mit daran anschließendem Strahlenweg im Inneren des Biegegesenks zum Einleiten zumindest eines von einer außerhalb des Werkzeuggrundkörpers angeordneten Strahlungsquelle erzeugten energiereichen konzentrierten Strahlenbündels aufweist und im Werk-  
zeuggrundkörper jedes Biegegesenks der Biegegesenkanordnung zumindest eine Strahlbeeinflussungsanordnung ange-  
25 ordnet ist, die zumindest einen Teil des Strahlenbündels zeitlich und örtlich stationär umlenkt, aufweitet und durch die Strahlenaustrittsöffnung zum Werkstück im Bereich der Auflagefläche leitet. Durch die Möglichkeit an einzelnen oder mehreren optischen Bauelementen die von der Strahlungsquelle ausgesandte Strahlung in verschiedene Abschnitte der Strahlaustrittsöffnung oder innerhalb der Biegegesenkanordnung verteilen und damit an ein Werkstück angepasst aus der Biegegesenkanordnung auszuleiten zu können und/oder Anteile der Strahlung zu anderen Bereichen innerhalb der Biegegesenkanordnung umlenken zu können, wodurch diese innerhalb des Biegegesenks absorbiert wird und dieses nicht durch die Strahlenaustrittsöffnung verlässt, wird ein sicherheitskritisches Austreten von nicht auf das Werkstück  
30 treffender Strahlung in vielen Anwendungsfällen weitgehend vermieden.

**[0030]** Erfindungsgemäße Biegegesenke beziehungsweise Biegegesenkanordnungen können an ihren stirnseitigen Enden mit Abschlusselementen versehen sein, die Schnittstellen bzw. Öffnungen zur Weiterleitung von Teilstrahlenbündeln oder Schnittstellen zum Anschluss vom Kühlwasser, Strom, Spülluft oder verschließen.

**[0031]** Eine besonders aus Sicht des Arbeitnehmerschutzes vorteilhafte Weiterbildung einer erfindungsgemäßen Biegegesenkanordnung besteht darin, dass am Biegegesenk zwischen Strahlenaustrittsöffnung und Anlagefläche zumi-  
35 ndest ein verstellbares Abschirmelement zur Abdeckung nicht vom Werkstück abgedeckter Teilabschnitte der Biegeausnehmung vorgesehen ist.

**[0032]** Durch eine Kombination der vorgenannten Sicherheitsmaßnahmen kann das erfindungsgemäße Verfahren so gestaltet werden, dass ein Aufenthalt im Nahbereich der Presse einer maximalen Gefährdung einer Bedienperson gemäß Laserklasse 1 entspricht.  
40

**[0033]** Eine erfindungsgemäße Biegegesenkanordnung kann auch derart ausgeführt sein, dass der Werkzeuggrundkörper einen die Anlagefläche und die Biegeausnehmung bildenden Gesenkadapter umfasst, der an dem die Strahlungsquellen oder Strahlbeeinflussungsanordnung enthaltenden restlichen Teil des Werkzeuggrundkörpers auswechselbar angeordnet ist. Dadurch kann der Werkzeuggrundkörper durch Austausch des Gesenkadapters an unterschiedliche Biegeaufgaben angepasst werden, insbesondere kann die Gesenkweite abgeändert werden, wodurch sich das Einsatzspektrum einer derartigen Biegegesenkanordnung wesentlich erhöht. Weiters kann eine derartige, aufgrund der eingebauten Strahlungsquellen oder Strahlbeeinflussungsanordnungen relativ teure Biegegesenkanordnung häufiger und dadurch wirtschaftlicher eingesetzt werden.  
45

**[0034]** Zum besseren Verständnis der Erfindung wird diese anhand der nachfolgenden Figuren näher erläutert.

50 **[0035]** Es zeigen jeweils in stark schematisch vereinfachter Darstellung:

Fig. 1 einen Querschnitt durch eine Biegewerkzeuganordnung zur Umformung eines Werkstücks mit dem erfindungsgemäßen Verfahren umfassend eine erfindungsgemäße Biegegesenkanordnung und einen Biegestempel;

55 Fig. 2 einen Schnitt durch eine Biegegesenkanordnung in Fig. 1 entlang Linie II - II mit verteilter Erzeugung von energiereicher Strahlung durch mehrere Strahlungsquellen innerhalb eines Biegegesenks;

Fig. 3 eine mögliche Ausführungsform der elektrischen Beschaltung von mehreren Strahlungsquellen in einer Bie-

gegesenkanordnung;

Fig. 4 einen Schnitt durch eine Biegegesenkanordnung in Fig. 1 entlang Linie IV - IV mit Verteilung einer von einer externen Strahlungsquelle erzeugten Strahlung durch Strahlbeeinflussungsmittel in mehreren aneinandergereihten Biegegesenken;

Fig. 5 einen Teilschnitt durch eine Biegegesenkanordnung gemäß Fig. 2 oder 3 mit einem Abschirmelement;

Fig. 6 ein Beispiel einer Abkantpresse mit einer erfindungsgemäßen Biegegesenkanordnung zur Ausführung des erfindungsgemäßen Verfahrens;

Fig. 7 einen Schnitt durch eine Biegewerkzeuganordnung bei Ausführung des erfindungsgemäßen Biegeverfahrens mit einer weiteren Ausführungsform einer Biegegesenkanordnung.

**[0036]** Einführend sei festgehalten, dass in den unterschiedlich beschriebenen Ausführungsformen gleiche Teile mit gleichen Bezugszeichen bzw. gleichen Bauteilbezeichnungen versehen werden, wobei die in der gesamten Beschreibung enthaltenen Offenbarungen sinngemäß auf gleiche Teile mit gleichen Bezugszeichen bzw. gleichen Bauteilbezeichnungen übertragen werden können. Auch sind die in der Beschreibung gewählten Lageangaben, wie z.B. oben, unten, seitlich usw. auf die unmittelbar beschriebene sowie dargestellte Figur bezogen und sind bei einer Lageänderung sinngemäß auf die neue Lage zu übertragen. Weiters können auch Einzelmerkmale oder Merkmalskombinationen aus den gezeigten und beschriebenen unterschiedlichen Ausführungsbeispielen für sich eigenständige, erfinderische oder erfindungsgemäße Lösungen darstellen.

**[0037]** Sämtliche Angaben zu Wertebereichen in gegenständlicher Beschreibung sind so zu verstehen, dass diese beliebige und alle Teilbereiche daraus mit umfassen, z.B. ist die Angabe 1 bis 10 so zu verstehen, dass sämtliche Teilbereiche, ausgehend von der unteren Grenze 1 und der oberen Grenze 10 mitumfasst sind, d.h. sämtliche Teilbereiche beginnen mit einer unteren Grenze von 1 oder größer und enden bei einer oberen Grenze von 10 oder weniger, z.B. 1 bis 1,7, oder 3,2 bis 8,1 oder 5,5 bis 10.

**[0038]** In Fig. 1 ist eine Biegewerkzeuganordnung 1 dargestellt, die zum Biegen eines Werkstücks 2 unter Anwendung des erfindungsgemäßen Verfahrens bzw. unter Verwendung einer erfindungsgemäßen Biegegesenkanordnung 3 geeignet ist. Die Biegewerkzeuganordnung 1 umfasst zumindest eine Biegegesenkanordnung 3, die an einem ausschnittsweise dargestellten, feststehenden ersten Pressenbalken 4 oder einem Pressentisch einer Biegepresse oder Abkantpresse angeordnet ist und einen nur ausschnittsweise dargestellten Biegestempel 5, der an einem nicht dargestellten verstellbaren zweiten Pressenbalken angeordnet ist und zusammen mit diesem zur Durchführung einer Biegeumformung in Verstellrichtung 6 verstellbar gelagert ist. Die Biegegesenkanordnung 3 umfasst zumindest ein Biegegesenk 7 mit einem Werkzeuggrundkörper 8, der von seinen äußeren Abmessungen im Wesentlichen einem herkömmlichen Biegegesenk entspricht. So weist die Biegegesenkanordnung 3 bzw. das zumindest eine Biegegesenk 7 vorzugsweise ein Anschlussprofil 9 auf, das zur Aufnahme in einer Standardwerkzeugaufnahme 10 eines herkömmlichen Pressenbalkens 4 geeignet ist.

**[0039]** Zum Biegen eines Werkstücks 2 wird dieses auf eine Anlagefläche 11 des Biegegesenks 3 angelegt und mittels des Biegestempels 5 in eine nutartige Biegeausnehmung 12 innerhalb der Anlagefläche 11 gedrückt, wodurch das Werkstück 2 bei Auftreten von verformungsbedingten Spannungen, die eine Streckgrenze oder eine Proportionalitätsgrenze des Werkstückmaterials überschreiten, eine bleibende Verformung erfährt. Im in Fig. 1 dargestellten Ausführungsbeispiel ist die Biegeausnehmung 12 als V-Nut 13 ausgebildet und das Biegegesenk 7 demnach als ein V-Gesenk 14 ausgeführt, es sind jedoch auch davon abweichende Formen der Biegeausnehmung 12 möglich, solange diese geeignet sind, das so genannte Freibiegen, also das Biegen mit Auflage des Werkstücks 2 entlang von zwei Linien der Biegegesenkanordnung 3 bzw. des Biegegesenks 7 und annähernd linienförmiger Belastung durch den Biegestempel 5 zwischen diesen beiden Auflagelinien zu ermöglichen. So sind etwa auch im Querschnitt U-förmige oder rechteckige Biegeausnehmungen 12 denkbar. Der Biegestempel 5 besitzt einen keilförmigen Querschnitt dessen Keilwinkel etwa dem Winkel der V-Nut 13 entspricht und ist zumindest annähernd in der Symmetrieebene der Biegeausnehmung 12 angeordnet. Das mit einer derartigen Biegewerkzeuganordnung 1 durchführbare Biegeverfahren wird auch als Abkanten bezeichnet, und kann als Freibiegen oder als Prägebiegen ausgeführt werden.

**[0040]** In der weiteren Beschreibung wird die in Fig.1 vertikale Symmetrieebene des Biegestempels bzw. der Biegeausnehmung 12 als Biegeebene 15 und deren Schnittlinie mit der Anlagefläche 11 als Biegelinie 16 bezeichnet, wobei die Biegeebene 15 in diesem Ausführungsbeispiel gleichzeitig mit einer Strahlenebene zusammenfällt, innerhalb der die energiereiche Strahlung großteils verläuft. Die Biegelinie 16 verläuft im Allgemeinen etwa in der Mitte einer Umformzone 17, in der während des Biegevorganges die plastische Verformung des Werkstücks 2 erfolgt.

**[0041]** Gattungsgemäß wird beim erfindungsgemäßen Verfahren vor oder während der Umformung durch eine Strahlenaustrittsöffnung 18 eine durch strichlierte Linien angedeutete energiereiche Strahlung 19 im Bereich der Umformzone

17 auf die Unterseite 20 des an der Anlagefläche 11 anliegenden Werkstücks 2 geleitet, wodurch dieses lokal stark erwärmt wird und dadurch dessen mechanisch-technologische Eigenschaften so verändert werden, dass die Biegeumformung des Ausgangsgegenstandes zu einem fertigen Werkstück 2 mit der erforderlichen Qualität erfolgen kann. Das erfindungsgemäße Verfahren wird vorzugsweise bei spröden Werkstoffen angewendet, bei denen durch Erwärmung des Materials eine Absenkung der Streckgrenze beziehungsweise der Proportionalitätsgrenze erreicht werden kann und das Werkstück 2 dadurch die zur plastischen Verformung - nunmehr in geringerer Höhe - erforderlichen Spannungen ertragen kann, ohne die Festigkeitsgrenzen zu überschreiten.

**[0042]** Erfindungsgemäß kann dabei die zur lokalen Erwärmung eingesetzte energiereiche Strahlung 19 annähernd an die Biegelänge 21 (siehe Fig. 2 oder Fig. 4), also an die Länge der zu erwärmenden Umformzone 17 des zu biegenden Werkstücks 2 angepasst werden, indem die aus der Biegeausnehmung 12 der Biegegesenkanordnung 3 auf das Werkstück 2 geleitete Strahlung 19 durch eine Anzahl von innerhalb der Biegegesenkanordnung 3 entlang der Biegeausnehmung 12 angeordneten und wahlweise aktivierbaren Strahlungsquellen 22 erzeugt wird oder ein in die Biegegesenkanordnung 3 eingeleitetes energiereiches konzentriertes Strahlenbündel innerhalb der Biegegesenkanordnung 3 in Strahlung 19 umgewandelt wird, indem eine Anzahl von innerhalb der Biegegesenkanordnung 3 angeordneten Strahlbeeinflussungsanordnungen 23 jeweils einen Teil des Strahlenbündels zeitlich und örtlich stationär umlenken, zu Strahlenfächern 24 aufweiten und durch die Strahlenaustrittsöffnung 18 zum Werkstück 2 im Bereich der Umformzone 17 leiten. Zusätzlich kann durch eine Aneinanderreihung einer Anzahl von Biegegesenken 7 eine längenvariable, mehrteilige Biegegesenkanordnung 3 gebildet werden. Die Strahlenaustrittsöffnung 18 ist im einfachsten Fall ein Schlitz, der sich über die gesamte Gesenklänge von den Strahlungsquellen 22 bzw. den Strahlbeeinflussungsanordnungen 23 bis zur Biegeausnehmung 12 erstreckt, kann jedoch auch nicht durchgehend sein, etwa indem örtlich Abstandhalterelemente zwischen den Schenkeln des im Wesentlichen U-förmigen Querschnitts des Werkzeuggrundkörpers 8 vorgesehen sind.

**[0043]** Durch diese Ausführung oder ähnliche Ausführungen der Biegegesenkanordnung 3 wird die Strahlung 19 bei beiden Verfahrensvarianten in Form von Strahlenfächern 24, die entlang der Biegeausnehmung 12 angeordnet sind, durch die Strahlenaustrittsöffnung 18 im Werkzeuggrundkörper 8 etwa in der Biegeebene 15 oder leicht dazu geneigt zum Werkstück 2 geleitet, und durch die vorbestimmbare Anzahl von Strahlenfächern 24 kann eine Anpassung an die Biegelänge 21 eines Werkstücks 2 erfolgen. Da dabei diese Strahlenfächer 24 innerhalb der Biegegesenkanordnung 3 erzeugt werden, erlaubt dies die Durchführung dieses Verfahrens auf herkömmlichen Biegemaschinen oder Abkantpressen, da die dazu verwendete Biegegesenkanordnung 3 im Bereich der Werkzeugaufnahme 8 identisch zu herkömmlichen Biegegesenken sein kann und keine Erzeugung der Strahlung 19 etwa im Inneren eines speziellen Pressenbalkens 4 mit einem entsprechenden Hohlraum erforderlich ist.

**[0044]** Fig. 2 zeigt einen Schnitt gemäß Linie II - II in Fig. 1 durch eine erste mögliche Ausführungsvariante einer Biegegesenkanordnung 3 zur Ausführung des erfindungsgemäßen Biegeverfahrens. Bei dieser ersten Ausführungsform einer Biegegesenkanordnung 3 umfasst diese beispielhaft nur ein Biegegesenk 7, dessen Gesenklänge 25 größer ist als die Biegelänge 21 eines damit zu biegenden Werkstückes 2. Wäre die Biegelänge 21 größer als die Gesenklänge 25, so könnte durch Anfügen eines zweiten derartigen Biegegesenks 7b an ein erstes derartiges Biegegesenk 7a eine Gesamtlänge der Biegegesenkanordnung 3 bewirkt werden, die die Biegelänge 21 eines Werkstücks 2 wieder übersteigt und somit ein Biegen auch von größeren Werkstücken 2 möglich ist.

**[0045]** Im Werkzeuggrundkörper 8, der vorzugsweise Außenabmessungen aufweist, die herkömmlichen Biegegesenken entsprechen, befindet sich in einem inneren Hohlraum, also innerhalb der Biegegesenkanordnung 3 eine Anzahl von Strahlungsquellen 22, hier die Strahlungsquellen 22a, 22b, 22c, 22d und 22e die im Wesentlichen gleichmäßig entlang der Biegeausnehmung 12 im Inneren des Werkzeuggrundkörpers 8 angeordnet sind und Laserstrahlung 19 durch die Strahlenaustrittsöffnung 18 zur Biegeausnehmung 12 und damit auch zur Unterseite 20 des Werkstück 2 aussenden können. Die Strahlungsquellen 22a bis 22e sind vorzugsweise durch Diodenlaserbarren 26 gebildet, die jeweils längliche und etwa parallel zur Biegelinie 16 orientierte Strahlenaustrittsflächen 27 besitzen. Die Längsabmessung der Strahlenaustrittsfläche 27 entspricht dabei zumindest annähernd der Barrenbreite 28, die zusammen mit dem Abstand 29 zwischen benachbarten Diodenlaserbarren 26 und der Anzahl der eingebauten Diodenlaserbarren 26 etwa die mögliche Gesenklänge 25 bestimmt. Die Diodenlaserbarren 26 können dabei einzeln im Werkzeuggrundkörper 8 befestigt sein oder aber auch zu einem Diodenlasereinsatz, der eine zusammenhängende Baugruppe bildet und einfach auswechselbar im Werkzeuggrundkörper 8 befestigbar sein kann, zusammengefasst sein.

**[0046]** Derartige Diodenlaserbarren 26 umfassen elektrisch und optisch zusammengefasste Gruppen von Laserdioden, die Laserstrahlung emittieren und wie in Fig. 2 erkennbar an einem dem Werkstück 2 zugewandten Ende eines derartigen streifenförmigen Diodenlaserbarrens 26 angeordnet sind und geben ihre Laserstrahlung im Wesentlichen in Längsrichtung eines derartigen Streifens - in Fig. 2 nach oben - ab. Die Strahlungsleistung eines derartigen Diodenlaserbarrens 26 setzt sich aus der Summe der Einzelleistungen der Laserdioden, die elektrisch parallel und im Allgemeinen auf einem Kühlkörper oder einer Wärmesenke, die den Grundkörper des streifenförmigen Diodenlaserbarrens 26 bildet, montiert. Derartige streifenförmige Anordnungen der Laserdioden werden auch als kantenemittierende Breitstreifenchips bezeichnet und können sowohl in den Betriebsarten Dauerstrich (continuous wave) bei der eine Laserdiode einen Laserstrahl kontinuierlich ohne Unterbrechung aussendet oder auch in der Betriebsart gepulst eingesetzt werden, bei

denen zeitlich kurze Laserstrahlenimpulse abgegeben werden. Die Diodenlaserbarren 26 umfassen beispielsweise jeweils 45 Einzelemitter und besitzen eine optische Ausgangsleistung in einem Bereich von je 150 Watt bis 250 Watt, wobei durch Sonderbauformen auch noch höhere Leistungen je Diodenlaserbarren 26 möglich sind.

**[0047]** Die Barrenbreite beträgt dabei beispielsweise ca. 11 mm und der die Laserstrahlung emittierende Bereich besitzt eine Emitterbreite von ca. 10 mm. Bei Verwendung solcher Diodenlaserbarren 26 können somit bei geringer räumlicher Beabstandung der benachbarten Diodenlaserbarren 26 zueinander in einem Biegegesenk 7 mit einer Gesenklänge 25 von beispielsweise 100 mm acht derartige Diodenlaserbarren 26 eingesetzt werden. Abhängig von der Art der eingesetzten Diodenlaserbarren 26 ist die Wellenlänge der abgegebenen Laserstrahlung, wobei diese beispielsweise 940 nm beträgt, jedoch sind je nach Dotierung der Halbleiter der Laserdioden auch andere Wellenlängebereiche wie etwa 635-700 nm; 780-1000 nm und 1250-1700 nm Wellenlänge möglich, wobei es sich dabei großteils um Infrarotstrahlung, also außerhalb des sichtbaren Bereichs befindliche Spektralbereiche handelt.

**[0048]** Jeder Diodenlaserbarren 26 besitzt eine in Richtung zur Strahlenaustrittsöffnung 18 weisende Strahlenaustrittsfläche 27, an der die von den einzelnen Laserdioden eines Diodenlaserbarrens 26 erzeugten Laserstrahlen im Wesentlichen alle zumindest annähernd in paralleler Richtung austreten und durch die gleichmäßige Anordnung der Laserdioden einen Strahlenfächer 24 bilden, der aus einer Reihe von zumindest annähernd zueinander parallelen Laserstrahlen besteht. Da die einzelnen Diodenlaserbarren 26 entlang der Biegeausnehmung 12 hinter der Strahlenaustrittsöffnung 18, hier also unterhalb der schlitzförmigen Strahlenaustrittsöffnung 18 in einer gemeinsamen Ebene montiert sind, befinden sich auch die von den einzelnen Diodenlaserbarren 26 abgestrahlten Strahlenfächer 24 zumindest annähernd in einer Ebene, die auch als Strahlenebene bezeichnet, werden kann. Diese Ebene ist im in Fig. 2 dargestellten Ausführungsbeispiel im Wesentlichen identisch mit der Biegeebene 15 (siehe auch Fig. 1), kann aber auch zu dieser einen Winkel einnehmen, solange im Bereich der Biegelinie 16 bzw. der Umformzone 17 am Werkstück 2 vor und/oder während eines Biegevorgangs ausreichende Strahlungsleistung ins Werkstück 2 eingebracht werden kann.

**[0049]** Eine Aneinanderreihung mehrerer Diodenlaserbarren 26 mit in einer Ebene liegenden und gleichzeitig zueinander etwa parallelen Strahlenfächern 24 zu einem Diodenlasereinsatz wird auch als Horizontal Stack bezeichnet.

**[0050]** Da die von den Laserdioden emittierten Laserstrahlen nicht die Form von geometrisch exakten Linien (Z-Richtung) besitzen, sondern aufgrund der im Allgemeinen asymmetrischen Form der aktiven Emitterregion sowohl in X-Richtung und in Y-Richtung unterschiedliche Strahlaufweitung aufweisen können und der Ausgangsstrahl zusätzlich auch astigmatisch sein kann, wodurch sich die Strahltaillen bezüglich der X-Richtung und der Y-Richtung an unterschiedlichen Stellen befinden, entsteht eine zwangsläufige Strahlaufweitung, der jedoch durch geeignete optische Bauelemente entgegen gewirkt werden kann. Es ist jedoch durchaus möglich, Diodenlaserbarren 26 ohne die Strahlqualität beeinflussende, optische Elemente einzusetzen.

**[0051]** In Fig. 2 ist diese Aufweitung der einzelnen Strahlen durch sich in Ausbreitungsrichtung aufweitende Strahlenfächer 24 angedeutet, wobei eine Strahlaufweitung innerhalb einer Strahlenebene für die Zwecke einer Erwärmung eines Werkstücks auch vorteilhaft sein kann, da durch geeignete Überlagerung derartiger Strahlenfächer 24 die Gleichmäßigkeit der am Werkstück 2 auftreffenden Gesamtstrahlungsintensität erhöht werden kann. Weiters ist die Verwendung von divergierenden Laserstrahlen bzw. Strahlenfächern 24 auch im Hinblick auf die Arbeitssicherheit von Vorteil, da aus dem Umfeld der Biegegesenkanordnung 3 austretende Laserstrahlung, die auch als Leckstrahlung bezeichnet werden kann, mit zunehmendem Abstand an Intensität schnell verliert und dadurch das Gefährdungspotential für in diesem Bereich tätiges Bedienungspersonal ebenfalls abnimmt.

**[0052]** Dies ist insbesondere von Vorteil, wenn Werkstücke mit unterschiedlichen Biegelängen 21 auf ein und derselben Biegegesenkanordnung 3 gebogen werden sollten, da in diesem Fall häufig Teilabschnitte der Biegeausnehmung 12 vorhanden sind, die nicht vom Werkstück 2 abgedeckt werden.

**[0053]** Die in Fig. 2 angedeutete Aufweitung der Strahlenfächer 24 innerhalb der Strahlenebene, die hier mit der Biegeebene 15 zusammenfällt, dient insofern auch der Gleichmäßigkeit der Gesamtstrahlungsintensität am Werkstück 2, da in den Zwischenräumen zwischen zwei benachbarten Strahlenaustrittsflächen 27 benachbarter Diodenlaserbarren 26 keine Strahlungsleistung abgegeben wird, und dadurch bei streng paralleler Strahlausbreitung Bereiche der Umformzone 17 oberhalb dieser Zwischenräume möglicherweise weniger stark erwärmt werden, wodurch die Biegequalität beeinträchtigt werden könnte. Um an der Biegelinie 16 eine möglichst große Leistungsdichte je Längeneinheit zu erzielen, und dadurch die erforderlichen Aufheizzeiten zu minimieren, ist es weiters von Vorteil, wenn sich die Strahlenaustrittsfläche 27 der Diodenlaserbarren 26 zumindest annähernd auf die gesamte Barrenbreite 28 erstreckt und zwischen benachbarten Diodenlaserbarren 26 möglichst kleine Zwischenräume oder Abstände 29 vorgesehen sind. Die Diodenlaserbarren 26 sind also in Längsrichtung der Biegeausnehmung 12 möglichst dicht aufeinander folgend hinter der Strahlenaustrittsöffnung 18 und möglichst gleichmäßig angeordnet.

**[0054]** Das Ausführungsbeispiel in Fig. 2 zeigt eine mit fünf Diodenlaserbarren 26 bestückte Biegegesenkanordnung 3. An einer entsprechenden Befestigungsfläche des Werkzeuggrundkörpers 8 oder eines Diodenlasereinsatzes sind die einzelnen Diodenlaserbarren 26 befestigt, wobei an der Befestigungsfläche gegenüber diese aufragende Vorsprünge Stege ausgebildet sein können, die eine exakte Positionierung der Diodenlaserbarren 26 mit gleich bleibenden Abständen, die im Wesentlichen der Breite der Stege entsprechen, erleichtern.

**[0055]** Ein für diese Ausführungsform eines Biegegesenks 7 einsetzbarer Diodenlaserbarren 26 umfasst beispielsweise einen streifenförmigen Kühlkörper 30, der insbesondere als Mikrokanalkühler 31 ausgebildet ist. Ein derartiger Mikrokanalkühler 31 besteht aus einer Schichtung von gut wärmeleitenden Blechen, in denen eine Vielzahl von Kanälen ausgebildet sind, die von einer Kühlflüssigkeit durchströmt werden können und dadurch eine hohe Wärmeabfuhr aus den Diodenlaserbarren 26 ermöglichen. Dies ist erforderlich, da die auf dem Kühlkörper 30 bzw. dem Mikrokanalkühler 31 angeordnete Laserdiodenanordnung 32 die zugeführte elektrische Energie nicht vollständig in Strahlung 19 umwandeln kann, sondern immer ein gewisser Anteil an Verlustwärme produziert wird, die mittels des Kühlkörpers 30 von der Laserdiodenanordnung 32 abtransportiert werden muss, um eine Überhitzung der darin enthaltenen Halbleiterelemente zu verhindern. Die Zufuhr von elektrischer Energie zu einem Diodenlaserbarren 26 bzw. der darauf angeordneten Laserdiodenanordnung 32 erfolgt in Form von Gleichstrom oder pulsierendem, gleichgerichtetem Wechselstrom, wobei im dargestellten Ausführungsbeispiel der Kühlkörper 30 als Pluspol fungiert und mittels einer Isolierschicht von diesem getrennt der Minuspol in Form eines auf den Kühlkörper 30 aufgesetzten Kontaktplättchens ausgeführt ist.

**[0056]** Die erfindungsgemäße wahlweise Aktivierung der Strahlungsquellen 22a bis 22e erfolgt durch schaltungstechnische Maßnahmen bzw. Schalter beliebiger Bauform, durch die die jeweiligen Strahlungsquellen 22, also in diesem Ausführungsbeispiel die Diodenlaserbarren 26, mit der Stromversorgung verbunden werden oder von dieser getrennt werden. Im dargestellten Ausführungsbeispiel gemäß Fig. 2 sind die beiden linken Strahlungsquellen 22a und 22b deaktiviert, also nicht mit der Stromversorgung verbunden und es sind nur die unterhalb des Werkstücks 2 gelegenen Strahlungsquellen 22c bis 22e aktiviert, die mit den ausgesendeten Strahlenfächern 24c, 24d und 24e die Umformzone 17 des Werkstücks 2 lokal erwärmen. Die einzelnen Strahlenfächer 24c, 24d und 24e breiten sich dabei innerhalb einer gemeinsamen Strahlenebene aus und überlappen sich in ihren Randbereich, wodurch sich in diesen Randbereichen die Strahlungsintensitäten zweier nebeneinander liegender Strahlenfächer 24 addieren und dadurch eine von der Mitte eines Strahlenfächers 24 zu dessen Randbereich abfallende Strahlenintensität ausgeglichen wird, indem durch die Überlagerung der Randbereiche zweier benachbarter Strahlenfächer 24 die Gesamtstrahlungsintensität auch in den Zwischenräumen oberhalb zweier benachbarter Strahlenquellen 22 eine ausreichende Höhe hat. Über die gesamte Biegelänge 21 eines Werkstücks 2 kann somit durch Aktivierung der erforderlichen Anzahl bzw. der darunter liegenden Strahlungsquellen 22 die energiereiche Strahlung 19 in ausreichend hoher und zumindest annähernd gleichmäßiger Intensität in die Umformzone 16 eines Werkstücks 2 eingeleitet werden.

**[0057]** Diese vorteilhafte Überlappung von benachbarten Strahlenfächern 24 ist vorteilhaft auch auf die mit Hilfe von Strahlbeeinflussungsanordnungen 23 erzeugten Strahlenfächer 24 anwendbar.

**[0058]** Eine Möglichkeit einzelne Strahlungsquellen 22 mit der Stromversorgung zu verbinden bzw. von dieser zu trennen, besteht darin, benachbarte Diodenlaserbarren 26 elektrisch in Serie zu schalten und zur Deaktivierung einzelner Diodenlaserbarren 26 an diesen den Strom nicht durch die Laserdiodenanordnung 32 zu leiten, sondern mittels Kontaktelementen ähnlich einem Bypass von einem Pol unmittelbar zum entsprechenden Pol eines benachbarten Diodenlaserbarrens 26 weiterzuleiten.

**[0059]** Eine derartige Schaltung von Diodenlaserbarren 26 ist in Fig. 3 vereinfacht und schematisch dargestellt. Fig. 3 zeigt drei in Serie geschaltete Diodenlaserbarren 26a, 26b, 26c mit Laserdiodenanordnungen 32a, 32b und 32c. Jede Strahlungsquelle 22 in Form eines Diodenlaserbarrens 26 umfasst einen Kühlkörper 30, hier etwa in Form eines Mikrokanalkühlers 31, der für die Laserdiodenanordnung 32 als Pluspol 33 fungiert und ein Kontaktplättchen 34, das ebenfalls mit der Laserdiodenanordnung 32 verbunden ist und als Minuspol 35 dient. Der mit der Laserdiodenanordnung 32 leitend verbundene Pluspol 33 und der ebenfalls mit der Laserdiodenanordnung 32 leitend verbundene Minuspol 35 sind galvanisch getrennt, beispielsweise wie in Fig. 3 angedeutet, mittels einer Isolierschicht 36.

**[0060]** Die Serienschaltung benachbarter Diodenlaserbarren 26 erfolgt über elektrisch gut leitende Verbindungselemente 37 mit großem Querschnitt, die beispielsweise aus einer Kupferlegierung mit geringem elektrischen Widerstand gebildet sind. So verbindet etwa das Verbindungselement 37a den Pluspol 33a des Diodenlaserbarrens 26a mit dem Minuspol 35b des Diodenlaserbarrens 26b, wodurch ein Stromfluss vom ersten Diodenlaserbarren 26a zum zweiten Diodenlaserbarren 26b möglich ist. Ebenso wird der Strom in Folge über das Verbindungselement 37b vom zweiten Diodenlaserbarren 26b zum dritten Diodenlaserbarren 26c weitergeleitet. Jede Laserdiodenanordnung 32, die stromdurchflossen ist, sendet einen Strahlenfächer 24 aus, das heißt um bei einer derartigen Serienschaltung von Diodenlaserbarren 26 oder allgemein Strahlungsquellen 22 das Aussenden von Strahlenfächern 24 bei einzelnen Strahlungsquellen 22 zu deaktivieren, muss erreicht werden, dass die Weiterleitung des Stroms zum nächsten Diodenlaserbarren 26 nicht über die zu deaktivierende Laserdiodenanordnung 32 erfolgt, sondern durch ein Kontaktelement 38, das auch als Überbrückungselement bezeichnet werden kann.

**[0061]** In Fig. 3 ist der Einfachheit halber lediglich ein Kontaktelement 38 dargestellt, das in einer in Volllinien dargestellten Kontaktstellung eine elektrische Verbindung zwischen dem Pluspol 33a des ersten Diodenlaserbarrens 26a und dem Pluspol 33b des zweiten Diodenlaserbarrens 26b herstellt. In dieser Kontaktstellung fließt nur ein sehr kleiner Strom über das Verbindungselement 37a durch die Laserdiodenanordnung 32b, weshalb diese in Kontaktstellung des Kontaktelements 38 deaktiviert ist und keinen Strahlenfächer 24 aussendet. In der in strichlierten Linien dargestellten Neutralstellung des Kontaktelements 38 erfolgt keine direkte Überbrückung zwischen den Diodenlaserbarren 26a und 26b,

weshalb die Laserdiodenanordnung 32b von Strom durchflossen wird und einen Strahlenfächer 24 aussendet.

**[0062]** Das Kontaktelement 38 kann selbstverständlich verschiedenste Formen annehmen und muss lediglich dazu geeignet sein, beträchtliche Ströme jenseits von 200 Ampere beschädigungsfrei übertragen zu können. Abweichend von der in Fig. 3 dargestellten Anordnung ist es weiters möglich, das Kontaktelement 38 so anzuordnen und auszubilden, dass ein direkter Kontakt etwa zwischen Pluspol 33a und Verbindungselement 37b, zwischen Verbindungselement 37a und Verbindungselement 37b oder zwischen Verbindungselement 37a und Pluspol 33b hergestellt wird. Auch eine Kontaktierung der Minuspole 34 ist denkbar. Das Kontaktelement 38 wirkt somit gewissermaßen auch als Bypass-Element, das für den Versorgungsstrom eine Umgehung an der zu deaktivierenden Laserdiodenanordnung 32 vorbei bildet.

**[0063]** Das oder die Kontaktelemente 38 können insbesondere mittels einer nicht dargestellten Verstellvorrichtung, beispielsweise mit Piezo-Aktoren, zwischen Neutralstellung und Kontaktstellung verstellt werden, wodurch die wahlweise Aktivierung und Deaktivierung der betreffenden Laserdiodenanordnungen 32 und somit der Strahlungsquellen 22 in Form von Diodenlaserbarren 26 erfolgen kann. Die Ansteuerung der einzelnen Kontaktelemente 38 kann insbesondere auch mittels einer Steuerungsvorrichtung erfolgen, wobei die Steuerungsvorrichtung gleichzeitig auch für die Steuerung der Biegemaschine bzw. der Abkantpresse vorgesehen sein kann.

**[0064]** In Fig. 4 ist ein Schnitt durch eine erfindungsgemäße Biegegesenkanordnung 3 gemäß Linie IV-IV in Fig. 1 dargestellt, die zum Biegen von Werkstücken 2 gemäß der zweiten Variante des erfindungsgemäßen Verfahrens einsetzbar ist, und die im dargestellten Ausführungsbeispiel aus drei aneinandergereihten Biegegesenken 7a, 7b und 7c zusammengesetzt ist. Bei dieser Biegegesenkanordnung 3 wird ein von einer außerhalb der Biegegesenkanordnung 3 angeordneten, externen Strahlungsquelle 39 ausgesendetes konzentriertes Strahlenbündel 40 durch eine Strahleintrittsöffnung 41 in das erste Biegegesenk 3a beziehungsweise dessen Werkzeuggrundkörper 8a eingeleitet und entlang eines Strahlenweges 42 im Inneren der Biegegesenkanordnung 3 durch alle Biegegesenke 7a, 7b, und 7c geführt. Das Strahlenbündel 40 wird im ersten Biegegesenk 7a mittels einer ersten Strahlbeeinflussungsanordnung 23a in ein erstes Teilstrahlenbündel 43a und ein zweites Teilstrahlenbündel 43b aufgeteilt. Das erste Teilstrahlenbündel 43a wird mittels der Strahlbeeinflussungsanordnung 23a umgelenkt, zu einem Strahlenfächer 24a umgeformt und zum Werkstück 2 geleitet, während das zweite Teilstrahlenbündel 43b durch eine Strahlweiterleitungsöffnung 44 den Werkzeuggrundkörper 8a des ersten Biegegesenks 7a verlässt und unmittelbar durch eine daran anschließende Strahleintrittsöffnung 41 des zweiten Biegegesenks 7b in dessen Werkzeuggrundkörper 8b eingeleitet wird und hier mittels der Strahlbeeinflussungsanordnung 23b des zweiten Biegegesenks 7b ebenfalls in zwei Teilstrahlenbündel 43c und 43d aufgespaltet bzw. aufgeteilt wird. Dabei wird das Teilstrahlenbündel 43c umgelenkt, zu einem Strahlenfächer 24b umgeformt und oberhalb des zweiten Biegegesenks 7b ebenfalls zum Werkstück 2 geleitet wird. Das Teilstrahlenbündel 43d wird von der Strahlbeeinflussungsanordnung 23b zum nächsten Biegegesenk 7c weitergeleitet, wo es von der Strahlbeeinflussungsanordnung 23c zur Gänze umgelenkt, zu einem Strahlenfächer 24c aufgespreizt und zum Werkstück 2 oberhalb der Biegeausnehmung 12 des dritten Biegegesenks 7c geleitet wird.

**[0065]** Wie in Fig. 4 durch strichlierte Linien angedeutet ist, kann die Biegegesenkanordnung 3 durch zumindest ein weiteres anschließendes Biegegesenk 7d weiter verlängerbar sein, wobei in einer derartigen Ausführungsform einer Biegegesenkanordnung 3 die Strahlbeeinflussungsanordnungen 23a, 23b und 23c jeweils ein Strahlteilerelement 45, ein Strahlumlenkelement 46 und ein Strahlformungselement 47 umfassen, die jeweils ein erstes Teilstrahlenbündel 43a bzw. 43c bzw. 43e auskoppeln und zum Werkstück 2 umlenken sowie zu einem Strahlenfächer 24 umformen und ein zweites Teilstrahlenbündel 43b bzw. 43d bzw. 43f entlang des Strahlenweges 42 durch Strahlweiterleitungsöffnungen 44 zum nächsten Biegegesenk 7b bzw. 7c bzw. 7d weiterleiten. Dabei ist die maximale Länge einer derartigen Biegegesenkanordnung 3 durch die Gesamtleistung des eingeleiteten Strahlenbündels 40 und die je Biegegesenk 7 zur ausreichenden Erwärmung des darüber liegenden Abschnittes des Werkstücks 2 erforderliche Teilstrahlenleistung begrenzt.

**[0066]** Das letzte Biegegesenk 7 einer derartigen Biegegesenkanordnung 3 aus mehreren aneinandergereihten Biegegesenken 7 mit Strahlbeeinflussungsanordnungen 23, kann entweder eine Strahlbeeinflussungsanordnung 23 aufweisen, die das vom vorhergehenden Biegegesenk 7 eingeleitete Teilstrahlenbündel 43 entweder vollständig in Richtung zum Werkstück 2 umlenkt und kein weiteres Teilstrahlenbündel 42 mehr auskoppelt oder falls auch vom letzten Biegegesenk 7 mit einer Strahlbeeinflussungsanordnung 23 ein Teilstrahlenbündel 43 weitergeleitet wird, ist ein Abschlusselement vorzusehen, das dieses letzte weitergeleitete Teilstrahlenbündel 43 ohne nachteilige Auswirkungen absorbieren kann. Insbesondere kann das Abschlusselement als ein massiver Metallgegenstand ausgebildet sein, bei dem das letzte und nicht zum Werkstück 2 geleitete Teilstrahlenbündel in sein Inneres eingeleitet wird und nach mehrfacher Reflexion in seinem Inneren zumindest annähernd vollständig von diesem absorbiert wird.

**[0067]** Die aus dem Strahlenbündel 40 ausgekoppelten und in Richtung zum Werkstück 2 umgelenkten Teilstrahlenbündel 43a, 43c, 43e werden mittels Strahlformungselementen 46 die ebenfalls Teil der Strahlbeeinflussungsanordnung 23 sind, zu einem Strahlenfächer 24 umgeformt bzw. aufgeweitet. Im einfachsten Fall kann die Strahlbeeinflussungsanordnung 23 auch durch ein einziges, optisches Element gebildet sein, das gleichzeitig als Strahlteilerelement 45, Strahlumlenkelement 46 und als Strahlformungselement 47 wirken kann.

**[0068]** Um eine hohe Gleichmäßigkeit der Strahlungsverteilung zu erreichen und diese auch zur besseren Anpassung an das Werkstück 2 leichter beeinflussen zu können, ist es jedoch von Vorteil, wenn die Funktionen Strahlteilung und Strahlformung von jeweils einem eigenen optischen Element ausgeführt werden. Das Strahlteilerelement 45 kann beispielsweise durch einen halbdurchlässigen Planspiegel, ein Prisma oder eine sonstige reflektierende und strahlteilende Fläche mit entsprechender Ausrichtung gebildet sein, während das Strahlformungselement 46 durch eine Linse, einen Konkavspiegel oder Konkavspiegel gebildet sein kann, wobei zur Auffächerung zu einem ebenen Strahlenfächer 24 vorzugsweise zylindrische optische Elemente eingesetzt werden, die eine Krümmung nur in einer Richtung aufweisen und rechtwinkelig zu dieser Richtung keine oder nur verhältnismäßig geringe Krümmung aufweisen. Alternativ ist zur Auffächerung der Strahlung auch die Verwendung von Powell-Linsen möglich.

**[0069]** Das Strahlteilerelement 45 umfasst beispielsweise eine Strahlteilerplatte, einen Polarisationsfilter, einen Strahlteilerwürfel, einen FTIR-Strahlteiler oder optische Elemente mit Ausnutzung von photoelastischen oder elektrooptischen Effekten. Der Effekt der Strahlaufteilung kann dabei durch optisch aktive Materialien, wie etwa bei Polarisationsfiltern oder durch Strahlteilerschichten, wie etwa bei einem Strahlteilerwürfel bewirkt werden, mit denen eine Intensitätsaufteilung des eintreffenden Strahlenbündels erzielt wird. Derartige Intensitätsstrahlteiler können Lichtstrahlen mit einer Wellenlänge oder aber auch polychromatische Lichtstrahlen in einen transmittierten und einen reflektierten Anteil trennen, wobei verschiedene Teilungsverhältnisse möglich sind. Strahlteilerschichten können durch metallische Schichten oder dielektrische Mehrfachsichten gebildet sein, wobei dielektrische Mehrfachsichten unter Anwendung von Polarisierungseffekten für das erfindungsgemäße Verfahren gut geeignet sind.

**[0070]** Für das Verfahren einsetzbare Strahlteilerplatten bestehen aus einer planparallelen Platte aus Glas, Quarz oder einem einachsigen Kristall mit einer dielektrischen oder metallischen Beschichtung. Durch die Dicke der Strahlteilerplatten erfährt der transmittierte Strahl einen geringfügigen Strahlversatz.

**[0071]** Strahlteilerwürfel werden aus zwei an ihren Hypotenusen verkitteten 90°-Prismen gefertigt, wobei die strahlteilende Beschichtung an einer Hypotenuse angebracht ist und ein transmittierter Strahl keinen Versatz erfährt.

**[0072]** FTIR-Strahlteilerelemente arbeiten nach dem Prinzip der "Frustrated Total Internal Reflection" unter Ausnutzung von Reflexions- und Absorptionseffekten an Strahlteilerwürfeln mit einem Luftspalt zwischen zwei 90°-Prismen, wobei diese Form eines Strahlteilers gut geeignet ist, durch Verstellung des Luftspalts eine regelbare Strahlaufteilung zu bewirken, etwa mittels Piezo-Aktoren, die die Prismen des Strahlteilers relativ zueinander verstellen können und dadurch den Luftspalt verändern oder durch direkte Ausbildung der Prismen aus optisch transparentem piezoelektrischem Material z.B. LiNbO<sub>3</sub>, das durch Anlegen einer Spannung in seiner Dimension beeinflusst werden kann.

**[0073]** Fig. 4 zeigt die Anpassung der Strahlung 19 an die Biegelänge 21 eines Werkstücks 2 durch Aneinanderreihung von drei Biegegesenken 7a, 7b, 7c, wodurch die Gesenklänge 25 der gesamten Biegegesenkanordnung 3 sich als Summe der Gesenklängen 25a, 25b und 25c ergibt. Wobei hier vereinfacht angenommen wird, dass die gesamte Gesenklänge 25 eines einzelnen Biegegesenks 7 durch einen Strahlenfächer 24 entsprechender Breite für einen Biegevorgang genutzt werden kann. Für den Fall, dass die Biegelänge 21 eines Werkstücks 2 maximal der Gesenklänge 25 eines einzelnen Biegegesenks 7 entspricht, kann die Biegegesenkanordnung 3 auch durch ein einziges Biegegesenks 7 gebildet sein.

**[0074]** Fig. 5 zeigt einen Teilschnitt durch eine Biegegesenkanordnung 3, beispielsweise gemäß den Ausführungen in Fig. 2 oder Fig. 4 oder ähnlicher Ausführung, mit einer Maßnahme zur Erhöhung der Arbeitssicherheit im Umfeld einer erfindungsgemäßen Biegegesenkanordnung 3, die auch bei Verwendung einzelner Biegegesenke 7 einsetzbar ist.

**[0075]** Da die Biegelänge 21 eines zu biegenden Werkstücks 2 in den meisten Fällen nicht mit der gesamten Gesenklänge 25 einer Biegegesenkanordnung 3 oder der Gesamtbreite der von aktivierten Strahlenquellen 22 ausgesendeten Strahlenfächer 24 übereinstimmt, würde in einem Teilabschnitt 48 der Biegeausnehmung 12, der nicht von Werkstück 2 abgedeckt wird, energiereiche Strahlung austreten, die noch eine Strahlenintensität besitzt, bei der gesundheitliche Schäden einer Bedienungsperson im Umfeld der Biegewerkzeuganordnung 1 möglich sind. Gemäß der dargestellten Ausführung einer Biegegesenkanordnung 3 beziehungsweise eines Biegegesenks 7 wird ein derartiger Teilabschnitt 48 mittels eines Abschirmelements 49 einer Abschirmvorrichtung 50 verdeckt, wodurch die energiereiche Strahlung 19 am Austreten aus der Biegegesenkanordnung 3 am Werkstück 2 vorbei gehindert wird. Die durch die Strahlenaustrittsöffnung 18 in die Biegeausnehmung 12 austretende Strahlung wird in diesem Fall zumindest teilweise vom Abschirmelement 49 absorbiert oder zurück in das Innere des Biegegesenks 7 reflektiert. Die Unterseite des Abschirmelements 49 kann dabei zusätzlich eine umlenkende oder zerstreuende Oberfläche besitzen, wodurch die reflektierte Strahlung an Intensität noch weiter abnimmt und über größere Flächen des Gesenkinnenen verteilt wird.

**[0076]** Zur Anpassung an verschiedene Längen der Biegelinie 16 gemäß der jeweiligen Abmessung oder Biegelinie 16 eines Werkstücks 2 kann das Abschirmelement 49 vorteilhafterweise mittels einer Verstellvorrichtung 51 der Abschirmvorrichtung 50 in Richtung des Pfeils 52 verstellbar sein. Ein derartiges Abschirmelement 49 könnte zusätzlich auch am in Fig. 5 rechten Ende einer Biegegesenkanordnung 3 bzw. eines einzelnen Biegegesenks 7 vorgesehen sein, es ist jedoch baulich einfacher, wenn ein zu biegendes Werkstück 2 immer an einem Fixanschlag 53 positioniert wird und eine Annäherung eines Abschirmelements 48 dadurch nur von einer Seite her erforderlich ist.

**[0077]** Das Anliegen des Abschirmelements 48 am zu biegenden Werkstück 2 kann dadurch sichergestellt werden,

dass es mit einer gewissen Mindestkraft an das Werkstück 2 angenähert wird, wobei zusätzlich auch eine mechanische, elektrische oder optische Abfrage der Werkstückkontaktierung und damit der vollständigen Abschirmung des Teilabschnittes 48 sichergestellt werden kann. Dies kann beispielsweise dadurch erfolgen, dass das Abschirmelement 49 an seinem zum Werkstück 2 gerichteten Ende an seiner Oberseite eine Prüfmarkierung 54 aufweist, die von einem nicht dargestellten, oberhalb der Biegegesenkanordnung 3 montierten optischen Sensor oder einer Kamera mit angeschlossener Bilderkennung überwacht wird und bei einem Verschieben der Prüfmarkierung 54 am Abschirmelement 49 unter den Rand des Werkstücks 2 von oben durch den Sensor nicht mehr erfassbar ist, was bedeutet, dass das Abschirmelement 49 am Werkstück 2 anliegt. Der Endabschnitt mit der Prüfmarkierung 54 besitzt dabei eine Ausklüftung im Bereich der Biegelinie 16, damit diese auch am Rand des Werkstücks 2 von der energiereichen Strahlung bestrahlt werden kann. Weiters kann das Abschirmelement 49 bzw. die gesamte Abschirmvorrichtung 50 in Richtung des Doppelpfeiles 55 federnd oder gelenkig gelagert sein, wodurch das Abschirmelement 49 zusammen mit dem Werkstück 2 bei Durchführung eines Biegevorganges in das Innere der Biegeausnehmung 12 eingedrückt werden kann und dadurch den Biegevorgang nicht behindert.

**[0078]** Die Abschirmvorrichtung 50 kann wie in Fig. 5 dargestellt mittels eines Halteelements 56 direkt an der Biegegesenkanordnung 3 befestigt sein.

**[0079]** Fig. 6 zeigt schematisch und stark vereinfacht eine Biegepresse 57, insbesondere eine Abkantpresse herkömmlicher Bauart, auf der unter Verwendung der erfindungsgemäßen Biegegesenkanordnung 3 das erfindungsgemäße Verfahren zum Biegen eines Werkstücks 2 ausgeführt werden kann. Die Biegemaschine 54 umfasst ein feststehendes Rahmengestell 58, beispielsweise mit C-Ständern, an dem der untere feststehende Pressenbalken 4 angeordnet ist und weiters mittels Linearverstellantrieben 59, etwa in Form von Hydraulikzylindern, und entsprechenden Führungsmitteln ein oberer Pressenbalken 60 zur Durchführung eines Biegevorganges in Verstellrichtung 6 verstellbar gelagert ist. Die erfindungsgemäße Biegegesenkanordnung 3 ist dabei am unteren, feststehenden Pressenbalken 4 angeordnet und der damit zusammenwirkende Biegestempel 5 am oberen, verstellbaren Pressenbalken 6 montiert. Die Biegepresse 57 wird mittels einer Steuervorrichtung 61 angesteuert, wobei diese insbesondere auch die mit dem erfindungsgemäßen Verfahren zusammenhängenden bzw. mit dem erfindungsgemäßen Biegegesenk 3 zusammenhängenden Verfahrensschritte ebenfalls steuern kann. Dazu gehört beispielsweise die Ansteuerung, Speisung, Aktivierung, Leistungsregelung oder Deaktivierung der Strahlungsquellen 22 bzw. 39 zur Erzeugung der Strahlenfächer 24, mit denen ein Werkstück 2 vor und/oder während der Durchführung eines Biegevorganges im Bereich seiner Umformzone 17 erwärmt wird.

**[0080]** Erfindungsgemäß kann durch die Ausführung der Biegegesenke die Strahlung 19 an das zu biegende Werkstück 2 zumindest teilweise angepasst werden. Wie bereits zuvor beschrieben, ist jedoch ein Austritt von Strahlung, die eine Person im Umfeld der Biegepresse 57 verletzen könnte, bereits im Bereich der Biegegesenkanordnung 3, etwa durch Verwendung der beschriebenen Abschirmvorrichtung 50, bestmöglich zu vermeiden. Um eine mögliche Gefährdungen einer Person im Bereich einer Biegepresse 57 durch energiereiche Strahlung 19 weiter zu minimieren, ist es von Vorteil, wenn im Bereich der Biegewerkzeuganordnung 1 eine aus der Biegegesenkanordnung 3 unvorhergesehen austretende und nicht vom Werkstück 2 absorbierte Leckstrahlung 62 mittels geeigneten Sensorelementen 63 erfasst oder gemessen werden kann und bei Detektion einer gegebenenfalls vorhandenen unzulässig starken Leckstrahlung 62 durch die Steuervorrichtung 61 eine Deaktivierung der energiereichen Strahlung 19 durchgeführt wird. Durch ein derartiges Detektionsverfahren kann für eine Person im Umfeld der Biegegesenkanordnung 3 gefährliche Strahlung unmittelbar erkannt und deaktiviert werden.

**[0081]** Dieses Detektionsverfahren für Leckstrahlung 62 kann insbesondere auch mit einer ungefährlichen Prüfstrahlung mit niedriger Energiedichte erfolgen, beispielsweise durch Licht in sichtbaren Bereich, das durch geeignete Elemente innerhalb der Biegegesenkanordnung 3 erzeugt wird. Eine derartige Prüfstrahlung könnte auch dadurch erzeugt werden, dass Strahlungsquellen 22 in Form von Diodenlaserbarren 26 nur mit geringem Versorgungsstrom beaufschlagt werden, wodurch nur niedrigerenergetische Strahlung, ähnlich wie bei Leuchtdioden, abgegeben wird.

**[0082]** Zur Optimierung des Biegeverfahrens kann zusätzlich vorgesehen sein, dass in der Umformzone 17 eines Werkstücks 2 vor und während der Durchführung des Biegeverfahrens eine oder mehrere Messungen der Temperatur erfolgen, um sicher zu stellen, dass der Biegevorgang bei ausreichender Erwärmung des Werkstücks 2 erfolgt. So kann beispielsweise der Messwert einer Temperaturmessung der Steuervorrichtung 61 zugeführt werden, die basierend auf dem gemessenen Temperaturwert eine Aktivierung, Deaktivierung oder Leistungsregelung der Strahlungsquellen 22, 39 ausführen kann oder einen Biegevorgang durch Beeinflussung des Linearverstellantriebes 59 blockieren, freigeben, auslösen, beschleunigen oder verzögern kann. Die Temperaturmessung erfolgt dabei durch geeignete Messverfahren, beispielsweise berührungslos oder durch berührende Temperaturmessung der Umformzone 17. Als Beispiel für ein berührungsloses Messverfahren ist in Fig. 6 die Verwendung einer Kamera 64 in Form einer Wärmebildkamera dargestellt, die mit der Steuervorrichtung 61 verbunden ist. In der Steuervorrichtung 61 können vorprogrammierte Biegeabläufe gespeichert sein, die auch die werkstückspezifische Erwärmung mittels der Strahlung enthalten. Dadurch können für verschiedene Werkstückarten zusätzlich zum eigentlichen Biegevorgang auch passende Erwärmungsabläufe vordefiniert und automatisch ausgeführt werden.

**[0083]** Fig. 7 zeigt einen Querschnitt durch eine Biegewerkzeuganordnung 1, während der Ausführung des erfindungs-

gemäßem Biegeverfahrens. Die Strahlung 19, die die Umformzone 17 des Werkstücks erwärmt, wird hier von einer Strahlungsquelle 22, beispielsweise in Form eines Diodenlaserbarrens 26 im Inneren der Biegegesenkanordnung 3 erzeugt und in Form eines oder mehrerer Strahlenfächer 24 zum Werkstück 2 geleitet. In diesem Ausführungsbeispiel gemäß Fig. 7 liegt die Strahlenebene 65, in der die Strahlenfächer 24 im Wesentlichen liegen, nicht exakt in der Biegeebene 16, sondern besteht zwischen der Strahlenebene 65 und der Biegeebene 16 ein Schrägungswinkel 66, der vorzugsweise zwischen 2 und 15° beträgt. Durch diese Schrägstellung zwischen den beiden Ebenen ergibt sich eine Schnittlinie 67 zwischen der Biegeebene 16 und der Strahlenebene 65, die vorzugsweise innerhalb der Biegeausnehmung 12, also unterhalb der Anlagefläche 11 liegt. Dadurch ergibt sich ein Tiefenversatz 68, um den die Schnittlinie 67 unterhalb der Anlagefläche 11 liegt, wobei nur in dieser Position der Werkstückunterseite die Strahlenebene 65 exakt die Mitte der Umformzone 17 bestrahlt, während bei Werkstückpositionen oberhalb und unterhalb der Schnittlinie 67 die Strahlenebene 65 die Umformzone 17 des Werkstücks seitlich der Biegeebene 16 trifft.

**[0084]** Befindet sich die Spitze des Stempels 5 oberhalb der Anlagefläche 11, ist bei der skizzierten Orientierung der Strahlenebene 65 sichergestellt, dass aus der Biegegesenkanordnung 3 austretende Strahlung, die nicht auf das Werkstück 2 trifft, die linke Flanke 69 des dargestellten Biegestempels 5 trifft und in diesem Fall hauptsächlich nach links umgelenkt bzw. reflektiert wird. Dieser Effekt der Schrägstellung der Strahlenebene 65 zur Biegeebene 16 kann vorteilhaft dazu benutzt werden, gegebenenfalls nicht auf das Werkstück 2 auftreffende, energiereiche Strahlung 19 von dem normalen Aufenthaltsbereich einer Bedienperson weg umzulenken, indem aus der Sicht der Bedienperson derartige Strahlung auf die von der Benutzerseite 70 aus gesehene, abgewendete Flanke 69 des Biegestempels 5 trifft.

**[0085]** Eine vorteilhafte Ausführungsvariante des erfindungsgemäßen Verfahrens besteht darin, dass das Werkstück 2 vor Beginn der Bestrahlung zur lokalen Erwärmung der Umformzone mittels eines Halteelements, insbesondere mittels des Biegestempels 5 in seiner Position bezüglich der Biegegesenkanordnung 3 fixiert wird, beispielsweise indem der Biegestempel 5 mit einer begrenzten Kraft auf das an der Anlagefläche 11 aufliegende Werkstück 2 angedrückt wird. Die dazu eingesetzte Fixierkraft beträgt nur einen relativ kleinen Teil der für den eigentlichen Biegevorgang aufzubringenden Umformkraft, bewirkt jedoch, dass das Werkstück 2 seine Position bezüglich der Biegegesenkanordnung 3 aufgrund von thermischen Spannungen und dadurch bewirktem Verzug nicht verändert und die Umformung am Werkstück 2 exakt an der geplanten Position erfolgt. Das Werkstück 2 kann dabei, ähnlich wie in Fig. 7 dargestellt, zur Fixierung an der Biegegesenkanordnung 3 in geringem Maße verformt werden, wobei es sich hierbei im Wesentlichen um elastische Verformung handelt, und erst danach die lokale Erwärmung der Umformzone 17 erfolgt. Dadurch ist sicher gestellt, dass das Werkstück 2 exakt an der gewünschten Position gebogen wird, jedoch vor dem nachteiligen Wirksamwerden von spröden Materialeigenschaften durch die lokale Erwärmung der Umformzone 17 für die nachfolgende, plastische Biegeumformung konditioniert wird.

**[0086]** Da die für ein sprödes Material hohen Spannungen erst in einer späteren Phase der Biegeumformung, also bei einem starken Eindringen des Werkstücks 2 in die Biegeausnehmung 12 auftreten, ist es weiters vorteilhaft möglich, durch die Anordnung und Ausbildung der Strahlenfächer 24 die im Strahlenverlauf sich ergebende Veränderung der Verteilung der Strahlungsintensität entlang der Biegelänge 21 so festzulegen, dass die Gleichmäßigkeit der Strahlungsverteilung ihr Optimum nicht auf Höhe der Anlagefläche 11 besitzt, sondern in einer späteren Phase der Umformung, also beispielsweise erst nach einem Drittel oder der Hälfte der Eintauchtiefe des Biegestempels 5, wie es etwa in Fig. 7 dargestellt ist.

**[0087]** Fig. 7 zeigt weiters einen Thermofühler 71, der innerhalb der Biegeausnehmung 12 federnd gelagert ist, mit der Steuerungsvorrichtung 61 der Biegepresse 57 verbunden ist, und dazu dient, die Temperatur der Umformzone 17 während der Erwärmung durch die energiereiche Strahlung 19 zu messen.

**[0088]** Die Biegegesenkanordnung 3 kann weiters so ausgeführt sein, dass der Werkzeuggrundkörper 8 einen die Anlagefläche 11 und die Biegeausnehmung 12 bildenden, in Fig. 7 mit strichlierten Linien angedeuteten, Gesenkadapter 72 umfasst, der an dem die Strahlungsquellen 22 oder die Strahlbeeinflussungsanordnungen 23 enthaltenden restlichen Teil des Werkzeuggrundkörpers 8 auswechselbar angeordnet ist.

**[0089]** Die Ausführungsbeispiele zeigen mögliche Ausführungsvarianten des Verfahrens bzw. der Biegegesenkanordnung 3, wobei an dieser Stelle bemerkt sei, dass die Erfindung nicht auf die speziell dargestellten Ausführungsvarianten derselben eingeschränkt ist

**[0090]** Der Ordnung halber sei abschließend darauf hingewiesen, dass zum besseren Verständnis des Aufbaus der Biegegesenkanordnung 3 diese bzw. deren Bestandteile teilweise unmaßstäblich und/oder vergrößert und/oder verkleinert dargestellt wurden.

**[0091]** Die den eigenständigen erfinderischen Lösungen zugrundeliegende Aufgabe kann der Beschreibung entnommen werden.

**Bezugszeichenaufstellung**

1	Biegewerkzeuganordnung	41	Strahleintrittsöffnung
2	Werkstück	42	Strahlbeeinflussungsanordnung

## EP 2 448 689 B1

(fortgesetzt)

5	3	Biegegesenkanordnung	43	Teilstrahlenbündel
	4	Pressenbalken	44	Strahlweiterleitungsöffnung
	5	Biegestempel	45	Strahlteilerelement
	6	Verstellrichtung	46	Strahlumlenkelement
	7	Biegegesenk	47	Strahlformungselement
10	8	Werkzeuggrundkörper	48	Teilabschnitt
	9	Anschlussprofil	49	Abschirmelement
	10	Standardwerkzeugaufnahme	50	Abschirmvorrichtung
	11	Anlagefläche	51	Verstellvorrichtung
15	12	Biegeausnehmung	52	Pfeil
	13	V-Nut	53	Fixanschlag
	14	V-Gesenk	54	Prüfmarkierung
	15	Biegeebene	55	Doppelpfeil
20	16	Biegelinie	56	Halteelement
	17	Umformzone	57	Biegepresse
	18	Strahlaustrittsöffnung	58	Rahmengestell
	19	Strahlung	59	Linearverstellantrieb
25	20	Unterseite	60	Pressenbalken
	21	Biegelänge	61	Steuerungsvorrichtung
	22	Strahlungsquelle	62	Leckstrahlung
30	23	Strahlbeeinflussungsanordnung	63	Sensorelement
	24	Strahlenfächer	64	Kamera
	25	Gesenklänge	65	Strahlenebene
	26	Diodenlaserbarren	66	Schrägungswinkel
35	27	Strahlaustrittsfläche	67	Schnittlinie
	28	Barrenbreite	68	Tiefenversatz
	29	Abstand	69	Flanke
	30	Kühlkörper	70	Benutzerseite
40	31	Mikrokanalkühler	71	Thermofühler
	32	Laserdiodenanordnung	72	Gesenkadapter
	33	Pluspol		
	34	Kontaktplättchen		
45	35	Minuspol		
	36	Isolierschicht		
	37	Verbindungselement		
	38	Kontaktelement		
50	39	Strahlungsquelle		
	40	Strahlenbündel		

### Patentansprüche

- 55
1. Verfahren zum Biegen eines flächigen Werkstücks (2) mit Ausleiten von energiereicher Strahlung (19), insbesondere Laserstrahlung, in Form zumindest eines Strahlenfächers (24) aus einer Biegeausnehmung (12) einer zumindest ein Biegegesenk (7) umfassenden Biegegesenkanordnung (3) auf ein zu biegendes, an einer Anlagefläche (11)

des zumindest einen Biegegesenks (7) anliegendes Werkstück (2) zur lokalen Erwärmung desselben vor und/oder während eines Biegevorganges, **dadurch gekennzeichnet, dass** dieser Strahlenfächer (24) oder diese Strahlenfächer (24a, 24b) durch eine Anzahl von innerhalb der Biegegesenkanordnung (3) entlang der Biegeausnehmung (12) angeordneten und wahlweise aktivierbaren Strahlungsquellen (22a, 22b) erzeugt oder durch Verteilung zumindest eines von einer außerhalb der Biegegesenke (7a, 7b) angeordneten Strahlungsquelle (39) in die Biegegesenkanordnung (3) eingeleiteten konzentrierten Strahlenbündels (40) durch eine Anzahl von Strahlbeeinflussungsanordnungen (23a, 23b) innerhalb der Biegegesenke (7a, 7b) bewirkt wird bzw. werden und die austretende Strahlung (19) über die Anzahl der Strahlenfächer (24, 24a, 24b) dadurch annähernd an die Biegelänge (21) eines zu biegenden Werkstück (2) angepasst wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine Anpassung der Gesenklänge (25) der Biegegesenkanordnung (3) an die Biegelänge (21) eines zu biegenden Werkstücks (2) durch Aneinanderreihung von mehreren Biegegesenken (7) erfolgt.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Strahlung (19) durch gesteuerte Abschirmung mittels eines Abschirmelements (49) an der Biegegesenkanordnung (3) an die Biegelänge (21) eines zu biegenden Werkstücks (2) angepasst wird, insbesondere auf einen Teilabschnitt (48) der Biegeausnehmung (12) beschränkt wird.
4. Verfahren nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Abschirmelement (49) in Richtung der Biegelänge (21) bis zum Anliegen an das Werkstück (2) verstellbar ist.
5. Verfahren nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** vor Aktivierung der Strahlung (19) das Anliegen des Abschirmelements (49) am Rand des Werkstücks (2) mechanisch oder berührungslos überprüft wird.
6. Verfahren nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Abschirmelement (49) an seiner Unterseite eine verspiegelte Oberfläche aufweist und/oder eine konvexe strahlungszerstreuende Oberfläche aufweist und/oder mit einer Temperaturüberwachung ausgestattet ist.
7. Verfahren nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** ein durch zumindest ein optisches Bauelement in der Biegegesenkanordnung (3) bewirkter Brennpunkt der Strahlung (19) vor der Anlagefläche (11) innerhalb der Biegeausnehmung (12) positioniert wird, wodurch austretende Strahlung (19) außerhalb der Biegegesenkanordnung (3) divergierend verläuft.
8. Verfahren nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** an dem zu verformenden Werkstück (2) zumindest an einer Stelle, vorzugsweise an mehreren Stellen, der Umformzone (17) während der Erwärmung dessen Temperatur erfasst wird.
9. Verfahren nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Leistungsdichte und/oder die Einwirkdauer der Strahlung an das Material und/oder die geometrischen Abmessungen des zu biegenden Werkstücks (2) mittels einer Steuerungsvorrichtung (61) angepasst werden.
10. Verfahren nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Werkstück (2) vor Einwirkung der Strahlung (19) durch den Biegestempel (5) einer geringen, insbesondere nur elastischen, Biegeumformung unterworfen und in dieser Stellung durch den Biegestempel (5) fixiert wird, erst daran anschließend die Erwärmung durch Ausleitung von Strahlung (19) an die Unterseite (20) des Werkstücks (2) aktiviert wird, und nach Ablauf einer vordefinierten Zeitspanne ab Aktivierung der Strahlung (19), die auch Null sein kann, oder ab Erreichen einer bestimmten Temperatur des Werkstücks (2) in der Umformzone (17) die Biegeumformung fortgesetzt wird, wobei die Strahlung (19) bis zum oder bis knapp vor Abschluss der Biegeumformung aktiviert bleibt.
11. Verfahren nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** während der Erwärmung durch Strahlung (19) die Temperatur des Werkstücks (2) an der Umformzone (17) gemessen und als Messwert einer elektronischen Steuerungsvorrichtung (61) zugeführt wird, die in Abhängigkeit von der gemessenen Temperatur einen Biegevorgang blockiert, freigibt, auslöst, beschleunigt oder verzögert und/oder die Strahlungsleistung durch Aktivierung oder Deaktivierung oder Leistungsregelung der Strahlungsquellen (22) in der Biegegesenkanordnung (3) oder der externen Strahlungsquelle (39) erhöht, reduziert oder deaktiviert.

- 5  
10  
15  
20  
25  
30  
35
12. Biegegesenkanordnung (3), insbesondere V-Gesenk-Anordnung zur Ausführung des Verfahrens gemäß Anspruch 1, umfassend zumindest ein Biegegesenk (7) mit einem Werkzeuggrundkörper (8) und einer Anlagefläche (11) zum Anlegen eines durch einen Biegestempel (5) zu biegenden Werkstücks (2), mit einer nutartigen Biegeausnehmung (12) in der Anlagefläche (11) und zumindest einer sich entlang der Biegeausnehmung (12) erstreckenden Strahlenaustrittsöffnung (18) in der Biegeausnehmung (12) zur Ausleitung von energiereicher Strahlung (19), insbesondere Laserstrahlung, in Form eines Strahlenfächers (24) auf ein an der Anlagefläche (11) anliegendes Werkstück (2) zum Erwärmen der Umformzone (17) des Werkstücks (2), **dadurch gekennzeichnet, dass** innerhalb der Biegegesenkanordnung (3) eine Anzahl von Strahlungsquellen (22), insbesondere Diodenlaserbarren (26), angeordnet ist, wobei die Strahlungsquellen (22) wahlweise aktivierbar oder deaktivierbar sind sowie zumindest annähernd gleichmäßig entlang der Biegeausnehmung (12) hinter der Strahlenaustrittsöffnung (18) im Werkzeuggrundkörper (8) angeordnet sind.
13. Biegegesenkanordnung (3), insbesondere V-Gesenk-Anordnung zur Ausführung des Verfahrens gemäß Anspruch 1, umfassend zumindest ein Biegegesenk (7) mit einem Werkzeuggrundkörper (8) und einer Anlagefläche (11) zum Anlegen eines durch einen Biegestempel (5) zu biegenden Werkstücks (2), mit einer nutartigen Biegeausnehmung (12) in der Anlagefläche (11) und zumindest einer sich entlang der Biegeausnehmung (12) erstreckenden Strahlenaustrittsöffnung (18) in der Biegeausnehmung (12) zur Ausleitung von energiereicher Strahlung (19), insbesondere Laserstrahlung, in Form eines Strahlenfächers (24) auf ein an der Anlagefläche (11) anliegendes Werkstück (2) zum Erwärmen der Umformzone (17) des Werkstücks (2), **dadurch gekennzeichnet, dass** die Biegegesenkanordnung (3) zumindest eine Strahleneintrittsöffnung (41) zum Einleiten zumindest eines von einer außerhalb der Biegegesenkanordnung (3) angeordneten Strahlungsquelle (39) erzeugten energiereichen konzentrierten Strahlenbündels (40) sowie zumindest einen an die Strahleneintrittsöffnung (41) anschließenden Strahlenweg (42) aufweist und im Verlauf des Strahlenweges (42) im Inneren der Biegegesenkanordnung (3) eine Anzahl von Strahlbeeinflussungsanordnungen (23a, 23b) angeordnet ist, die jeweils einen Teil des Strahlenbündels (40) zeitlich und örtlich stationär umlenken, zu Strahlenfächern (24a, 24b) aufweiten und durch die Strahlenaustrittsöffnung (18) zum Werkstück (2) im Bereich der Umformzone (17) leiten.
14. Biegegesenkanordnung (3) nach Anspruch 12 oder 13, **dadurch gekennzeichnet, dass** an der Biegegesenkanordnung (3) zwischen Strahlenaustrittsöffnung (18) und Anlagefläche (11) zumindest ein verstellbares Abschirmelement (49) zur Abdeckung nicht vom Werkstück (2) abgedeckter Teilabschnitte (48) der Biegeausnehmung (12) vorgesehen ist.
15. Biegegesenkanordnung (3) nach einem oder mehreren der Ansprüche 12 bis 14, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Werkzeuggrundkörper (8) einen die Anlagefläche (11) und die Biegeausnehmung (12) bildenden Gesenkadapter (72) umfasst, der an dem die Strahlungsquellen (22) oder die Strahlbeeinflussungsanordnungen (23) enthaltenden restlichen Teil des Werkzeuggrundkörpers (8) auswechselbar angeordnet ist.

## Claims

- 40  
45  
50  
55
1. Method for bending a flat workpiece (2), comprising the discharge of high-energy radiation (19), in particular laser radiation, in the form of at least one planar fanned beam (24) from a bending recess (12) of a die arrangement (3) comprising at least one bending die (7) onto a workpiece (2) to be bent bearing against a contact surface (11) of the at least one bending die (7) for local heating of the workpiece (2) before/or during a bending process, **characterized in that** said planar fanned beam (24) or these planar fanned beams (24a, 24b) are produced by a number of optionally activatable radiation sources (22a, 22b) which are arranged within the die arrangement (3) along the bending recess or is or are caused by the distribution of a concentrated radiation beam (40) introduced into the die arrangement (3) from a radiation source (39) arranged outside the bending dies (7a, 7b) via a number of beam affecting arrangements (23a, 23b) within the bending dies (7a, 7b) and the exiting radiation (19) is thereby approximately adjusted to the bending length (21) of a workpiece (2) to be bent by the number of planar fanned beams (24, 24a, 24b).
2. Method according to claim 1, **characterized in that** an adjustment of the die length (25) of the die arrangement (3) to the bending length (21) of a workpiece (2) to be bent is effected by a stringing together of several bending dies (7).
3. Method according to claim 1 or 2, **characterized in that** the radiation (19) is adjusted to the bending length (21) of a workpiece (2) to be bent by controlled shielding using a shielding element (49) at the die arrangement (3) and is in particular limited to a section (48) of the bending recess (12).

4. Method according to claim 3, **characterized in that** the shielding element (49) is adjustable according to the direction of the bending length (21) until it bears against the workpiece (2).
5. Method according to one or more of the preceding claims, **characterized in that** prior to the activation of the radiation (19), bearing of the shielding element (49) against the edge of the workpiece (2) is checked mechanically or in a contactless way.
6. Method according to one or more of the preceding claims, **characterized in that** the shielding element (49) has a reflective-coated surface at its bottom side and/or has a convex radiation diverging surface and/or is provided with a temperature monitoring.
7. Method according to one or more of the preceding claims, **characterized in that** a focus of the radiation (19) caused by at least one optical component part in the die arrangement (3) is positioned in front of the contact surface (11) within the bending recess (12), resulting **in that** exiting radiation (19) extends diverging outside the die arrangement (3).
8. Method according to one or more of the preceding claims, **characterized in that** the temperature of at least one but preferably several places of the deformation zone (17) of the workpiece (2) to be deformed, is measured during the heating.
9. Method according to one or more of the preceding claims, **characterized in that** the power density and/or the exposure duration of the radiation are adjusted to the material and/or the geometric dimensions of the workpiece (2) to be bent by a control device (61).
10. Method according to one or more of the preceding claims, **characterized in that** before the application of the radiation (19), the workpiece (2) is subjected to a slight, in particular only elastic bending deformation by the bending punch (5) and fixed in this position by the bending punch (5) so that only subsequently the heating by discharging of radiation (19) onto the bottom side (20) of the workpiece (2) is activated and after expiring of a predetermined period of time beginning with the activation of the radiation, that can also be zero, or when the workpiece (2) in the deformation zone (17) obtains a certain temperature, the deformation is continued, and the radiation (19) is kept activated until or short before the termination of the bending deformation.
11. Method according to one or more of the preceding claims, **characterized in that** during the heating by radiation (19), the temperature of the workpiece (2) at the deformation zone (17) is measured and fed as a value into an electronic control device (61), which, as a function of the temperature measured, blocks, releases, effects, accelerates, or decelerates a bending process and/or increases, reduces or deactivates the radiation performance by activating or deactivating or power control of the radiation sources (22) in the die arrangement (3) or of the external radiation source (39).
12. Die arrangement (3), in particular V-shaped die arrangement for performing the method according to claim 1, comprising at least one bending die (7) comprising a tool base body (8) and a contact surface (11) for bearing a workpiece (2) to be bent by a bending punch (5), with a groove-shaped bending recess (12) in the contact surface (11) and at least one beam exit opening (18) in the bending recess (12) extending along the bending recess (12) for discharging high-energy radiation (19), in particular laser radiation, in the form of a planar fanned beam (24) onto a workpiece (2) bearing against the contact surface (11) for heating the deformation zone (17) of the workpiece, **characterized in that** within the die arrangement (3) a number of radiation sources (22), in particular diode laser bars (26) are arranged, and the radiation sources (22) being optionally activatable or deactivatable and arranged at least approximately evenly along the bending recess (12) behind the beam exit opening (18) in the tool base body (8).
13. Die arrangement (3), in particular V-shaped die arrangement for performing the method according to claim 1, comprising at least one bending die (7) with a tool base body (8) and a contact surface (11) for bearing a workpiece (2) to be bent by the bending punch (5), with a groove-shaped bending recess (12) in the contact surface (11) and at least one beam exit opening (18) in the bending recess (12) extending along the bending recess (12) for discharging high-energy radiation (19), in particular laser radiation, in the form of a planar fanned beam (24) onto a workpiece (2) bearing against the contact surface for heating the deformation zone of the workpiece (2), **characterized in that** the die arrangement (3) has at least one beam entry opening (41) for introducing at least one concentrated radiation beam (40) produced by a radiation source (39) arranged outside the die arrangement (3) and at least one beam path (42) adjacent to the beam entry opening (41) and in the course of the beam path (42) in the interior area of the

die arrangement (3), a number of beam affecting arrangements (23a, 23b) are arranged in a way that each temporarily and locally deflect a part of the radiation beam (40), expanding to be planar fanned beams (24a, 24b) and being guided through the beam exit opening (18) to the workpiece (2) in the region of the deformation zone (17).

- 5 14. Die arrangement (3) according to one of the claims 12 or 13, **characterized in that** at least one adjustable shielding element (49) for covering sections (48) of the bending recess (12) not being covered by the workpiece (2) is provided at the die arrangement (3).
- 10 15. Die arrangement (3) according to one or more of the claims 12 to 14, **characterized in that** the tool base body (8) comprises a die adaptor (72) forming the contact surface (11) and the bending recess (12) and the die adaptor (72) is mounted in an exchangeable way to the remaining part of the tool base body (8) containing the radiation sources (22) or the beam affecting arrangements (23).

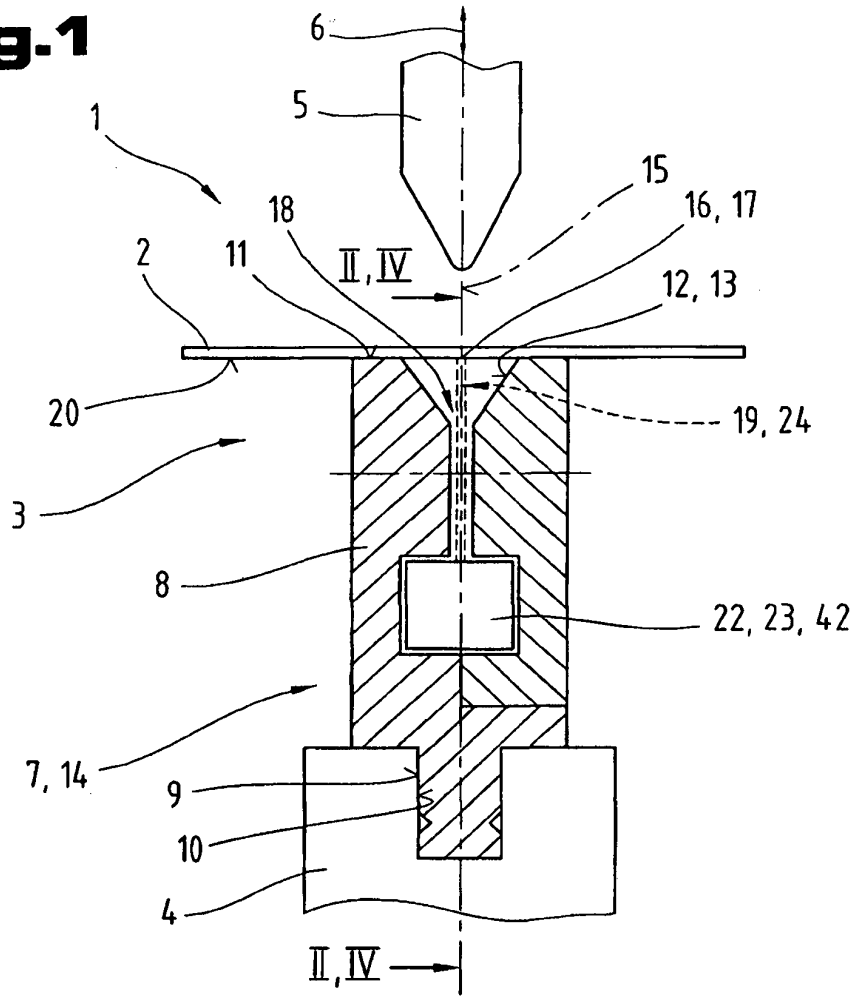
15 **Revendications**

- 20 1. Procédé de pliage d'une pièce plate (2) avec émission d'un rayonnement (19) énergétique, plus particulièrement un rayon laser, sous la forme d'au moins un éventail à rayons (24) constitué d'un évidement de pliage (12) d'un dispositif à matrice de pliage (3) comprenant au moins une matrice de pliage (7) sur une pièce à plier (2), s'appuyant contre une surface d'appui (11) de l'au moins une matrice de pliage (7), pour le chauffage local de celle-ci avant et/ou pendant un processus de pliage, **caractérisé en ce que** cet éventail à rayons (24) ou ces éventails à rayons (24a, 24b) sont constitués de plusieurs sources de rayonnement (22a, 22b) disposées à l'intérieur du dispositif à matrice de pliage (3) le long de l'évidement de pliage (12) et pouvant être activées de manière sélective ou bien réalisés par la répartition d'au moins une source de rayonnement (39) disposée à l'extérieur de la matrice de pliage (7a, 7b) dans les faisceaux (40) concentrés entrant dans le dispositif à matrice de pliage (3) par plusieurs dispositifs d'action sur le rayonnement (23a, 23b) à l'intérieur de la matrice de pliage (7a, 7b) et le rayonnement sortant (19) est adapté par les éventails à rayons (24, 24a, 24b) à la longueur de pliage (21) de la pièce à plier (2).
- 25 2. Procédé selon la revendication 1, **caractérisé en ce qu'**une adaptation de la longueur de la matrice (25) du dispositif à matrice de pliage (3) à la longueur de pliage (21) d'une pièce à plier (2) est effectuée par une série de matrices de pliage (7).
- 30 3. Procédé selon la revendication 1 ou 2, **caractérisé en ce que** le rayonnement (19) est limité, par un blindage contrôlé à l'aide d'un élément de blindage (49) du dispositif de matrice de pliage (3), à la longueur de pliage (21) d'une pièce à plier (2), plus particulièrement à une section partielle (48) de l'évidement de pliage (12).
- 35 4. Procédé selon la revendication 3, **caractérisé en ce que** l'élément de blindage (49) est réglable en direction de la longueur de pliage (21) jusqu'à s'appuyer contre la pièce (2).
- 40 5. Procédé selon l'une ou plusieurs des revendications précédentes, **caractérisé en ce que**, avant l'activation du rayonnement (19), l'appui de l'élément de blindage (49) contre le bord de la pièce (2) est contrôlé mécaniquement ou sans contact.
- 45 6. Procédé selon l'une ou plusieurs des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** l'élément de blindage (49) comprend, au niveau de sa partie inférieure, une surface réfléchissante et/ou une surface convexe diffusant les rayonnements et/ou est muni d'un dispositif de surveillance de la température.
- 50 7. Procédé selon l'une ou plusieurs des revendications précédentes, **caractérisé en ce qu'**un foyer du rayonnement (19), formé par au moins un composant optique du dispositif à matrice de pliage (3), se trouve devant la surface d'appui (11) à l'intérieur de l'évidement de pliage (12), le rayonnement sortant (19) sortant ainsi du dispositif à matrice de pliage (3) de manière divergente.
- 55 8. Procédé selon l'une ou plusieurs des revendications précédentes, **caractérisé en ce que**, sur la pièce à déformer (2), au moins à un endroit, de préférence à plusieurs endroits, de la zone de déformation (17), sa température est mesurée pendant le chauffage.
9. Procédé selon l'une ou plusieurs des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** la densité de puissance et/ou la durée d'action du rayonnement est adapté au matériau et/ou aux dimensions géométriques de la pièce à

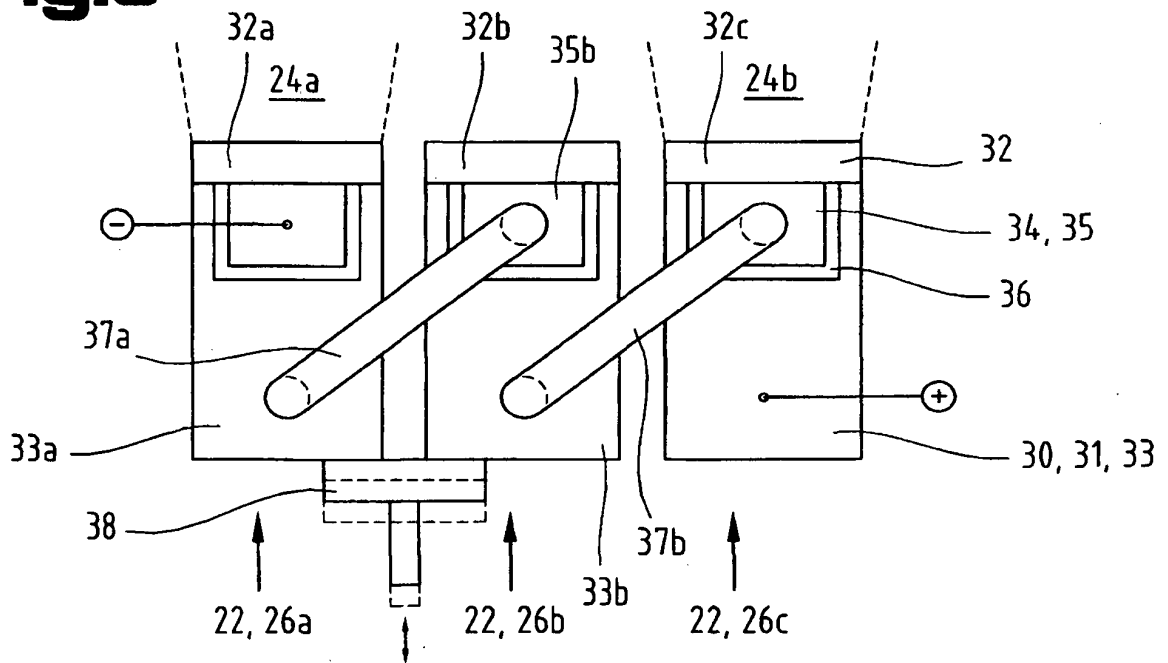
plier (2) à l'aide d'un dispositif de commande (61).

- 5
10. Procédé selon l'une ou plusieurs des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** la pièce (2) est soumise, avant l'action du rayonnement (19) à travers le poinçon de pliage (5), à une déformation par pliage faible, plus particulièrement uniquement élastique et est fixé dans cette position par le poinçon de pliage (5) puis le chauffage est activé sur la partie inférieure (20) de la pièce (2) par émission d'un rayonnement (19) et, après l'écoulement d'un laps de temps prédéfini à compter de l'activation du rayonnement (19), qui peut également être nul, ou à partir du moment où la pièce (2) a atteint une température définie dans la zone de déformation (17), la déformation par pliage est continuée, le rayonnement (19) restant activé jusqu'à ou juste avant la fin de la déformation par pliage.
- 10
11. Procédé selon l'une ou plusieurs des revendications précédentes, **caractérisé en ce que**, pendant le chauffage par le rayonnement (19), la température de la pièce (2) est mesurée au niveau de la zone de déformation (17) et est introduite en tant que valeur de mesure dans le dispositif de commande (61), qui bloque, autorise, déclenche, accélère ou retarde un processus de pliage en fonction de la température mesurée et/ou augmente, réduit ou désactive la puissance du rayonnement en activant ou en désactivant la régulation de puissance des sources de rayonnement (22) du dispositif à matrice de pliage (3) ou de la source de rayonnement externe (39).
- 15
12. Dispositif à matrice de pliage (3), plus particulièrement dispositif de pliage en forme de V pour la réalisation du procédé selon la revendication 1, comprenant au moins une matrice de pliage (7) avec un corps de base d'outil (8) et une surface d'appui (11) pour l'appui d'une pièce (2) à plier à l'aide d'un poinçon de pliage (5), avec un évidement de pliage (12) en forme de rainure dans la surface d'appui (11) et au moins une ouverture de sortie de rayonnement (18) s'étendant le long de l'évidement de pliage (12), dans l'évidement de pliage (12), pour l'émission d'un rayonnement énergétique (19), plus particulièrement un rayon laser, sous la forme d'un éventail à rayons (24) vers une pièce (2) s'appuyant contre la surface d'appui (11) pour le chauffage de la zone de déformation (17) de la pièce (2) **caractérisé en ce que**, à l'intérieur du dispositif à matrice de pliage (3), se trouvent plusieurs sources de rayonnement (22), plus particulièrement des barres de diodes laser (26), pouvant être activées ou désactivées de manière sélective et disposées au moins approximativement de manière uniforme le long de l'évidement de pliage (12) derrière l'ouverture de sortie du rayonnement (18) dans le corps de base de l'outil (8).
- 20
- 25
- 30
13. Dispositif à matrice de pliage (3), plus particulièrement dispositif de pliage en forme de V pour la réalisation du procédé selon la revendication 1, comprenant au moins une matrice de pliage (7) avec un corps de base d'outil (8) et une surface d'appui (11) pour l'appui d'une pièce à plier (2), avec un évidement de pliage (12) en forme de rainure dans la surface d'appui (11) et au moins une ouverture de sortie de rayonnement (18) s'étendant le long de l'évidement de pliage (12), dans l'évidement de pliage (12), pour l'émission d'un rayonnement énergétique (19), plus particulièrement un rayon laser, sous la forme d'un éventail à rayons (24) vers une pièce (2) s'appuyant contre la surface d'appui (11) pour le chauffage de la zone de déformation (17) de la pièce (2) **caractérisé en ce que** le dispositif à matrice de pliage (3) comprend au moins une ouverture d'entrée de rayonnement (41) pour l'introduction d'au moins un faisceau (40) énergétique concentré produit par une source de rayonnement (39) disposé à l'extérieur du dispositif à matrice de pliage (3), ainsi qu'au moins un trajet de rayonnement (42) adjacent à l'ouverture d'entrée de rayonnement (41) et, sur le trajet de rayonnement (42) à l'intérieur du dispositif à matrice de pliage (3), se trouvent plusieurs dispositifs d'actions sur le rayonnement (23a, 23b), qui décalent une partie du faisceau (40) de manière temporelle et de manière spatialement fixe, l'élargissent en éventails de rayons (24a, 24b) et le guident à travers l'ouverture de sortie des rayons (18) vers la pièce (2) au niveau de la zone de déformation (17).
- 35
- 40
- 45
14. Dispositif à matrice de pliage (3) selon la revendication 12 ou 13, **caractérisé en ce que**, sur le dispositif à matrice de pliage (3) entre l'ouverture de sortie du rayonnement (18) et la surface d'appui (11), est prévu au moins un élément de blindage réglable (49) permettant de recouvrir les sections partielles (48) de l'évidement de pliage (12) non recouvertes par la pièce (2).
- 50
15. Dispositif à matrice de pliage (3) selon l'une ou plusieurs des revendications 12 à 14, **caractérisé en ce que** le corps de base d'outil (8) comprend un adaptateur de matrice (72) formant la surface d'appui (11) et l'évidement de pliage (12), qui est disposé de manière amovible sur la partie restante du corps de base d'outil (8) comprenant les sources de rayonnement (22) ou les dispositifs d'action sur les rayons (23).
- 55

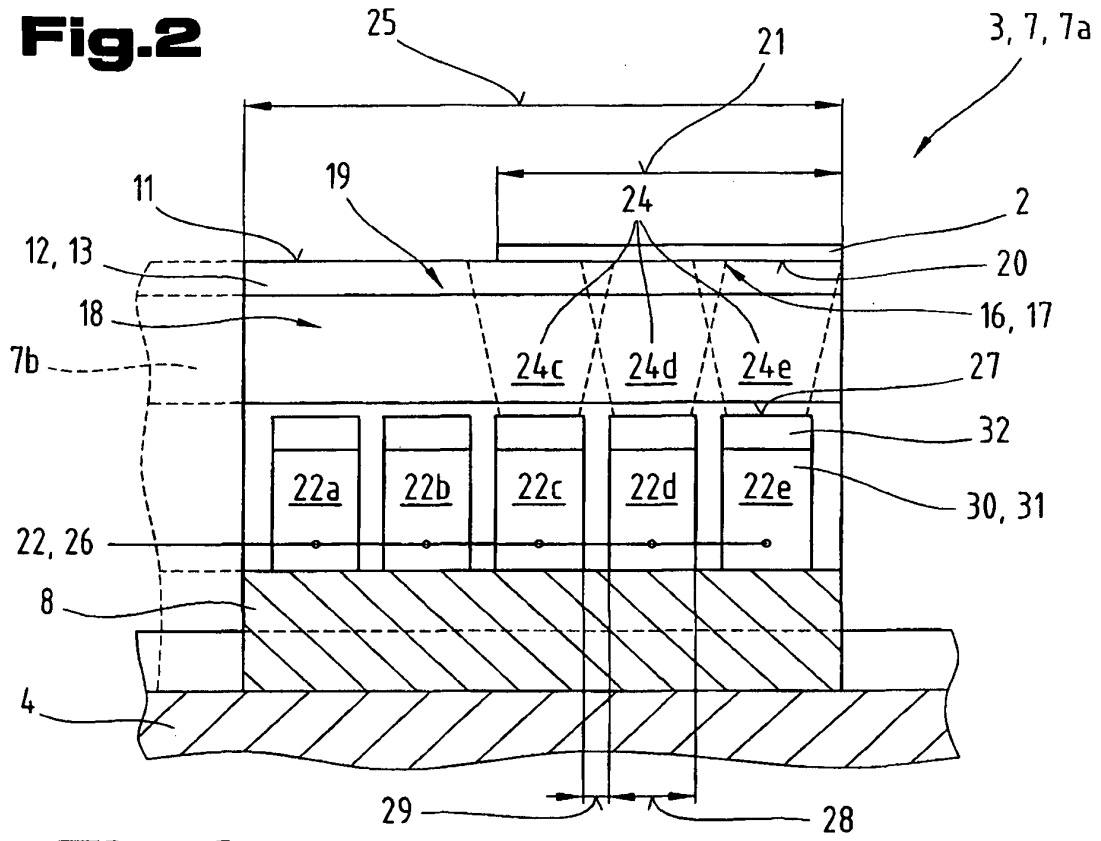
**Fig.1**



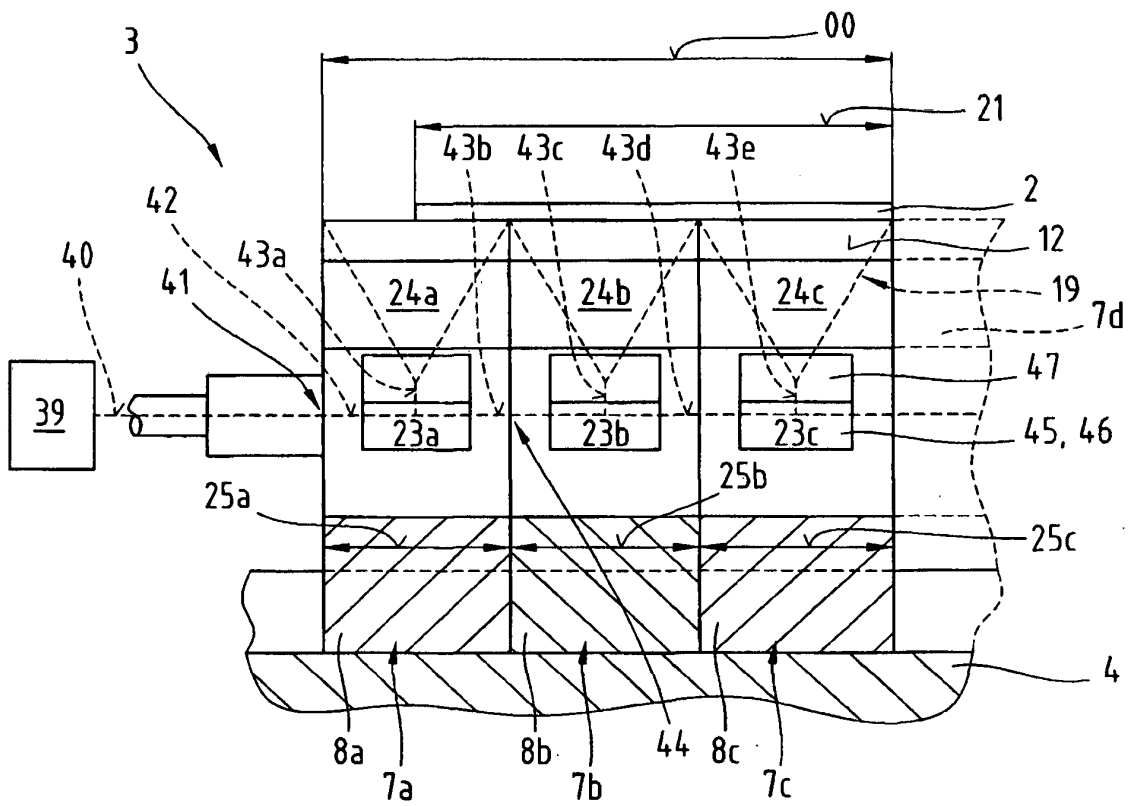
**Fig.3**



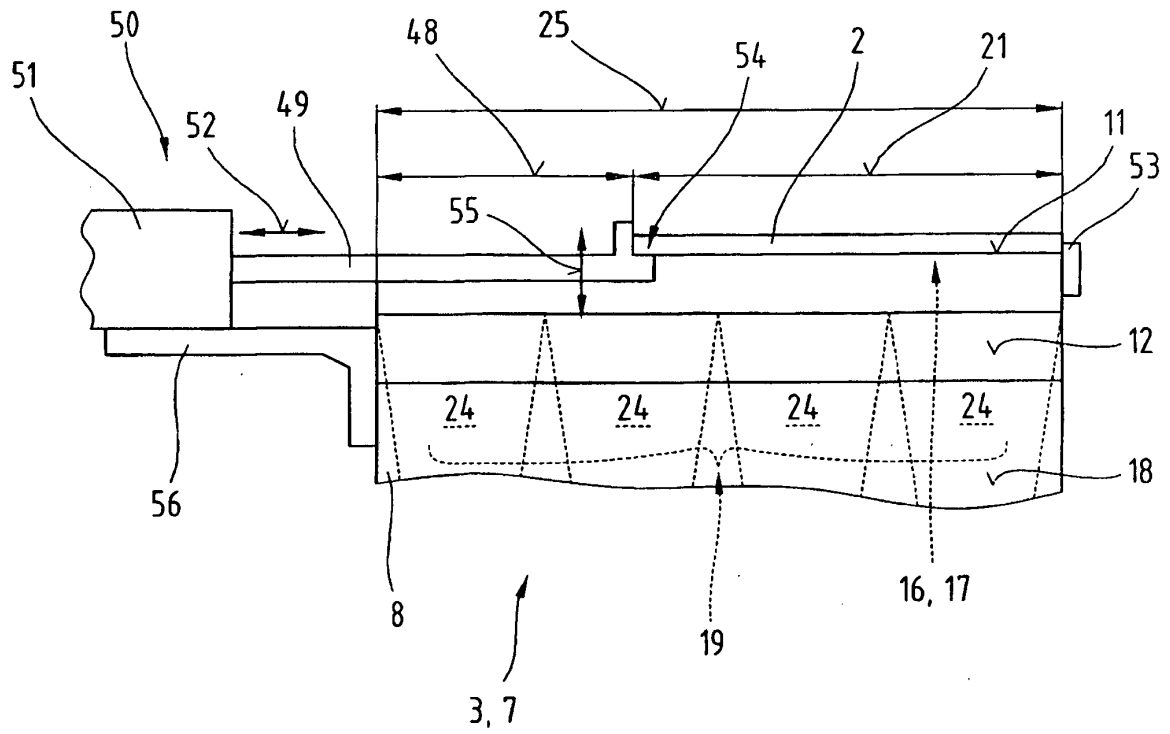
**Fig.2**



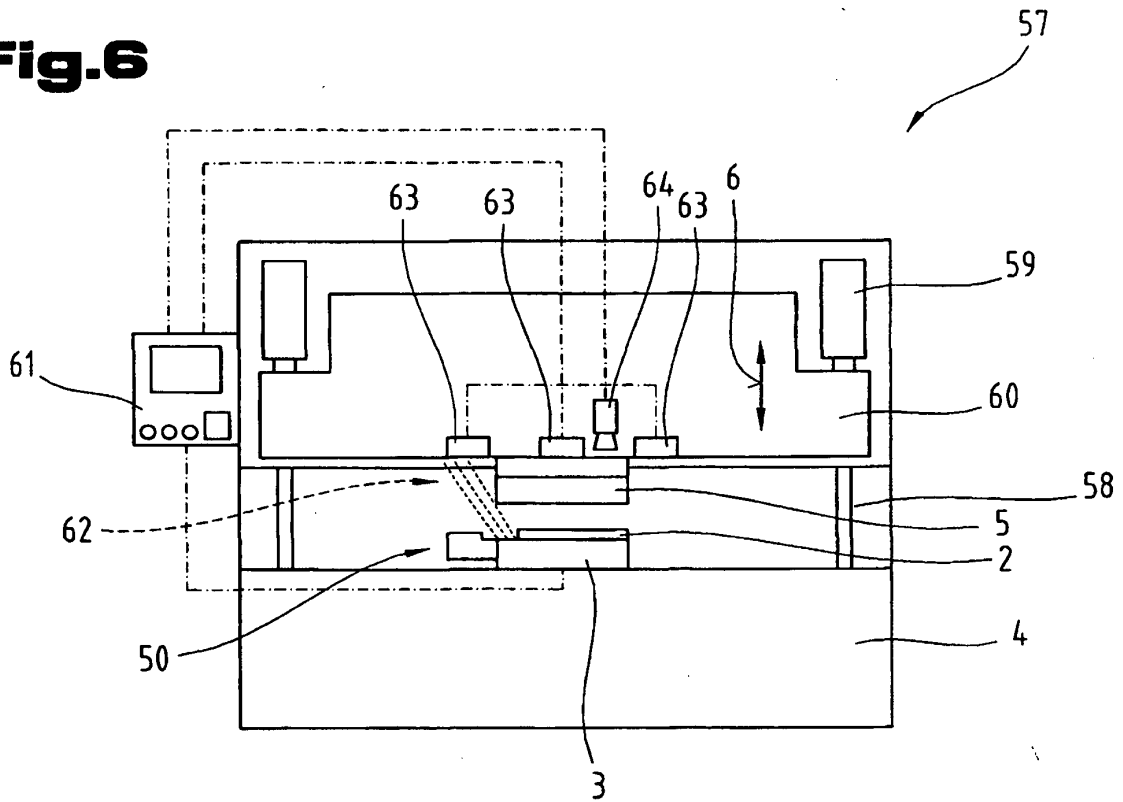
**Fig.4**



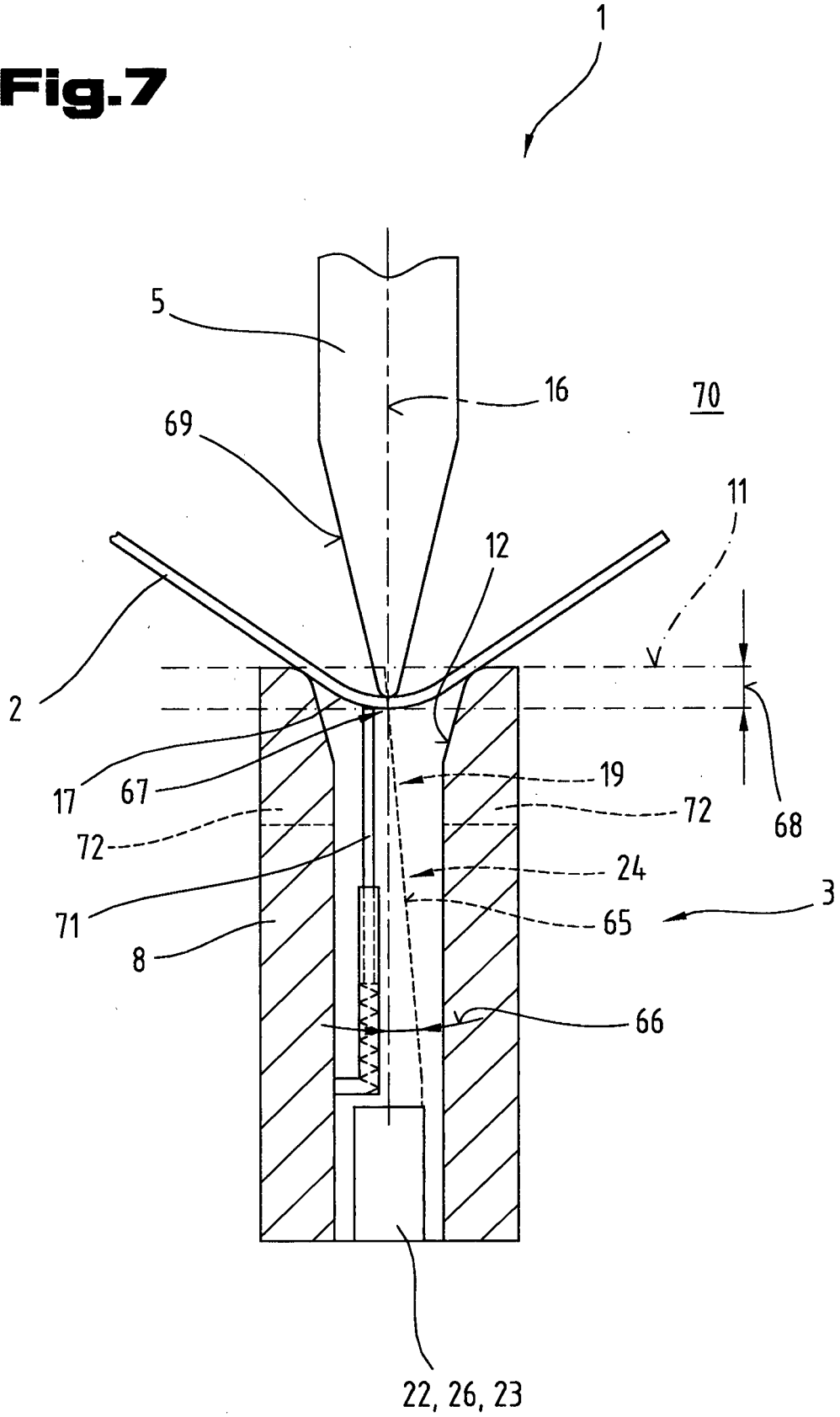
**Fig.5**



**Fig.6**



**Fig.7**



**IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE**

*Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.*

**In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente**

- EP 0993345 A1 [0004] [0005]