



Europäisches Patentamt  
European Patent Office  
Office européen des brevets



(11) **EP 1 319 725 A2**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:  
**18.06.2003 Patentblatt 2003/25**

(51) Int Cl.7: **C21D 8/02, C22C 38/06**

(21) Anmeldenummer: **02025150.0**

(22) Anmeldetag: **09.11.2002**

(84) Benannte Vertragsstaaten:  
**AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR  
IE IT LI LU MC NL PT SE SK TR**  
Benannte Erstreckungsstaaten:  
**AL LT LV MK RO SI**

- **Zimmermann, Werner  
46562 Voerde (DE)**
- **Stich, Günther, Dipl.-Ing.  
44869 Bochum (DE)**
- **Engl, Bernhard, Dr.-Ing.  
44267 Dortmund (DE)**

(30) Priorität: **13.12.2001 DE 10161465**

(71) Anmelder: **ThyssenKrupp Stahl AG  
47166 Duisburg (DE)**

(74) Vertreter: **Simons, Johannes, Dipl.-Ing.  
Cohausz & Florack  
Patentanwälte  
Kanzlerstrasse 8 A  
40472 Düsseldorf (DE)**

(72) Erfinder:  
• **Heller, Thomas, Dr.-Ing.  
47229 Duisburg (DE)**

(54) **Verfahren zum Herstellen von Warmband**

(57) Das erfindungsgemäße Verfahren ermöglicht auf kostengünstig durchführbare Weise, die Eigenschaften von hochfestem, gut verformbarem Warmband auf den jeweiligen Verwendungszweck hin gezielt zu optimieren. Dabei wird ein Stahl verarbeitet, der niedrige, unter-peritektische Gehalte an Kohlenstoff besitzt. Dieser Stahl wird zu Dünnbrammen oder Band vergos-

sen, mit einer mindestens 150 K betragen Abkühlgeschwindigkeit auf eine zwischen 500 °C und 700 °C liegenden Zwischentemperatur abgekühlt und gehaspelt. Durch die Wahl der Haspeltemperatur lassen sich dann die Eigenschaften des erhaltenen Warmbands gezielt einstellen.

**EP 1 319 725 A2**

**Beschreibung**

**[0001]** Warmbänder werden heute in zunehmenden Maße im Kraftfahrzeugbau für die Herstellung sogenannter "crashrelevanter" Bauelemente verwendet. Es handelt sich dabei um solche Bauteile eines Kraftfahrzeugs, die bei einem Unfall in hohem Maße kinetische Energie aufnehmen und in Verformungsenergie umwandeln. Um diese Anforderungen bei minimiertem Gewicht zu erfüllen, werden von den Verwendern Warmbänder gewünscht, die eine hohe, mindestens 800 MPa betragende Festigkeit und eine gleichzeitig gute Kaltverformbarkeit bei einer Dicke von ein bis vier Millimeter aufweisen.

**[0002]** Für diesen Zweck bestimmte Warmbänder sind beispielsweise aus der WO 98/40522 und der DE 197 19 546 C2 bekannt. Um die geforderten Festigkeiten zu erreichen, enthalten die bekannten Warmbänder jeweils mindestens 0,1 Gew.-% Kohlenstoff. Auf diese Weise lassen sich Festigkeiten von bis zu 1400 MPa erreichen. Die vergleichbar hohen Kohlenstoffgehalte ziehen jedoch eine relativ schlechte Schweißbarkeit der bekannten Warmbänder nach sich. Darüber hinaus lassen sich Stähle, deren Kohlenstoffgehalt im peritektischen Bereich (0,08 Gew.-% bis 1,4 Gew.-%) liegt, nicht auf einer Gießwalzanlage verarbeiten.

**[0003]** Auf einer solchen Gießwalzanlage werden Stahlschmelzen zu einem Strang vergossen, von dem dann in einem kontinuierlichen Verfahrensablauf Dünnbrammen abgeteilt werden, die, erforderlichenfalls nach Durchlauf eines Ausgleichsofens, ebenso kontinuierlich zu Warmband gewalzt werden. Diese Vorgehensweise ermöglicht es, besonders dünne Warmbänder kostengünstig herzustellen.

**[0004]** Aus der DE 199 11 287 C1 ist es zudem bekannt, daß sich durch eine intensive, zweistufige Kühlung des die Warmwalzstaffel verlassenden Warmbandes bei Stählen der voranstehend angegebenen Art eine weitere Steigerung der Festigkeit erreichen läßt. Dazu ist in der ersten Kühlstufe eine mindestens 150 K/s betragende Abkühlrate erforderlich. In der Praxis zeigt sich jedoch, daß diese Maßnahme allein nicht ausreicht, um eine zielgerichtete Abstimmung von Festigkeiten und Verformbarkeit durchführen zu können.

**[0005]** Die Aufgabe der Erfindung bestand darin, ein kostengünstig durchführbares Verfahren zu schaffen, welches es ermöglicht die Eigenschaften von hochfestem, gut verformbarem Warmband auf den jeweiligen Verwendungszweck gezielt zu optimieren.

**[0006]** Diese Aufgabe wird ausgehend von dem voranstehend erläuterten Stand der Technik durch ein Verfahren zum Herstellen vom Warmband mit einer mindestens 800 N/mm<sup>2</sup> betragenden Zugfestigkeit gelöst, bei dem in einem kontinuierlichen Arbeitsablauf,

- ein Stahl, welcher (in Gew.-%) 0,03 bis 0,10 % C, höchstens 0,8 % Si, 1,2 bis 2,0 % Mn, 0,02 bis 0,06 % Al, höchstens 0,5 % Cr, höchstens 0,2 % Ti, höchstens 0,08 % Nb, weniger als 0,005 % Ca, weniger als 0,05 % Cu, weniger als 0,05 % Ni, weniger als 0,02 % P, weniger als 0,005 % S, weniger als 0,01 % N und als Rest Eisen sowie unvermeidbare Verunreinigungen, enthält, zu einem Vormaterial, wie Dünnbrammen oder gegossenes Band, vergossen wird,
- das Vormaterial bei einer oberhalb der Ar<sub>3</sub>-Temperatur liegenden Endtemperatur zu einem Warmband warmgewalzt wird,
- das erhaltene Warmband in einem ersten Kühlabschnitt mit einer Abkühlgeschwindigkeit von mindestens 150 K/s auf eine 500 °C bis 700 °C betragende Zwischentemperatur abgekühlt wird, und
- das Warmband nach einer drei bis zehn Sekunden dauernden Kühlpause in einem zweiten Kühlabschnitt auf eine Haspeltemperatur gekühlt wird, die nach folgender Maßgabe bestimmt wird (Eigenschaftangaben jeweils ermittelt für die Bandbreitenmitte in Längsrichtung):

a) für Warmbänder mit einer mehr als 690 MPa betragenden Streckgrenze und einer unter 900 MPa liegenden Zugfestigkeit:

Haspeltemperatur größer als 580 °C,

b) für Warmbänder mit einer höchstens 690 MPa betragenden Streckgrenze und einer unter 900 MPa liegenden Zugfestigkeit:

Haspeltemperatur mindestens gleich 450 °C und höchstens gleich 580 °C,

c) für Warmbänder mit einer mehr als 900 MPa betragenden Zugfestigkeit:

Haspeltemperatur höchstens gleich 250 °C.

**[0007]** Erfindungsgemäß wird ein Stahl verarbeitet, der niedrige, unter-peritektische Gehalte an Kohlenstoff besitzt. Als solcher läßt sich dieser Stahl auf einer Gießwalzanlage zu Dünnbrammen oder auf einer Bandgießanlage zu gegossenem Band vergießen. Das so erhaltene Vormaterial läßt sich auf direktem Wege zu Warmband mit geringen Dicken von beispielsweise 0,8 mm bis 4 mm walzen.

**[0008]** Die aufgrund des niedrigen Kohlenstoffgehaltes ermöglichte gute Vergießbarkeit von erfindungsgemäß verwendetem Stahl ermöglicht es, ein kontinuierlich ablaufendes Herstellverfahren für die Warmbänderzeugung zu nutzen. Auf diese Weise läßt sich bei gegenüber der konventionellen Fertigungsweise wesentlich vereinfachtem Verfahrensablauf kostengünstig ein Warmband bereitstellen, daß schon beim Verlassen der Warmbandstraße eine Dicke besitzt, wie sie insbesondere im Automobilbau zur Herstellung von Strukturelementen der Karosserie benötigt wird, und das gleichzeitig so beschaffen ist, daß seine Eigenschaften nach Absolvierung einer geeigneten Abkühlung durch die Wahl einer bestimmten Haspeltemperatur für den jeweiligen Verwendungszweck optimiert werden können. Trotz des niedrigen Kohlenstoffgehaltes werden dabei Festigkeiten erreicht, wie sie sonst nur bei höher kohlenstoffhaltigen Stählen möglich sind.

**[0009]** Das Warmwalzen wird erfindungsgemäß bei Temperaturen oberhalb der Ar<sub>3</sub>-Temperatur beendet, da sich hohe Warmwalzendtemperaturen günstig auf die Walzbarkeit und den Lösungszustand der Mikrolegierungselemente auswirken.

**[0010]** Im Anschluß an das Warmwalzen erfolgt erfindungsgemäß in an sich bekannter Weise eine intensive, zweistufig durchgeführte Abkühlung des Bandes. Durch diese Abkühlung wird ein perlitfreies, kohlenstoffarmes bainitisches Gefüge mit härtesteigernden Anteilen an Martensit und Restaustenit erhalten.

**[0011]** Für das Ergebnis des erfindungsgemäßen Verfahrens wesentlich ist die Wahl der Haspeltemperatur, da erfindungsgemäß durch die Wahl der Haspeltemperatur die gezielte Einstellung der gewünschten Werkstoffeigenschaften erfolgt. In jedem Fall werden dabei Zugfestigkeiten von mindestens 800 MPa erreicht.

**[0012]** Hohe Haspeltemperaturen von mindesten 580 °C führen zu einem Warmband, das ein hohes Streckgrenzenverhältnis und damit einhergehend eine hohe Streckgrenze besitzt. Derartige Warmbänder eignen sich besonders für die Herstellung von schwach verformten Bauteilen, bei denen ein hohes Work-Hardening des Stahles aufgrund fehlender Verformung nicht nutzbar ist, bei denen aber trotzdem ein hohes Energieaufnahmevermögen im elastischen Bereich benötigt wird.

**[0013]** Wird das Warmband bei Temperaturen im Bereich von 450 °C bis 580 °C gehaspelt, so besitzt das erhaltene Warmband ein niedrigeres Streckgrenzenverhältnis und damit eine niedrigere Streckgrenze. Gleichzeitig besitzen die so beschaffenen, erfindungsgemäß erzeugten Warmbänder jedoch ein hohes Verfestigungsvermögen schon bei geringer Verformung.

**[0014]** Es hat sich gezeigt, daß alle Varianten, die im Temperaturbereich von 450 °C bis 650 °C gehaspelt werden, darüber hinaus ein außerordentlich günstiges Verhältnis von Festigkeit und Umformbarkeit aufweisen, wie es bisher nur von Restaustenitstählen bekannt ist.

**[0015]** Eine Steigerung der Festigkeit erfindungsgemäß erzeugter Warmbänder läßt sich durch Absenkung der Haspeltemperatur unter 250 °C, insbesondere unter 100 °C, erreichen. Bei derartig niedrigen Haspeltemperaturen wird ein Warmband erhalten, welches eine Mindestzugfestigkeit von 900 MPa bei einem niedrigen Streckgrenzenverhältnis besitzt. Es besitzt damit etwa das Eigenschaftsprofil eines Complexphasenstahls, wie er beispielsweise aus der WO98/40522 bekannt ist. Im Unterschied zu dem bekannten CP-Stahl weist erfindungsgemäßer Stahl jedoch einen deutlich geringeren Kohlenstoffgehalt und eine dementsprechend verbesserte Schweißbarkeit auf.

**[0016]** Weiter optimierte Verarbeitungseigenschaften eines erfindungsgemäß erzeugten Warmbands lassen sich dadurch erhalten, daß der Stahl 0,05 Gew.-% bis 0,07 Gew.-% Kohlenstoff enthält. Ebenso kann es zweckmäßig sein, zur Erhöhung der Härte des Stahls einen Si-Gehalt von 0,3 Gew.-% bis 0,8 Gew.-%, insbesondere 0,5 Gew.-% bis 0,8 Gew.-% vorzusehen. Durch eine Kalziumbehandlung läßt sich die Sulfidform günstig beeinflussen.

**[0017]** Erforderlichenfalls ist ein Ausgleichsofen vorzusehen, den das Vormaterial, bevor es warmgewalzt wird, durchläuft. In dem Ausgleichsofen sollte das Vormaterial auf eine oberhalb von 1050 °C liegende Temperatur erwärmt werden, um ausreichend hohe Gehalte an Mikrolegierungselementen in Lösung zu halten.

**[0018]** Unabhängig von seinen jeweils gewählten Eigenschaften eignet sich erfindungsgemäß erzeugtes Warmband für eine Oberflächenveredelung, insbesondere für ein elektrolytisches Verzinken oder ein Feuerverzinken.

**[0019]** Aufgrund seines Eigenschaftsprofils eignet sich erfindungsgemäß erzeugtes Warmband in besonderer Weise für die Herstellung von hochbeanspruchten Strukturelementen für den Fahrzeugkarosseriebau. Bei diesen Elementen kann es sich beispielsweise um Seitenaufprallträger, Stoßfänger, Verstärkungselemente, Rahmenstrukturen, Profile oder ähnliches handeln.

**[0020]** Alle Bauteile können aus erfindungsgemäß erzeugtem Warmband durch Kaltumformung erzeugt werden, wobei sich insbesondere das Rollprofilieren für die Formgebung eignet. Eine zusätzliche Wärme- oder sonstige Vergütungsbehandlung zur Erhöhung der Festigkeit der erhaltenen Bauteile ist regelmäßig nicht erforderlich.

## EP 1 319 725 A2

**[0021]** Erfindungsgemäß erzeugtes Warmband läßt sich darüber hinaus zu Kaltband walzen. Dabei eignet sich sowohl das erfindungsgemäß erzeugte Warmband als auch das daraus gewalzte Kaltband in besonderer Weise für eine Feuerverzinkung.

**[0022]** So hat sich gezeigt, daß insbesondere dann, wenn die Temperatur in der vor dem Durchlauf des Verzinkungsbades passierten Durchlaufglühe weniger als 800 °C beträgt, das fertig verzinkte Band Festigkeiten von mehr als 850 MPa aufweist. Wird beispielsweise ein Warmband mit besonders hoher Festigkeit erzeugt, indem es erfindungsgemäß bei einer Temperatur von weniger als 250 °C gehaspelt wird, so läßt sich aus diesem Warmband überraschenderweise ein verzinktes Band mit einer Festigkeit von mehr als 900 MPa erzeugen, wenn die Glühung vor dem Durchlauf des Zinkbades auf maximal 780 °C beschränkt wird. Dies gilt sowohl für erfindungsgemäß erzeugte Warm- als auch für daraus gewonnene Kaltbänder.

**[0023]** Nachfolgend wird die Erfindung anhand von Ausführungsbeispielen näher erläutert.

**[0024]** Eine Stahlschmelze mit (in Gew.-%) 0,058 % C, 0,61 % Si, 1,72 % Mn, 0,015 % P, 0,001% S, 0,026 % Al, 0,0057 % N, 0,34 % Cr, 0,117 % Ti, 0,01 % Cu, 0,021 % Ni, 0,0028 % Ca, Rest Eisen und unvermeidbare Verunreinigungen ist in einer Gießwalzanlage zu einem Strang vergossen worden, von dem anschließend in einem kontinuierlichen Verfahrensablauf Dünnbrammen abgeteilt wurden. Ebenso unterbrechungsfrei haben die Dünnbrammen dann zur Homogenisierung ihrer Temperaturverteilung und ihrer Gefügestruktur einen mit einer oberhalb von 1050 °C liegenden Temperatur betriebenen Ausgleichsofen durchlaufen, bevor sie kontinuierlich in einer Warmwalzstaffel zu Warmbändern A1-A5, B1-B10 und C fertig warmgewalzt worden sind.

**[0025]** Die die Warmwalzstaffel bei einer Warmwalzendtemperatur ET und einer Dicke D verlassenden Warmbänder A1-A5, B1-B10 und C sind in einer ersten Kühlstufe mit einer mindestens 150 K/s betragenden Abkühlgeschwindigkeit CR auf eine Zwischentemperatur ZT intensiv abgekühlt worden, auf der sie dann über eine mindestens drei und höchstens zehn Sekunden betragende Kühlpause ohne aktive Kühlung gehalten worden sind. In einer zweiten Kühlstufe sind die Warmbänder daraufhin von der Zwischentemperatur ZT an Luft oder unter Einwirkung einer Kühlflüssigkeit beschleunigt bis auf eine Haspeltemperatur HT abgekühlt worden.

**[0026]** In Tabelle 1 sind für die Warmbänder A1-A5, B1-B10 und C jeweils die Endwalztemperatur ET, die Abkühlgeschwindigkeit CR, die Zwischentemperatur ZT, die Haspeltemperatur HT und die Dicke D angegeben.

Tabelle 1

Warmband	ET	CR	ZT	HT	D
	[°C]	[K/s]	[°C]	[°C]	[mm]
A1	880	150	700	610	3,5
A2	880	168	690	605	3,5
A3	900	197	685	605	3,5
A4	900	192	690	610	3,5
A5	900	337	610	585	2,7
B1	900	361	600	565	2,5
B2	900	370	600	560	2,5
B3	900	405	600	555	2,25
B4	900	408	610	520	2,0
B5	900	435	600	545	1,95
B6	900	475	610	550	1,75
B7	900	460	610	560	1,65
B8	900	360	605	540	2,5
B9	900	326	610	540	2,5
B10	900	419	590	525	2,6
C	900	312	600	80	3,0

**[0027]** Die im Zugversuch für die Bandbreitenmitte der fertig hergestellten Warmbänder A1-A5, B1-B10 und C in Längsrichtung jeweils bestimmte Streckgrenze  $R_e$  bzw.  $R_{p0,2}$ , Zugfestigkeit  $R_m$ , Bruchdehnung  $A_5$ , Gleichmaßdehnung  $A_{gl}$ , die Streckgrenzdehnung  $A_{Re}$  sowie, soweit ermittelt, der zugehörige n-Wert sind in Tabelle 2 angegeben.

## EP 1 319 725 A2

**[0028]** Es bestätigt sich, daß die bei hohen Haspeltemperaturen HT oberhalb von 580 °C gehaspelten Warmbänder A1-A5 bei zwischen 800 MPa und 900 MPa liegenden Zugfestigkeiten jeweils eine ausgeprägte Streckgrenze  $R_e$  besitzen, die regelmäßig über 690 MPa, insbesondere über 740 MPa liegt. Sie verfügen dementsprechend über ein hohes Energieaufnahmevermögen im elastischen Bereich und eignen sich daher im besonderen Maße zur Herstellung von Bauelementen, die schon im unverformten Zustand bzw. bei geringer Verformung hohe Kräfte sicher aufnehmen können sollen.

Tabelle 2

Warmband	Re	$R_{p0,2}$	$R_m$	$A_5$	$A_{g1}$	$A_{Re}$	n-Wert
	[MPa]			[%]			
A1	748		811	20,3	11,8	2,9	0,125
A2	787		845	20,7	12,6	2,9	0,113
A3	759		829	20,7	11,8	2,4	0,113
A4	752		829	21,5	11,7	2,4	-
A5	773		862	20,6	11,4	2,0	0,103
B1		653	854	18,7	10,6	0	-
B2		663	811	15,1	8,9	0	-
B3		669	864	16,9	9,5	0	-
B4		674	825	16,1	9,3	0	-
B5		617	826	12,8	7,9	0	-
B6		630	824	17,3	9,5	0	-
B7		648	847	18,0	10,3	0	-
B8		610	840	17,6	9,8	0	-
B9		612	834	17,5	9,4	0	-
B10		598	804	17,4	9,8	0	-
C		682	956	12,0	6,0	0	-

**[0029]** Die im mittleren Haspeltemperaturbereich von 450 °C bis 580 °C gehaspelten Warmbänder B1-B10 erreichen ebenso regelmäßig Zugfestigkeiten, die oberhalb von 800 MPa und unterhalb von 900 MPa liegen. Gleichzeitig weisen die Warmbänder B1-B10 einen kontinuierlichen Übergang von der elastischen zur plastischen Verformung auf, für den eine Streckgrenze  $R_{p0,2}$  von weniger als 690 MPa und ein dementsprechend gegenüber den Warmbändern A1-A5 niedrigeres Streckgrenzverhältnis  $R_{p0,2}/R_m$  ermittelt worden ist. Die Warmbänder B1-B10 lassen sich daher besonders gut zu Bauteilen kaltumformen, die ein hohes Verfestigungsvermögen schon bei geringer Verformung besitzen müssen.

**[0030]** Das bei einer besonders niedrigen Haspeltemperatur gehaspelte Warmband C belegt schließlich, daß sich durch die Wahl von unter 250 °C liegenden Haspeltemperaturen besonders hochfeste Warmbänder erzeugen lassen. Aufgrund seines niedrigen Kohlenstoffgehaltes und seiner gleichzeitig besonders hohen Festigkeit läßt sich ein solches Warmband hervorragend für die Fertigung von Schweißkonstruktionen oder anderen tragenden Strukturelementen verwenden, die in der Lage sein müssen, schon bei einer geringen bzw. ohne eine Verformung hohe Lasten sicher aufnehmen zu können.

**[0031]** Zum Nachweis des Einflusses der erfindungsgemäß vorgegebenen Glühtemperatur beim Feuerverzinken Warmbändern der hier in Rede stehenden Art sind zusätzlich Warmbänder B11,B12 erzeugt worden. Die bei ihrer Herstellung jeweils eingestellte Warmbandendtemperatur ET (900 °C), Abkühlgeschwindigkeit CR und Zwischentemperatur ZT (600 °C) war dabei vergleichbar mit den bei der Erzeugung der Warmbänder B1 bis B10 eingestellten Parameter. Die Haspeltemperatur HT bei der Herstellung des Warmbands B11 betrug 510 °C, während sie bei der Herstellung des Warmbands B12 auf 530 °C eingestellt war. Die Warmbändern B11,B12 sind anschließend feuerverzinkt worden. Ebenso ist das Warmband C einer Feuerverzinkung unterzogen worden.

**[0032]** Bei der Feuerverzinkung haben die Warmbänder B11,B12,C jeweils einen Durchlaufglühofen durchlaufen, bevor sie in das Verzinkungsbad eingetreten sind. Im Diagramm 1 sind für im Durchlaufglühofen eingestellte Glühtemperaturen von 740 °C, 760 °C, 780 °C, 800 °C, 820 °C und 840 °C die Zugfestigkeiten  $R_m$ , im Diagramm 2 für dieselben Glühtemperaturen die Streckgrenze  $R_e$ , im Diagramm 3 für dieselben Glühtemperaturen die Bruchdehnung  $A_{80}$  und

im Diagramm 4 für dieselben Glühtemperaturen die Gleichmaßdehnung  $A_{gl}$  aufgetragen.

**[0033]** Es zeigt sich, daß Warmbänder B11,B12 bei Glühtemperaturen, die weniger als 800 °C betragen, regelmäßig besonders hohe Festigkeiten  $R_m$  von mindestens 880 MPa besitzen. Wird das Warmband C bei Glühtemperaturen von weniger als 800 °C gegläht, so liegen die erreichten Festigkeiten  $R_m$  bei mindestens 900 MPa.

**[0034]** Bei Glühtemperaturen von  $\leq 780$  °C liegt die Streckgrenze  $R_e$  der verzinkten Warmbänder B11,B12,C mindestens auf dem Niveau der Warmbänder B11,B12 und C.

**[0035]** Das Niveau der Gleichmaßdehnung  $A_{gl}$  und die Bruchdehnung A80 der verzinkten Warmbänder B11,B12 und C liegt für jede der Glühtemperaturen jeweils oberhalb des Niveaus der Warmbänder B11,B12,C, aus denen sie kaltgewalzt worden sind.

**[0036]** Anhand der voranstehend erläuterten Beispiele ist nachgewiesen, daß sich das Gefüge und damit das Streckgrenzenverhältnis bei erfindungsgemäß erzeugtem Warmband durch die im Verzinkungsvorgang eingehaltene Temperaturführung gezielt variieren läßt. Ähnlich Eigenschaften werden auch dann erzielt, wenn man Warmband kaltwalzt und anschließend feuerverzinkt.

## Patentansprüche

1. Verfahren zum Herstellen von Warmband mit einer mindestens 800 N/mm<sup>2</sup> betragenden Zugfestigkeit, bei dem in einem kontinuierlichen Arbeitsablauf,

- ein Stahl, welcher (in Gew.-%)

C: 0,03 - 0,10 %,

Si:  $\leq 0,8$  %,

Mn: 1,2 - 2,0 %,

Al: 0,02 - 0,06 %,

Cr:  $\leq 0,5$  %,

Ti:  $\leq 0,2$  %,

Nb:  $\leq 0,08$  %,

Ca:  $< 0,005$  %,

Cu:  $< 0,05$  %,

Ni:  $< 0,05$  %,

P:  $< 0,02$  %,

S:  $< 0,005$  %,
   
 N:  $< 0,01$  %, und als Rest Eisen sowie unvermeidbare Verunreinigungen, enthält, zu einem Vormaterial, wie Dünnbrammen oder gegossenes Band, vergossen wird,

- das Vormaterial bei einer oberhalb der  $A_{r3}$ -Temperatur liegenden Endtemperatur zu einem Warmband warmgewalzt wird,

- das erhaltene Warmband in einem ersten Kühlabschnitt mit einer Abkühlgeschwindigkeit von mindestens 150 K/s auf eine 500 °C bis 700 °C betragende Zwischentemperatur abgekühlt wird, und

- das Warmband nach einer drei bis zehn Sekunden dauernden Kühlpause in einem zweiten Kühlabschnitt auf eine Haspeltemperatur gekühlt wird, die nach folgender Maßgabe bestimmt wird:

## EP 1 319 725 A2

a) für Warmbänder mit einer mehr als 690 MPa betragenden Streckgrenze und einer unter 900 MPa liegenden Zugfestigkeit:

Haspeltemperatur > 580 °C

b) für Warmbänder mit einer höchstens 690 MPa betragenden Streckgrenze und einer unter 900 MPa liegenden Zugfestigkeit:

450 °C ≤ Haspeltemperatur ≤ 580 °C

c) für Warmbänder mit einer mehr als 900 MPa betragenden Zugfestigkeit:

Haspeltemperatur ≤ 250 °C.

2. Verfahren nach einem der voranstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Stahl 0,05 Gew.-% bis 0,07 Gew.-% Kohlenstoff enthält.
3. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, daß** der Stahl 0,3 Gew.-% bis 0,8 Gew.-% Silizium enthält.
4. Verfahren nach einem der voranstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Stahl mehr als 0,4 Gew.-%, insbesondere mindestens 0,5 Gew.-% Silizium enthält.
5. Verfahren nach einem der voranstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, daß das Vormaterial, bevor es warmgewalzt wird, einen Ausgleichsofen durchläuft, in dem es auf eine oberhalb von 1050 °C liegende Temperatur erwärmt wird.
6. Verfahren nach einem der voranstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Haspeltemperatur weniger als 100 °C beträgt.
7. Verfahren nach einem der voranstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, daß das Warmband einer Oberflächenveredelung, insbesondere einer elektrolytischen Verzinkung oder einer Feuerverzinkung unterzogen wird.
8. Verfahren nach einem der voranstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, daß das Warmband durch Rollprofilieren zu einem Bauelement kaltverformt wird.
9. Verfahren nach Anspruch 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet, daß** das Warmband zu Kaltband kaltgewalzt wird.
10. Verfahren nach Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet, daß** das Kaltband einer Feuerverzinkung unterzogen wird.
11. Verfahren nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Zugfestigkeit des verzinkten Kaltbands mindestens 850 MPa beträgt.
12. Verwendung eines Warmbands, welches nach einem gemäß einem der Ansprüche 1 bis 8 ausgebildeten Verfahren hergestellt ist, zur Herstellung von Strukturelementen für Fahrzeugkarosserien.

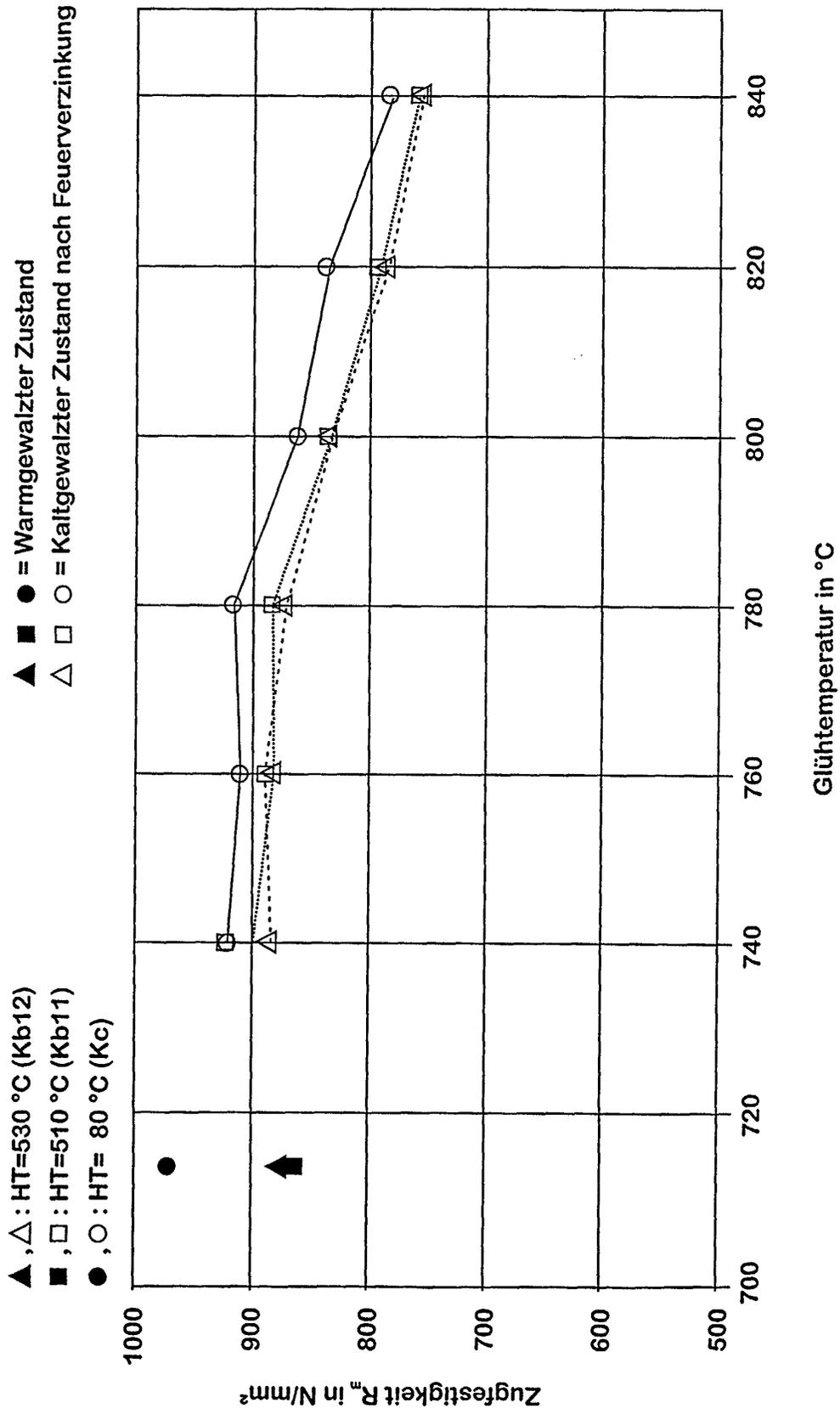


Diagramm 1

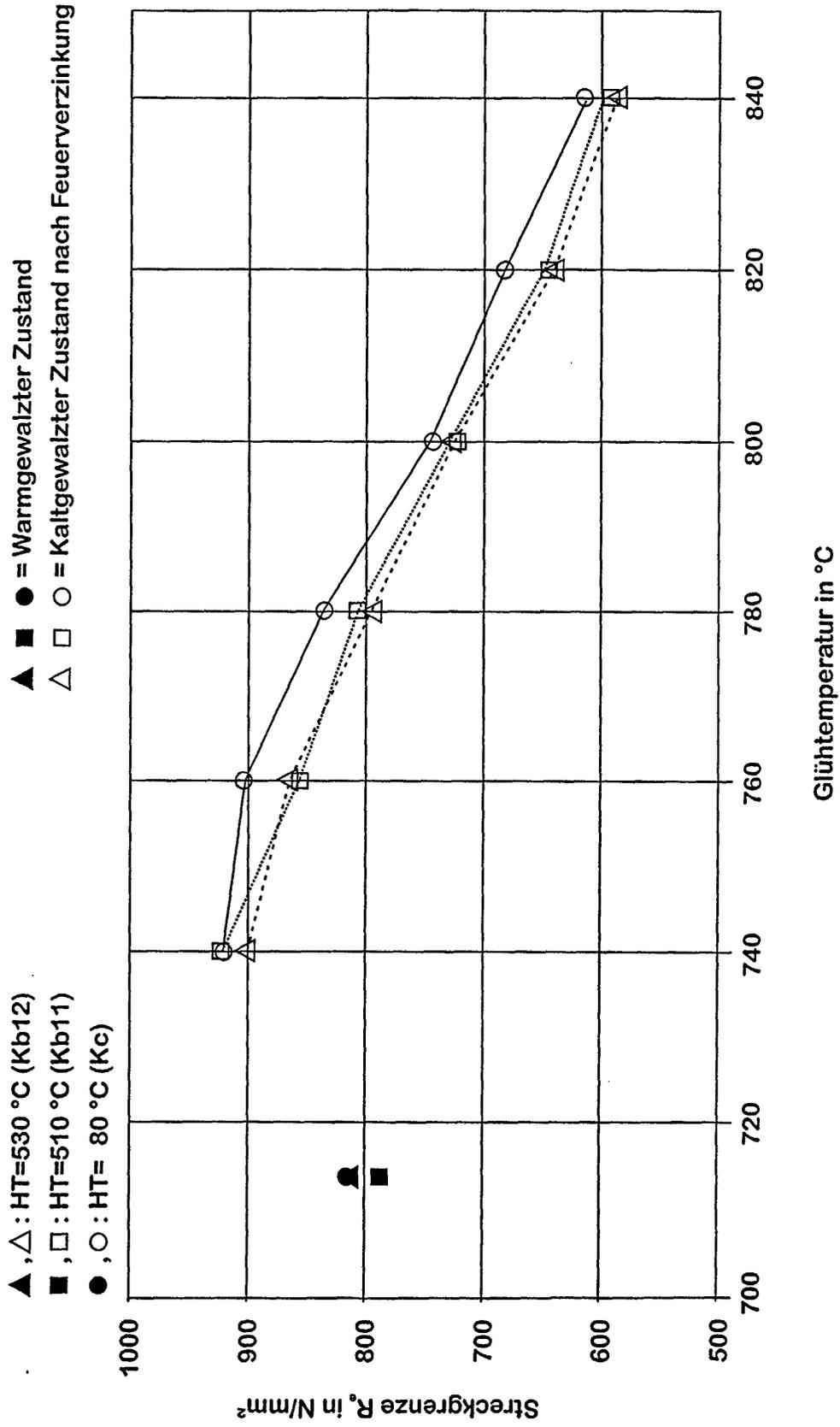


Diagramm 2

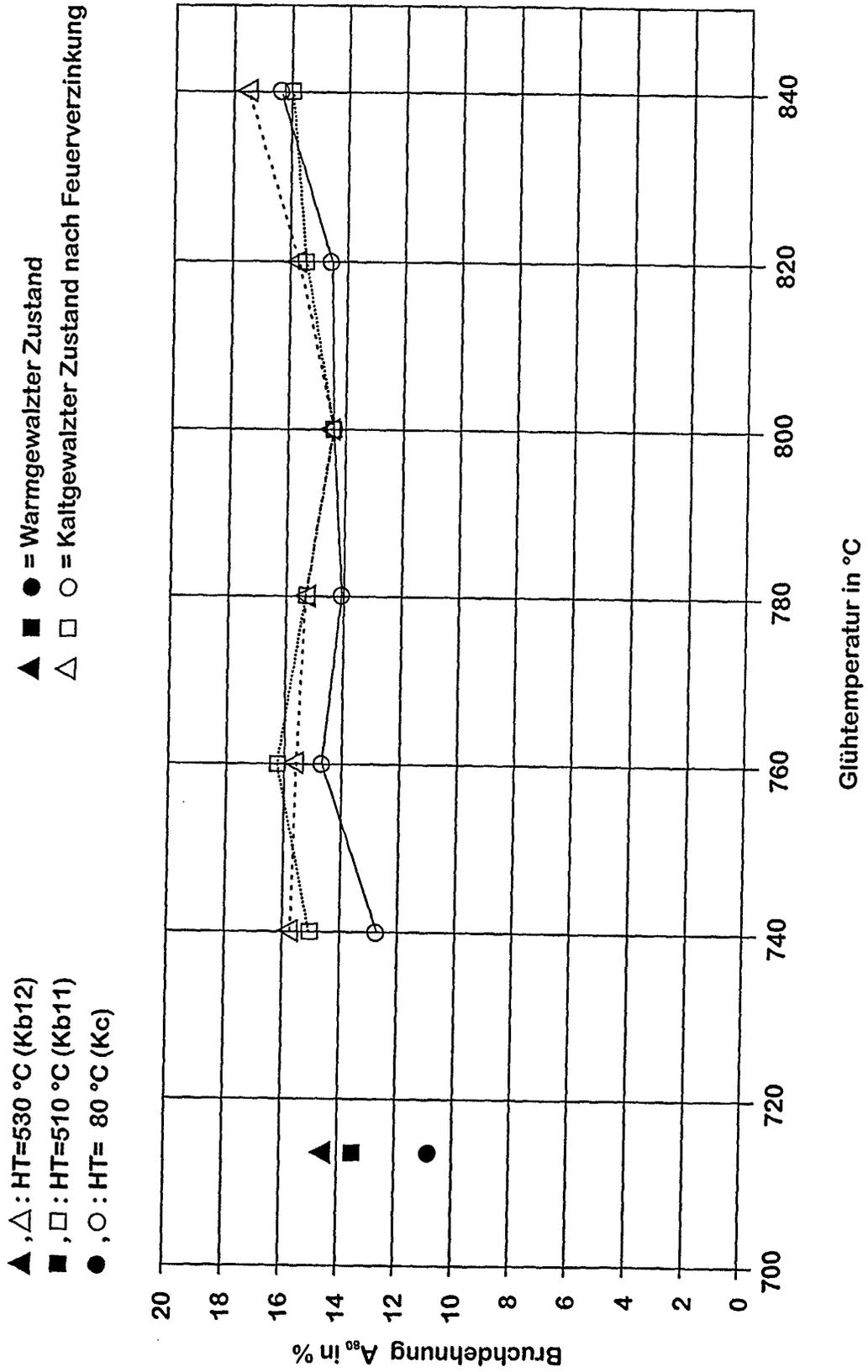


Diagramm 3

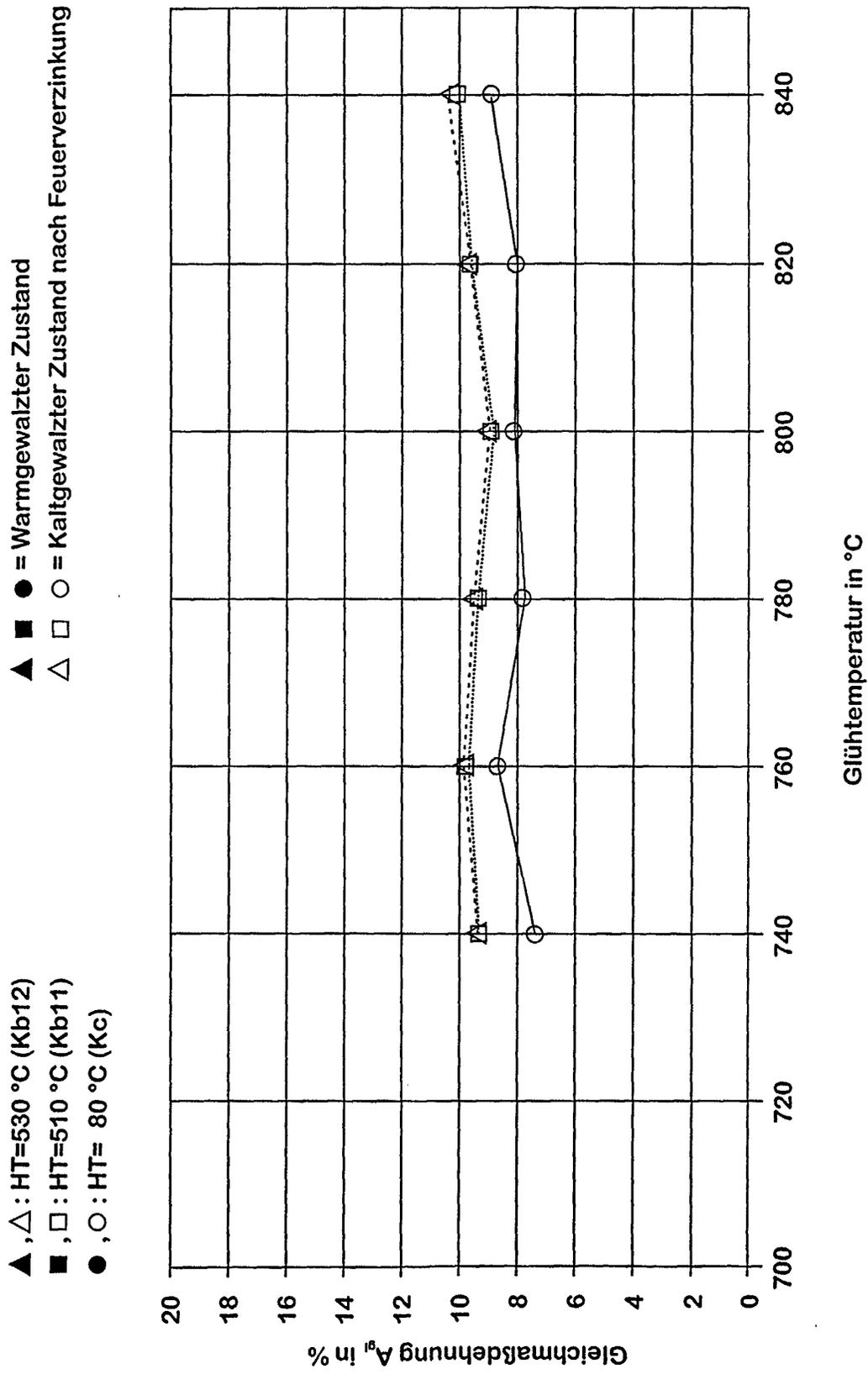


Diagramm 4