



(19)  
Bundesrepublik Deutschland  
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 10 2004 038 159 B3** 2006.05.18

(12)

## Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2004 038 159.3**

(22) Anmeldetag: **06.08.2004**

(43) Offenlegungstag: –

(45) Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung: **18.05.2006**

(51) Int Cl.<sup>8</sup>: **C21D 1/20** (2006.01)

Innerhalb von drei Monaten nach Veröffentlichung der Patenterteilung kann nach § 59 Patentgesetz gegen das Patent Einspruch erhoben werden. Der Einspruch ist schriftlich zu erklären und zu begründen. Innerhalb der Einspruchsfrist ist eine Einspruchsgebühr in Höhe von 200 Euro zu entrichten (§ 6 Patentkostengesetz in Verbindung mit der Anlage zu § 2 Abs. 2 Patentkostengesetz).

(73) Patentinhaber:

**AB SKF, Göteborg/Gotenburg, SE**

(74) Vertreter:

**Gosdin, M., Dipl.-Ing.Univ. Dr.-Ing., Pat.-Anw.,  
97422 Schweinfurt**

(72) Erfinder:

**Volkmath, Johann, 97618 Niederlauer, DE; Göbel,  
Martin, Dr., 97456 Dittelbrunn, DE**

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht  
gezogene Druckschriften:

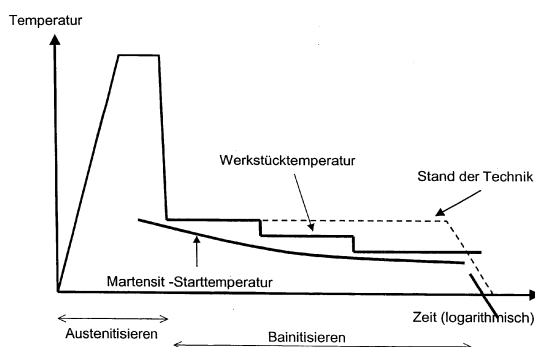
**DE 199 11 287 C1**

**DE 198 49 681 C1**

**EP 08 96 068 B1**

(54) Bezeichnung: **Verfahren zur Wärmebehandlung von Werkstücken aus Stahl oder Gusseisen**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Wärmebehandlung von Werkstücken aus Stahl oder Gusseisen. Die Werkstücke werden nach einer Haltezeit bei oder oberhalb der Austenitisierungstemperatur auf eine Temperatur oberhalb der Martensit-Starttemperatur, bei deren Unterschreitung Martensit gebildet wird, abgeschreckt. In einem sich anschließenden Zeitintervall erfolgt eine Umwandlung von Austenit in Bainit. Das erfindungsgemäße Verfahren zeichnet sich dadurch aus, dass die Temperatur der Werkstücke während des Zeitintervalls der Umwandlung abgesenkt und die Umwandlung von Austenit in Bainit dabei fortgesetzt wird.



**Beschreibung**

**[0001]** Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Wärmebehandlung von Werkstücken aus Stahl oder Gusseisen.

**[0002]** Verfahren zur Wärmebehandlung von Werkstücken aus Stahl oder Gusseisen sind in vielfältigen Ausführungen bekannt. Die Wärmebehandlung dient insbesondere der Erhöhung der Härte der Werkstücke. Dabei hat die Art der Wärmebehandlung großen Einfluss auf die Eigenschaften der Werkstücke, so dass die Wahl eines geeigneten Wärmebehandlungsverfahrens, neben der Wahl einer geeigneten Zusammensetzung des Stahls bzw. des Gusseisens, von wesentlicher Bedeutung für die Brauchbarkeit der Werkstücke ist. Dies gilt im besonderen Maße für Werkstücke wie beispielsweise Wälzlager Teile, die hohe Qualitätsanforderungen erfüllen müssen und über eine lange Einsatzzeit hohen Beanspruchungen ausgesetzt sind. Bei derartigen Werkstücken kann die Qualität sehr empfindlich von den Details der Wärmebehandlung abhängen. Wichtige Kriterien zur Beurteilung der Qualität der Werkstücke sind deren Festigkeit, Gebrauchsdauer und Gefügestabilität gegen Alterung.

**Stand der Technik**

**[0003]** Ein gängiges Wärmebehandlungsverfahren, das im Sinne einer möglichst guten Erfüllung der genannten und/oder weiterer Qualitätskriterien in vielfältiger Weise mit weiteren Maßnahmen zur Wärmebehandlung kombiniert wird, stellt das Bainitisieren dar. Wie beispielsweise aus der EP 0 896 068 B1 oder der DE 198 49 681 C1 bekannt ist, werden die Werkstücke hierzu auf Austenitisierungstemperatur erwärmt und eine Zeit lang bei dieser Temperatur gehalten. Anschließend erfolgt ein Abschrecken auf eine Temperatur knapp oberhalb der Martensit-Starttemperatur. Danach werden die Werkstücke bis zum Ende der Umwandlung konstant bei dieser Temperatur gehalten und schließlich auf Raumtemperatur abgekühlt.

**[0004]** Die EP 0 896 068 B1 offenbart weiterhin, die Temperatur der Werkstücke vor dem Ende der Umwandlung des Austenits in Bainit zu erhöhen, um die Umwandlung des restlichen Austenits zu beschleunigen.

**[0005]** Aus der DE 198 49 681 C1 ist es bekannt, die Werkstücke vor dem Ende der Umwandlung des Austenits in Bainit rasch auf Raumtemperatur abzukühlen. Nach einer kurzen Haltedauer auf Raumtemperatur schließt sich ein Kurzzeitanlassen an.

**[0006]** Trotz der günstigen Eigenschaften, die sich mit dem Bainitisieren erzielen lassen, wirkt es sich bei manchen Anwendungsfällen negativ aus, dass

die erreichte Härte in der Regel geringer ist als dies beim Martensit-Härten der Fall ist.

**Aufgabenstellung**

**[0007]** Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine Wärmebehandlung von Werkstücken aus Stahl oder Gusseisen so zu gestalten, dass sich mit einem vertretbaren Aufwand hohe Qualitätsanforderungen erfüllen lassen und dadurch eine lange Gebrauchsdauer der Werkstücke ermöglicht wird. Insbesondere soll beim Bainitisieren eine möglichst hohe Härte erreicht werden und/oder eine möglichst kurze Haltedauer ausreichen.

**[0008]** Diese Aufgabe wird durch ein Verfahren mit der Merkmalskombination des Anspruchs 1 gelöst.

**[0009]** Beim erfindungsgemäßen Verfahren zur Wärmebehandlung von Werkstücken aus Stahl oder Gusseisen werden die Werkstücke nach einer Haltedauer bei oder oberhalb der Austenitisierungstemperatur auf eine Temperatur oberhalb der Martensit-Starttemperatur, bei deren Unterschreitung Martensit gebildet wird, abgeschreckt. In einem sich anschließenden Zeitintervall erfolgt eine Umwandlung von Austenit in Bainit. Die Besonderheit des erfindungsgemäßen Verfahrens besteht darin, dass die Temperatur der Werkstücke während des Zeitintervalls der Umwandlung jeweils auf Werte oberhalb der Martensit-Starttemperatur abgesenkt und die Umwandlung von Austenit in Bainit dabei fortgesetzt wird.

**[0010]** Die Erfindung hat den Vorteil, dass eine gegenüber dem isothermen Bainitisieren höhere Härte erreichbar ist. Dadurch erhöht sich die Lebensdauer der so behandelten Werkstücke. Ein weiterer Vorteil besteht darin, dass die Bildung von Martensit und dadurch auch eine Bildung von Mischgefügen bei den Werkstücken vermieden werden.

**[0011]** Insbesondere wird die Temperatur der Werkstücke wenigstens während eines Zeitanteils von 20 % der Umwandlungsdauer auf Werte unterhalb der Temperatur abgesenkt, die durch das Abschrecken erzielt wird.

**[0012]** Die Temperatur der Werkstücke wird vorzugsweise abhängig von der Martensit-Starttemperatur abgesenkt.

**[0013]** Besonders vorteilhaft ist es, wenn die Temperatur der Werkstücke gemäß einem vorgegebenen Temperaturprofil abgesenkt wird. Auf diese Weise lassen sich mit dem erfindungsgemäßen Wärmebehandlungsverfahren optimale und reproduzierbare Ergebnisse erzielen. Beispielsweise kann die Temperatur der Werkstücke stufenweise abgesenkt werden. Diese Variante lässt sich mit einem relativ geringen

Aufwand realisieren. Eine Realisierungsmöglichkeit besteht darin, die Werkstücke zur Absenkung ihrer Temperatur unterschiedlich temperierten Medien auszusetzen, insbesondere in unterschiedlich temperierte Bäder einzubringen.

**[0014]** Bei einer weiteren Variante des erfindungsgemäßen Wärmebehandlungsverfahrens wird die Temperatur der Werkstücke kontinuierlich abgesenkt. Insbesondere wird die Temperatur der Werkstücke entsprechend dem Verlauf der Martensit-Starttemperatur abgesenkt. Dadurch kann während der gesamten Dauer der Umwandlung von Austenit in Bainit ein sehr geringer Abstand zur Martensit-Starttemperatur eingehalten werden und die Umwandlung somit bei einer niedrigen Werkstücktemperatur durchgeführt werden. Dies wirkt sich wiederum positiv auf die erzielbare Härte der Werkstücke aus. Bei dieser und auch bei anderen Varianten des erfindungsgemäßen Wärmebehandlungsverfahrens kann die Temperatur der Werkstücke mittels einer oder mehrerer steuerbarer Anlagen, insbesondere Öfen, abgesenkt werden. Damit lassen sich nahezu beliebige Temperaturprofile realisieren.

**[0015]** In einer Weiterbildung des erfindungsgemäßen Wärmebehandlungsverfahrens werden die Werkstücke nach einer teilweisen Umwandlung des Austenits in Bainit auf eine höhere Temperatur erwärmt, um die Umwandlung zu beschleunigen. Dies stellt eine sehr effiziente Maßnahme zur Verkürzung der insgesamt für die Wärmebehandlung der Werkstücke benötigten Zeit dar. Alternativ kann das Zeitintervall der Umwandlung so bemessen werden, dass keine vollständige Umwandlung des Austenits in Bainit erfolgt und die Werkstücke im Anschluss an das Zeitintervall der Umwandlung auf Raumtemperatur abgekühlt, kurz gehalten und anschließend angelassen werden.

**[0016]** Das erfindungsgemäße Wärmebehandlungsverfahren lässt sich insbesondere bei Werkstücken anwenden, die aus einem durchhärtenden Wälzlager- oder Vergütungsstahl gefertigt sind. Beispielsweise handelt es sich bei den Werkstücken um Wälzlagerbauteile.

#### Ausführungsbeispiel

**[0017]** Die Erfindung wird nachstehend anhand der in der Zeichnung dargestellten, Ausführungsbeispiele erläutert.

**[0018]** Die [Fig. 1](#) bis [Fig. 5](#) zeigen schematisierte Zeit-Temperatur-Diagramme zur Veranschaulichung unterschiedlicher Varianten des erfindungsgemäßen Wärmebehandlungsverfahrens. Auf der Abszisse ist jeweils die Zeit in einem logarithmischen Maßstab aufgetragen. Auf der Ordinate ist jeweils die Werkstücktemperatur aufgetragen.

**[0019]** Das erfindungsgemäße Wärmebehandlungsverfahren wird mit Werkstücken aus Stahl oder Gusseisen durchgeführt. Insbesondere eignen sich Werkstücke aus durchhärtenden Wälzlager- bzw. Vergütungsstählen. Ein typischer Vertreter eines Wälzlagerstahls, die in der Norm DIN EN ISO 683-17 definiert sind, ist ein Stahl mit der Bezeichnung 100Cr6. Dieser Stahl enthält, bezogen auf seine Masse, 0,93 bis 1,05 % Kohlenstoff, 1,35 bis 1,60 % Chrom, 0,25 bis 0,45 % Mangan, 0,15 bis 0,35 % Silizium und bis zu 0,1 % Molybdän. Der Phosphorgehalt beträgt maximal 0,025 %, der Schwefelgehalt maximal 0,015 %. Außerdem können herstellungsbedingt noch kleine Mengen an weiteren Elementen enthalten sein.

**[0020]** Vor der Wärmebehandlung werden die Werkstücke einer mechanischen Weichbearbeitung unterzogen, durch welche die Werkstücke in eine gewünschte Form gebracht und beispielsweise als Wälzlagerbauteile ausgebildet werden. Diese Form kann noch um Zugaben für eine weitere mechanische Bearbeitung nach der Wärmebehandlung von der endgültigen Form der Werkstücke abweichen.

**[0021]** [Fig. 1](#) zeigt ein schematisiertes Zeit-Temperatur-Diagramm zur Veranschaulichung einer ersten Variante des erfindungsgemäßen Wärmebehandlungsverfahrens. Die Werkstücke werden zunächst ausgehend von Raumtemperatur auf Austenitisierungstemperatur erwärmt und eine Zeit lang auf dieser Temperatur gehalten. Nach dem Austenitisieren werden die Werkstücke abgeschreckt und dadurch auf eine Temperatur knapp oberhalb der Martensit-Starttemperatur abgekühlt. Unterhalb der Martensit-Starttemperatur bildet sich Martensit. Die Martensit-Bildung ist im Rahmen des erfindungsgemäßen Wärmebehandlungsverfahrens nicht gewünscht, so dass eine Unterschreitung der Martensit-Starttemperatur vermieden wird, solange dies mit dem vorgesehenen Verfahrensablauf vereinbar ist. Das Abschrecken kann vorteilhaft durch Eintauchen der Werkstücke in ein Salzbad erfolgen. Salzbad haben den Vorteil, dass sie die durch exotherme Reaktionen frei werdende Energie gut abfangen können. Dadurch wird die Werkstofftemperatur in sehr engen Grenzen gehalten. Nach dem Abschrecken findet eine allmähliche Umwandlung des Austenits in Bainit statt. Diese Umwandlung wird auch als Bainit-Umwandlung, Bainit-Härtung oder Bainitisieren bezeichnet. Wie durch eine gestrichelte Linie angedeutet ist, wird die Bainit-Umwandlung gemäß dem Stand der Technik bei einer konstanten Temperatur durchgeführt.

**[0022]** Das erfindungsgemäße Wärmebehandlungsverfahren zeichnet sich dadurch aus, dass die Werkstücktemperatur während der Bainit-Umwandlung abgesenkt wird. Dies wird dadurch ermöglicht, dass die Martensit-Starttemperatur, die möglichst nicht unterschritten werden soll, während der Bai-

nit-Umwandlung ebenfalls abnimmt. Durch die Absenkung der Werkstücktemperatur kann bei durchhärtenden Wälzlagerstählen eine größere Härte von etwa 59 bis 64 HRC erreicht werden, als dies bei einer üblichen isothermen Bainit-Umwandlung der Fall ist. Um einen deutlichen Effekt zu erzielen, wird die Werkstücktemperatur vorzugsweise während wenigstens eines Zeitanteils von 20 % der für die Bainit-Umwandlung vorgesehenen Umwandlungsdauer auf Werte abgesenkt, die unterhalb der durch das Abschrecken erzielten Werkstücktemperatur liegen. Besonders gute Ergebnisse lassen sich bei einem Zeitanteil von wenigstens 80 % der Umwandlungsdauer erzielen.

**[0023]** Bei der in [Fig. 1](#) dargestellten ersten Variante des erfindungsgemäßen Wärmebehandlungsverfahrens erfolgt die Absenkung der Werkstücktemperatur stufenweise. Dies bedeutet, dass die Werkstücktemperatur jeweils eine Zeit lang auf einem konstanten Wert gehalten wird und dann rasch bis knapp über den aktuellen Wert der Martensit-Starttemperatur abgesenkt wird. Es folgen dann wieder ein konstanter Abschnitt und eine erneute Absenkung usw. Ein derartiger Verlauf der Werkstücktemperatur lässt sich beispielsweise mittels mehrerer unterschiedlich temperierter Salzbad erreichen, in welche die Werkstücke der Reihe nach verbracht werden. Ebenso ist es auch möglich, die Werkstücke zunächst mittels eines Salzbad abzuschrecken und während der ersten Haltephase im Salzbad zu belassen. Anschließend werden die Werkstücke für jede Haltephase in einen anders temperierten Anlassofen, insbesondere einen Luftanlassofen, verbracht. Wenn das für die Bainit-Umwandlung vorgesehene Zeitintervall abgelaufen ist, werden die Werkstücke auf Raumtemperatur abgekühlt.

**[0024]** Die im Folgenden beschriebenen Varianten des erfindungsgemäßen Wärmebehandlungsverfahrens unterscheiden sich von der vorstehend beschriebenen ersten Variante bezüglich des Verlaufs der Werkstücktemperatur während der Bainit-Umwandlung und im Falle der in [Fig. 5](#) dargestellten Variante auch nach der Bainit-Umwandlung. Ansonsten gilt das zur ersten Variante Ausgeführte für die weiteren Varianten in analoger Weise.

**[0025]** [Fig. 2](#) zeigt ein schematisiertes Zeit-Temperatur-Diagramm zur Veranschaulichung einer zweiten Variante des erfindungsgemäßen Wärmebehandlungsverfahrens. Die zweite Variante zeichnet sich dadurch aus, dass während der Bainit-Umwandlung unmittelbar nach dem Abschrecken der Werkstücke eine Haltephase mit konstanter Werkstücktemperatur vorgesehen ist, an die sich eine Phase mit stetig abnehmender Werkstücktemperatur anschließt. Schließlich folgt noch eine Haltephase mit konstanter Werkstücktemperatur. Außerhalb des für die Bainit-Umwandlung vorgesehenen Zeitintervalls

entspricht der Verlauf der Werkstücktemperatur dem für die erste Variante beschriebenen Verlauf.

**[0026]** Zur Realisierung eines derartigen Temperaturverlaufs werden die Werkstücke wiederum zunächst in einem Salzbad abgeschreckt und eine Zeit lang in dem Salzbad belassen. Anschließend werden die Werkstücke jeweils für eine Zeit lang in unterschiedlich temperierte Medien, z. B. Anlassöfen oder Salzbad, verbracht, die jeweils so gesteuert werden, dass die Werkstücktemperatur in der gewünschten Weise abgesenkt bzw. gehalten wird.

**[0027]** [Fig. 3](#) zeigt ein schematisiertes Zeit-Temperatur-Diagramm zur Veranschaulichung einer dritten Variante des erfindungsgemäßen Wärmebehandlungsverfahrens. Bei der dritten Variante wird die Werkstücktemperatur während der Bainit-Umwandlung im Anschluss an eine kurze Haltephase nach dem Abschreckvorgang kontinuierlich abgesenkt. Die Absenkung erfolgt dabei in entsprechender Weise, wie auch die Martensit-Starttemperatur abnimmt. Dadurch ergibt sich für die Werkstücktemperatur während des für die Bainit-Umwandlung vorgesehenen Zeitintervalls ein zur Martensit-Starttemperatur im Wesentlichen paralleler Verlauf. Zur Realisierung dieses Temperaturverlaufs können die Werkstücke nach dem Abschrecken in einen langen Anlassofen oder temperaturgesteuerten Kammerofen verbracht werden, in dem sich das gewünschte Temperaturprofil einstellen und regeln lässt. Alternativ dazu ist es auch möglich die Werkstücke mit Wasser-Luft-Gemischen zu behandeln, deren Abschreckwirkung bzw. temperaturabsenkende Wirkung während der Bainit-Umwandlung so gesteuert werden kann, dass sie einer vorgegebenen Abkühlrate folgt.

**[0028]** [Fig. 4](#) zeigt ein schematisiertes Zeit-Temperatur-Diagramm zur Veranschaulichung einer Weiterbildung der dritten Variante des erfindungsgemäßen Wärmebehandlungsverfahrens. Bei dieser Weiterbildung wird die Werkstücktemperatur während der Bainit-Umwandlung zunächst analog zu [Fig. 3](#) abgesenkt. Noch vor dem Ende des für die Bainit-Umwandlung vorgesehenen Zeitintervalls wird die Werkstücktemperatur deutlich angehoben und eine Zeit lang konstant gehalten. Der dabei erreichte Temperaturwert ist vorzugsweise höher als die Werkstücktemperatur zu Beginn der Bainit-Umwandlung. Im Anschluss an die konstante Phase wird die Werkstücktemperatur auf Raumtemperatur abgesenkt. Durch das kurzzeitige Anheben der Werkstücktemperatur während der Bainit-Umwandlung wird die Bainit-Umwandlung erheblich beschleunigt und somit die insgesamt für eine vollständige Bainit-Umwandlung benötigte Zeit reduziert.

**[0029]** Auf entsprechende Weise können auch die erste und die zweite Variante des erfindungsgemäßen Wärmebehandlungsverfahrens weitergebildet

werden.

**[0030]** [Fig. 5](#) zeigt ein schematisiertes Zeit-Temperatur-Diagramm zur Veranschaulichung einer Weiterbildung der zweiten Variante des erfindungsgemäßen Wärmebehandlungsverfahrens. Diese Weiterbildung zeichnet sich dadurch aus, dass die Werkstücktemperatur bereits nach der ersten Haltephase und der ersten Absenkphase, die bei der zweiten Variante während des für die Bainit-Umwandlung vorgesehenen Zeitintervalls durchgeführt werden, auf Raumtemperatur abgesenkt wird. Nach einer kurzen Haltephase bei Raumtemperatur folgt ein Kurzzeit- oder Standard-Anlassen. Hierzu werden die Werkstücke vorzugsweise auf eine Temperatur erwärmt, die zwischen der Werkstücktemperatur zu Beginn der Bainit-Umwandlung und der Werkstücktemperatur unmittelbar vor Unterbrechung der Bainit-Umwandlung liegt und anschließend wieder auf Raumtemperatur abgekühlt. Durch diese Vorgehensweise verkürzt sich die für die Wärmebehandlung insgesamt benötigte Zeit verglichen mit der in [Fig. 2](#) dargestellten zweiten Variante des erfindungsgemäßen Wärmebehandlungsverfahrens. Dabei wird in Kauf genommen, dass auch Martensit als Gefügebestandteil auftritt.

**[0031]** Die in [Fig. 5](#) dargestellte Weiterbildung lässt sich in analoger Weise auch auf die erste und die dritte Variante des erfindungsgemäßen Wärmebehandlungsverfahrens übertragen.

**[0032]** Neben den explizit beschriebenen Verläufen der Werkstücktemperatur sind im Rahmen des erfindungsgemäßen Wärmebehandlungsverfahrens auch weitere Verläufe möglich, die jeweils darin übereinstimmen, dass die Werkstücktemperatur während des für die Bainit-Umwandlung vorgesehenen Zeitintervalls abgesenkt wird.

### Patentansprüche

1. Verfahren zur Wärmebehandlung von Werkstücken aus Stahl oder Gusseisen, wobei die Werkstücke nach einer Haltedauer bei oder oberhalb der Austenitisierungstemperatur auf eine Temperatur oberhalb der Martensit-Starttemperatur, bei deren Unterschreitung Martensit gebildet wird, abgeschreckt werden und in einem sich anschließenden Zeitintervall eine Umwandlung von Austenit in Bainit erfolgt, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Temperatur der Werkstücke während des Zeitintervalls der Umwandlung jeweils auf Werte oberhalb der Martensit-Starttemperatur abgesenkt und die Umwandlung von Austenit in Bainit dabei fortgesetzt wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Temperatur der Werkstücke wenigstens während eines Zeitanteils von 20 % der Umwandlungsdauer auf Werte unterhalb der Temperatur abgesenkt wird, die durch das Abschrecken erzielt

wird.

3. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Temperatur der Werkstücke abhängig von der Martensit-Starttemperatur abgesenkt wird.

4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Temperatur der Werkstücke gemäß einem vorgegebenen Temperaturprofil abgesenkt wird.

5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Temperatur der Werkstücke stufenweise abgesenkt wird.

6. Verfahren nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Werkstücke zur Absenkung ihrer Temperatur unterschiedlich temperierten Medien ausgesetzt werden.

7. Verfahren nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Werkstücke zur Absenkung ihrer Temperatur in unterschiedlich temperierte Bäder eingebracht werden.

8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Temperatur der Werkstücke kontinuierlich abgesenkt wird.

9. Verfahren nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass die Temperatur der Werkstücke entsprechend dem Verlauf der Martensit-Starttemperatur abgesenkt wird.

10. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Temperatur der Werkstücke mittels einer oder mehrerer steuerbarer Anlagen abgesenkt wird.

11. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Temperatur der Werkstücke mittels eines oder mehrerer steuerbarer Öfen abgesenkt wird.

12. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Werkstücke nach einer teilweisen Umwandlung des Austenits in Bainit auf eine höhere Temperatur erwärmt werden, um die Umwandlung zu beschleunigen.

13. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, dass das Zeitintervall der Umwandlung so bemessen wird, dass keine vollständige Umwandlung des Austenits in Bainit erfolgt und die Werkstücke im Anschluss an das Zeitintervall der Umwandlung auf Raumtemperatur abgekühlt, kurz gehalten und anschließend angelassen werden.

14. Verfahren nach einem der vorhergehenden

Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Werkstücke aus einem durchhärtenden Wälzlager- oder Vergütungsstahl gefertigt sind.

15. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass es sich bei den Werkstücken um Wälzlagerbauteile handelt.

Es folgen 5 Blatt Zeichnungen

Fig. 1

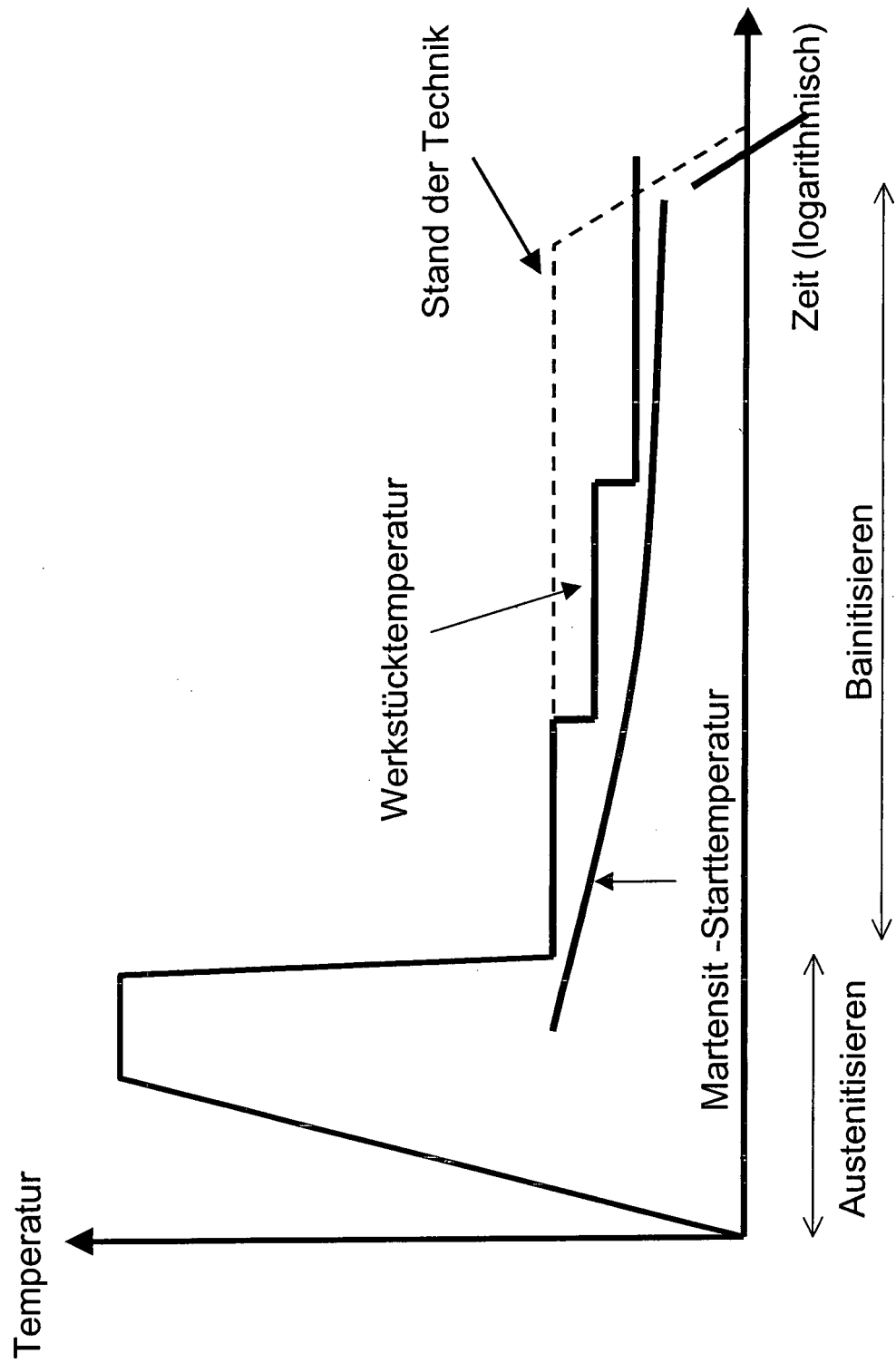


Fig. 2

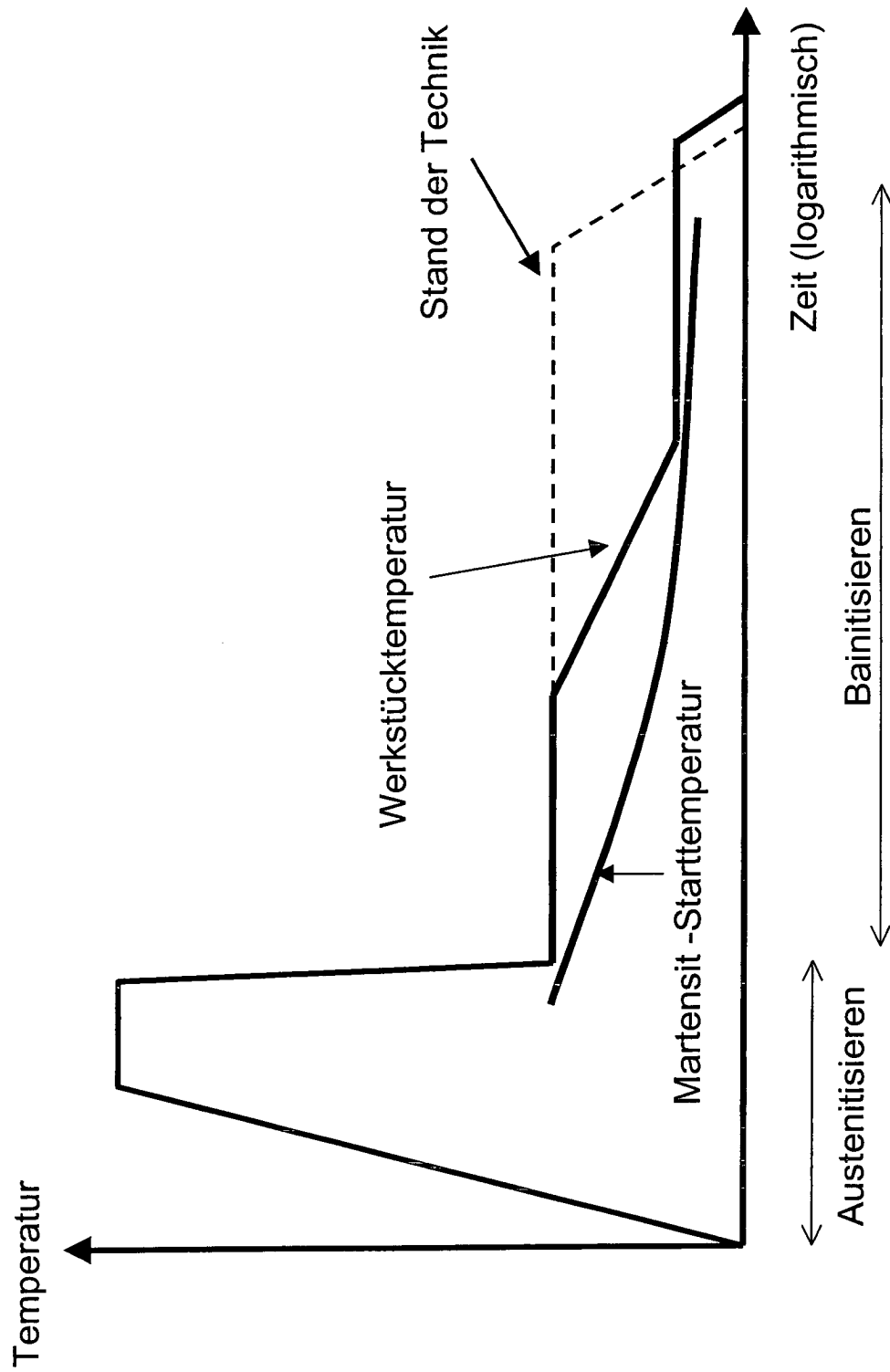




Fig. 3

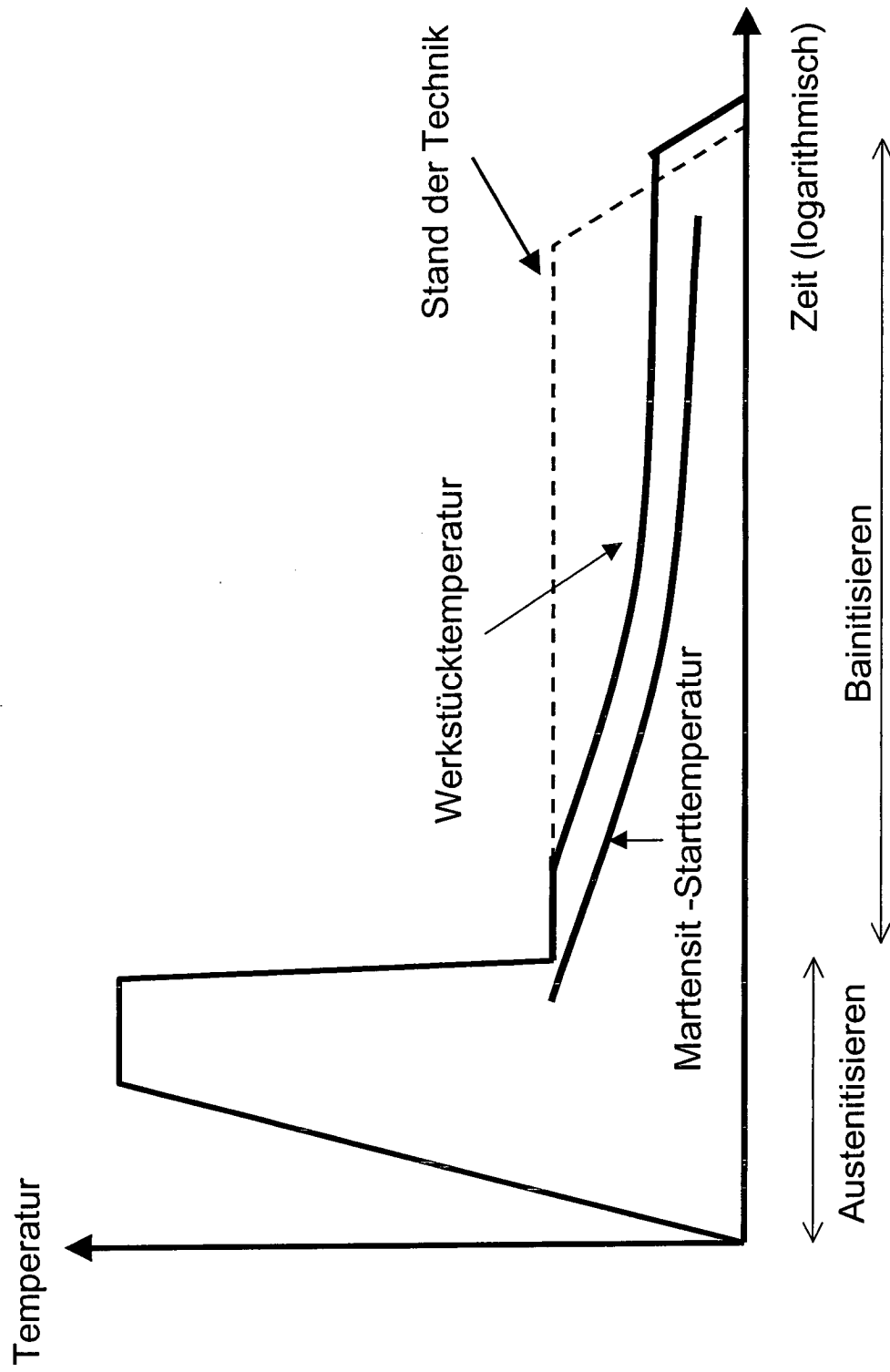


Fig. 4

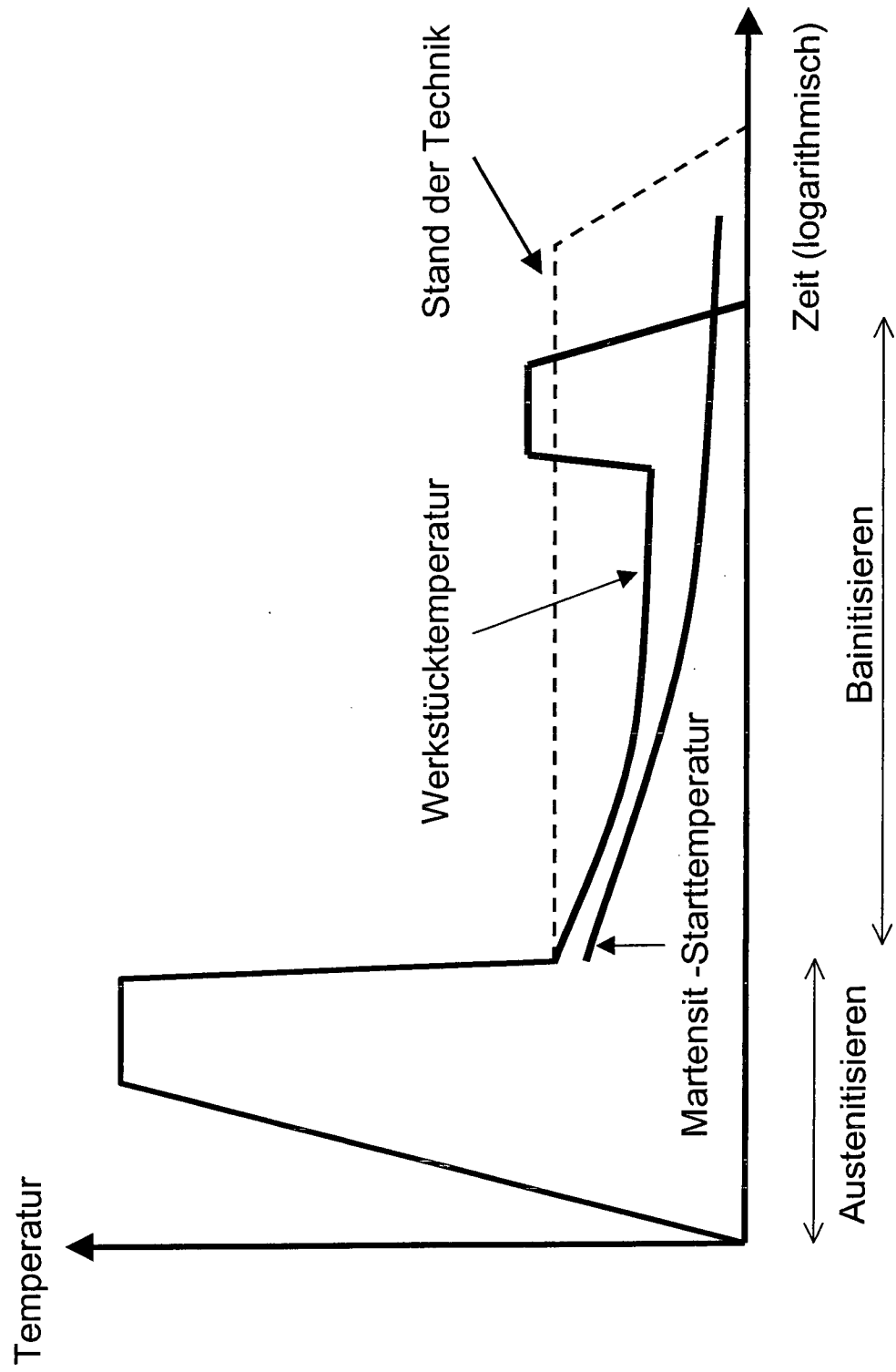


Fig. 5

