

Wärmebehandlung von Eisenwerkstoffen
Verfahren der Wärmebehandlung
 Teil 4: Nitrieren und Nitrocarburieren

DIN
17022-4

ICS 25.200

Deskriptoren: Wärmebehandlung, Eisenwerkstoff, Nitrieren, Nitrocarburieren

Heat treatment of ferrous materials — Methods of heat treatment — Part 4: Nitriding and nitrocarburizing

Inhalt

	Seite		Seite
Vorwort	2	7.6 Nachbehandeln	6
1 Anwendungsbereich	2	7.6.1 Auslagern	6
2 Normative Verweisungen	2	7.6.2 Nachoxidieren	6
3 Definitionen	2	8 Behandlungsmittel	6
4 Kurzbeschreibung der Verfahren	2	8.1 Mittel zum Nitrieren	6
4.1 Nitrieren	2	8.2 Mittel zum Nitrocarburieren	6
4.2 Nitrocarburieren	2	8.2.1 Salzschnmelzen	6
5 Zweck des Nitrierens und Nitrocarburierens ...	2	8.2.2 Gase	6
6 Kennzeichnung des nitrierten und nitrocarburierten Zustands	3	8.3 Mittel zum Abkühlen/Abschrecken	6
7 Durchführung des Nitrierens und Nitrocarburierens	3	8.3.1 Flüssige Abkühlmittel	7
7.1 Vorbehandeln und Vorbereiten der Werkstücke ..	3	8.3.2 Gasförmige Abkühlmittel	7
7.1.1 Vorbehandeln der Werkstücke	3	9 Wirkungen des Nitrierens und Nitrocarburierens	7
7.1.1.1 Spannungsarmglühen	3	9.1 Wirkung auf die Randschicht	7
7.1.1.2 Normalglühen	3	9.2 Wirkung auf die Härte	9
7.1.1.3 Vergüten	3	9.3 Wirkung auf die Form und die Maße	9
7.1.2 Vorbereiten der Werkstücke	3	10 Hinweise auf Einrichtungen zum Nitrieren und Nitrocarburieren	9
7.1.2.1 Reinigen der Werkstücke	3	10.1 Allgemeines	9
7.1.2.1.1 Waschen	3	10.2 Auswahl der Anlage zum Nitrieren und Nitrocarburieren	9
7.1.2.1.2 Entgraten	4	10.3 Auswahl der Einrichtungen zum Abkühlen bzw. Abschrecken	10
7.1.2.1.3 Strahlen	4	11 Prüfen nitrierter und nitrocarburierter Werkstücke	10
7.1.2.1.4 Beizen	4	12 Hinweise zum Richten	10
7.1.2.1.5 Voroxidieren	4	13 Hinweise zum wärmebehandlungsgerechten Konstruieren	10
7.1.2.2 Vorbereiten für ein örtlich begrenztes Nitrieren oder Nitrocarburieren	4	14 Hinweise auf mögliche Ursachen von Beanstandungen an nitrierten bzw. nitrocarburierten Werkstücken	11
7.1.2.3 Chargieren der Werkstücke	4	Anhang A (informativ) Literaturhinweise	15
7.2 Erwärmen auf Behandlungstemperatur	4		
7.3 Nitrieren	5		
7.4 Nitrocarburieren	6		
7.5 Abkühlen/Abschrecken	6		

Fortsetzung Seite 2 bis 15

Normenausschuß Werkstofftechnologie (NWT) — Wärmebehandlungstechnik — im DIN Deutsches Institut für Normung e.V.

Vorwort

Diese Norm wurde vom Ausschuß NWT/WT2 erarbeitet.

Die weiteren Normen der Reihe DIN 17022 sind im Abschnitt 2 und im Anhang A aufgeführt.

1 Anwendungsbereich

Diese Norm beschreibt die Verfahrensweise beim Nitrieren und Nitrocarburieren und gibt Hinweise für das Nitrieren und das Nitrocarburieren von Werkstücken aus Stahl, Stahlguß, Gußeisen oder Sinterformteilen aus Stahlpulver.

2 Normative Verweisungen

Diese Norm enthält durch datierte oder undatierte Verweisungen Festlegungen aus anderen Publikationen. Diese normativen Verweisungen sind an den jeweiligen Stellen im Text zitiert, und die Publikationen sind nachstehend aufgeführt. Bei datierten Verweisungen gehören spätere Änderungen oder Überarbeitungen dieser Publikationen nur zu dieser Norm, falls sie durch Änderung oder Überarbeitung eingearbeitet sind. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe der in Bezug genommenen Publikation.

E DIN 6773

Wärmebehandlung von Eisenwerkstoffen — Darstellung und Angaben wärmebehandelter Teile in Zeichnungen

DIN 17014-3

Wärmebehandlung von Eisenwerkstoffen — Kurzanzeige von Wärmebehandlungen

DIN 17022-1

Wärmebehandlung von Eisenwerkstoffen — Verfahren der Wärmebehandlung — Teil 1: Härten, Bainitisieren, Anlassen und Vergüten von Bauteilen

DIN 17022-2

Wärmebehandlung von Eisenwerkstoffen — Verfahren der Wärmebehandlung — Härten und Anlassen von Werkzeugen

E DIN 17023

Wärmebehandlung von Eisenwerkstoffen — Vordruck — Wärmebehandlungs-Anweisung (WBA)

DIN 17052

Wärmebehandlungsöfen — Anforderungen an die Temperaturgleichmäßigkeit

DIN 17211

Nitrierstähle — Technische Lieferbedingungen

DIN 50133

Prüfung metallischer Werkstoffe — Härteprüfung nach Vickers — Bereich HV 0,2 bis HV 100

DIN 50190-3

Härtetiefe wärmebehandelter Teile — Ermittlung der Nitrierhärtetiefe

DIN EN 10052

Begriffe der Wärmebehandlung von Eisenwerkstoffen; Deutsche Fassung EN 10052 : 1993

ISO 4516 : 1980

Metallic and related coatings — Vickers and Knoop microhardness tests

3 Definitionen

Die in dieser Norm verwendeten Begriffe und Fachausdrücke der Wärmebehandlung entsprechen DIN EN 10052, in der auch die Definitionen zu diesen Begriffen festgelegt sind.

4 Kurzbeschreibung der Verfahren

4.1 Nitrieren

Beim Nitrieren wird die Randschicht mit Stickstoff angereichert. Als Stickstoffspender wird beim Nitrieren unter Normaldruck Ammoniak, beim Plasmanitrieren vorzugsweise Stickstoff benutzt. Die Behandlungstemperatur liegt unterhalb der eutektoiden Temperatur des Systems Eisen-Stickstoff, vorzugsweise im Bereich zwischen 480 und 550 °C. Die Behandlungsdauer beträgt mehrere Stunden bis Tage. Nach Ablauf der Behandlungsdauer wird meist im Gas auf Raumtemperatur abgekühlt.

Ist neben dem Stickstoffspender zusätzlich ein Sauerstoffspender vorhanden, wird von *Oxinitrieren*, ist zusätzlich ein Schwefelspender vorhanden, von *Sulfonitrieren* gesprochen.

Das Nitrieren wird bevorzugt bei legierten Eisenwerkstoffen angewendet.

4.2 Nitrocarburieren

Beim Nitrocarburieren wird die Randschicht mit Stickstoff **und** Kohlenstoff angereichert. Als Behandlungsmittel werden Salzschnmelzen, Gase oder Pulver benutzt. Die Behandlung kann auch im Plasma durchgeführt werden. Die Behandlungstemperatur liegt bevorzugt zwischen 570 und 580 °C. Die Behandlungsdauer beträgt wenige Minuten bis zu mehreren Stunden.

Nach Ablauf der Behandlungsdauer wird je nach den geforderten Gebrauchseigenschaften im Gas abgekühlt oder in flüssigen Mitteln abgeschreckt. Hieran kann sich noch ein Auslagern anschließen.

Enthält das Behandlungsmittel zusätzlich einen Sauerstoffspender, wird von *Oxinitrocarburieren*, ist zusätzlich ein Schwefelspender vorhanden, wird von *Sulfonitrocarburieren* gesprochen.

Das Nitrocarburieren wird sowohl bei unlegierten als auch bei legierten Eisenwerkstoffen angewendet.

5 Zweck des Nitrierens und Nitrocarburierens

Nitrieren und Nitrocarburieren werden angewendet mit dem Ziel, bei Werkstücken und Werkzeugen aus Eisenwerkstoffen das

- Verschleißverhalten;
- Festigkeitsverhalten;
- Korrosionsverhalten

zu verbessern.

Das Nitrieren wird vorzugsweise dazu benutzt, bei legierten Stählen, insbesondere den so bezeichneten Nitrierstählen nach DIN 17211, eine harte Randschicht, ähnlich wie beim Einsatzhärten zu erzeugen, mit dem Ziel, speziell die Festigkeit bei schwingender Beanspruchung und den Verschleißwiderstand gegenüber Adhäsion, Abrasion und Wälzbeanspruchung zu erhöhen.

Das Nitrocarburieren wird vorzugsweise dazu benutzt, Werkstücke und Werkzeuge aus Eisenwerkstoffen mit einer sehr stickstoffreichen und kohlenstoffhaltigen Verbindungsschicht zu versehen, mit dem Ziel, den Reibungskoeffizienten zu erniedrigen, den Verschleißwiderstand gegenüber

Adhäsion und Abrasion sowie den Korrosionswiderstand zu erhöhen.

6 Kennzeichnung des nitrierten und nitrocarburierten Zustands

In Zeichnungen ist der nitrierte und nitrocarburierte Zustand nach E DIN 6773 zu kennzeichnen.

Für Angaben, welche die Durchführung des Nitrierens oder Nitrocarburierens betreffen, ist erforderlichenfalls eine Wärmebehandlungs-Anweisung (WBA) nach E DIN 17023 oder ein Wärmebehandlungsplan (WBP) zu erstellen. Kurzan-gaben für das Nitrieren und Nitrocarburieren sind nach DIN 17014-3 vorzunehmen.

7 Durchführung des Nitrierens und Nitrocarburierens

7.1 Vorbehandeln und Vorbereiten der Werkstücke

Das Vorbehandeln bzw. Vorbereiten der Werkstücke dient dazu, unerwünschte Einflüsse von Eigenspannungen oder des Oberflächenzustandes auf den Endzustand zu beseitigen, den Behandlungsablauf abzusichern und gegebenenfalls das Nitrieren oder das Nitrocarburieren örtlich zu begrenzen.

7.1.1 Vorbehandeln der Werkstücke

7.1.1.1 Spannungsarmglühen

Wenn Eigenspannungen — z. B. durch Zerspanen erzeugt — das Verzugverhalten beim Nitrieren oder Nitrocarburieren unzulässig beeinflussen können, ist ein Spannungsarmglühen möglichst 30 °C oberhalb der Nitrier- oder Nitrocarburieretemperatur zu empfehlen. Die dadurch eintretenden Maß- und Formänderungen können durch eine nachfolgende spanende Bearbeitung beseitigt werden, wofür ein ausreichendes Aufmaß vorzusehen ist. Dieses ist so zu bemessen, daß gegebenenfalls beim Spannungsarmglühen eintretende Randschichtveränderungen, z. B. eine Entkohlung, möglichst vollständig entfernt werden. Die Temperatur muß unter der Umwandlungstemperatur A_{c1} des Werkstück-Werkstoffs liegen; sie sollte dieser Temperatur aber möglichst nahe sein. Bei vergüteten Werkstücken muß die Temperatur jedoch niedriger als die vorangegangene Anlaßtemperatur sein, wenn die Festigkeit erhalten bleiben soll. Ein längeres Halten von mehr als 30 min nach dem Erwärmen ist dann nicht erforderlich. Das Erwärmen und Abkühlen ist so langsam durchzuführen, daß keine neuen Eigenspannungen entstehen können.

Bei kaltumgeformten Werkstücken ist statt des Spannungsarmglühens ein Normalglühen vorzuziehen, wenn infolge Rekristallisation eine Grob- oder Mischkornbildung eintreten kann.

7.1.1.2 Normalglühen

Eigenspannungen im Werkstück-Rohteil können anstatt durch ein Spannungsarmglühen auch durch ein Normalglühen verringert werden. Gleichzeitig können dadurch der Gefügezustand verbessert und Grob- oder Mischkornbildung in kritisch verformten Bereichen vermieden werden.

Die zum Normalglühen erforderlichen Behandlungsdaten (Temperatur, Dauer, Abkühlung) sind den Technischen Lieferbedingungen der Stähle oder entsprechenden Unterlagen der Stahlhersteller zu entnehmen.

7.1.1.3 Vergüten

Um bestimmte Festigkeitswerte einzustellen, kann es zweckmäßig sein, das Werkstück vor dem Nitrieren oder

Nitrocarburieren zu vergüten. Zur Durchführung des Vergütens siehe DIN 17022-1 und DIN 17022-2.

Beim Vergüten sollte die Anlaßtemperatur etwa 30 °C über der späteren Temperatur beim Nitrieren oder Nitrocarburieren liegen. Es ist zu beachten, daß Anlaßtemperatur und -dauer die Härteverlaufskurve des nitrierten und nitrocarburierten Zustands beeinflussen.

Um auszuschließen, daß Veränderungen der Randschicht beim Vergüten (z. B. Entkohlung, Oxidation) das Behandlungsergebnis beeinträchtigen, ist es zweckmäßig, nach dem Vergüten eine spanende Zwischenbearbeitung der zu nitrierenden oder der zu nitrocarburierenden Werkstückoberflächenbereiche vorzunehmen.

Bei mehrstündigem Nitrieren und Nitrocarburieren ist je nach der Anlaßbeständigkeit des Werkstück-Werkstoffs mit einem Abfall der Härte und Festigkeit im Kernbereich des Werkstücks zu rechnen.

7.1.2 Vorbereiten der Werkstücke

Rückstände von der spanenden bzw. spanlosen Bearbeitung, z. B. Kühlschmierstoffe, Oxidschichten, Rückstände von Wasch- und Konservierungsmitteln, können die Stickstoffaufnahme — speziell beim Nitrieren oder Nitrocarburieren im Gas — mehr oder weniger stark beeinträchtigen. Späne, Grate, Rost, Zunder und Nichteisenmetalle können bei Salzschmelzen die chemische Zusammensetzung und damit deren Wirkung verändern.

Je nach Verschmutzung der Oberfläche und den Qualitätsanforderungen ist es notwendig, die Werkstücke vor dem Nitrieren oder Nitrocarburieren auf geeignete Weise sorgfältig zu reinigen und/oder zu behandeln. Nach dem Reinigen müssen die Werkstücke und die Werkstückträger oder Chargiervorrichtungen getrocknet werden.

Bolzen oder Schrauben, die zum Verschließen von Bohrungen oder Gewindelöchern benutzt werden, sind vor dem Reinigen zu entfernen. Teile mit verschlossenen Hohlräumen dürfen aus Sicherheitsgründen nicht nitriert oder nitrocarburiert werden.

7.1.2.1 Reinigen der Werkstücke

Das Reinigen wird angewendet, um die Rückstände von Bearbeitungshilfsstoffen, z. B. Kühlschmierstoffe oder Konservierungsmittel, Zunder, Rost, Farb- oder Lötflußmittelreste, von der Werkstückoberfläche zu entfernen. Auch anhaftende Späne, Walz- oder Schmiedehaut sollten entfernt werden.

Das Reinigen kann erfolgen durch:

- Waschen;
- Entgraten;
- Strahlen;
- Beizen;
- Voroxidieren.

7.1.2.1.1 Waschen

Üblich ist das Waschen in heißem Wasser mit geeigneten Reiniger-Zusätzen. Um eine ausreichende Reinigungswirkung zu erzielen, kann es zweckmäßig sein, den Waschvorgang durch gezieltes Beaufschlagen der Werkstückoberfläche mit Wasserstrahlen (Spritzverfahren) oder Ultraschall zu unterstützen.

Nach dem Waschen müssen die Werkstücke ausreichend getrocknet werden. Mit den Werkstücken in den Ofen eingeschleppte Feuchtigkeit kann beim Erwärmen durch Verdampfen zu hohem Druckanstieg führen. Insbesondere können dadurch beim Nitrocarburieren in Salzschmelzen gefährliche Salzeruptionen erzeugt werden.

7.1.2.1.2 Entgraten

Durch spanende Bearbeitung entstandene Grate lassen sich durch Strahlen, chemisches oder thermisches Entgraten entfernen. Es ist jedoch zu beachten, daß beim thermischen Entgraten die Werkstückoberfläche oxidiert wird und beim chemischen Entgraten der Werkstoff mit dem Elektrolyten reagiert, so daß u. U. eine Beeinträchtigung der Stickstoffaufnahme eintreten kann.

Zur Entfernung anhaftender Späne ist es zweckmäßig, die Werkstücke zu entmagnetisieren.

7.1.2.1.3 Strahlen

Durch trockenes oder nasses Strahlen mit für das Reinigen geeigneten Mitteln können Grate, Zunder, Walz-, Schmiede- oder Gußhaut, Farb- oder Lötflußmittelreste von der Werkstückoberfläche entfernt werden. Es ist darauf zu achten, daß nach dem Strahlen Strahlmittelreste möglichst vollständig von den Werkstücken entfernt werden, um die Stickstoff-spendenden Behandlungsmittel nicht zu beeinträchtigen.

7.1.2.1.4 Beizen

Bei Werkstücken aus legierten Stählen kann es notwendig sein, die Oberfläche für die Stickstoffaufnahme zu aktivieren. In manchen Anwendungsfällen hat es sich als nützlich erwiesen, speziell vor einem Gasnitrieren zu beizen. Beim Plasmanitrieren und Plasmanitrocarburieren wird ein ähnlicher Effekt durch ein vorgeschaltetes Sputtern (Plasmaätzen) erreicht. Beizen eignet sich auch dazu, Rost, Zunder sowie Walz-, Schmiede- oder Gußhaut von Werkstücken zu entfernen.

Es ist jedoch zu beachten, daß Rückstände der benutzten Beizmittel möglichst vollständig von der Werkstückoberfläche entfernt werden, da diese sonst zu rosten beginnen kann. Außerdem ist zu berücksichtigen, daß durch eine zu intensive Wirkung des Beizmittels Beiznarben in der Werkstückrandschicht entstehen können.

7.1.2.1.5 Voroxidieren

In manchen Anwendungsfällen hat es sich als nützlich erwiesen, vor dem Nitrieren oder Nitrocarburieren im Gas die Werkstücke gezielt zu oxidieren. Damit können eine gewisse thermische Reinigung und eine Aktivierung der Oberfläche erreicht werden, so daß die Stickstoffaufnahme verbessert wird. Für Werkstücke aus unlegierten und niedrig legierten Stählen ist eine Temperatur von etwa 300 °C, für Werkstücke aus hochlegierten Stählen von 400 bis 500 °C zu empfehlen.

7.1.2.2 Vorbereiten für ein örtlich begrenztes Nitrieren oder Nitrocarburieren

Sollen bestimmte Bereiche eines Werkstücks nicht nitriert oder nitrocarburiert sein, kann entweder

- ein Aufmaß vorgesehen werden, das nach dem Nitrieren oder Nitrocarburieren spanend abgearbeitet wird;
- ein gegen Aufsticking schützender Überzug, z. B. eine Paste oder eine galvanisch erzeugte Kupfer-, Nickel- oder Zinnschicht, aufgebracht werden. Beim Nitrocarburieren in Salzschnmelzen darf nur Nickel benutzt werden;
- ein Schutzkörper, z. B. Hülsen auf Wellenenden, angebracht werden. Eine zuverlässige Schutzwirkung ist jedoch damit nur beim Plasmanitrieren und Plasmanitrocarburieren zu erreichen.

In den nicht aufgestickten Bereichen können dann nur noch thermisch bedingte Änderungen des Werkstoffzustands eintreten.

Die Breite des Übergangs zwischen aufgesticktem und nicht aufgesticktem Bereich ergibt sich aus der gewählten Schutzart und dem Nitrier- bzw. Nitrocarburier-Verfahren. Es ist zu empfehlen, Gewinde gegen das Aufsticken zu schützen, da nitrierte Gewinde bereits beim Anziehen anreißen können.

7.1.2.3 Chargieren der Werkstücke

Beim Chargieren sind die Werkstücke so anzuordnen, daß

- alle Werkstückbereiche vom Behandlungsmittel ungehindert erreicht werden;
- beim Plasmanitrieren und -nitrocarburieren die Packungsdichte der Werkstück-Charge auf die Behandlungsparameter abgestimmt ist;
- beim Abschrecken alle Werkstückbereiche vom Abschreckmittel möglichst gleichmäßig und mit ausreichender Strömungsgeschwindigkeit erreicht werden.

Schüttgut sollte nicht zu hoch und nicht zu dicht geschüttet werden. Gegebenenfalls ist das Haufwerk durch Zwischengitter aufzulockern, sind Werkstücke zu vereinzeln und/oder im Behandlungsmittel zu bewegen, oder es ist für eine entsprechende Bewegung z. B. durch Umwälzen des Behandlungsmittels zu sorgen.

Flächiges Berühren der Werkstücke ist zu vermeiden. Auch linienförmige Berührung kann nachteilig sein. Punktförmige Berührung ist dagegen — mit Ausnahme beim plasma-unterstützten Behandeln — meist unbedenklich.

Die Werkstücke sind so zu packen, daß sie sich weder durch ihr Eigengewicht noch durch aufliegende andere Teile verformen.

7.2 Erwärmen auf Behandlungstemperatur

Der Zeit-Temperatur-Verlauf im Rand und im Kern eines einfach geformten Werkstücks ohne nennenswerte Querschnittsunterschiede beim Erwärmen auf Nitrier-/Nitrocarburier-Temperatur ist schematisch in Bild 1 dargestellt. Besitzt ein Werkstück jedoch unterschiedliche Querschnittsabmessungen, so ergeben sich in jedem Querschnitt andere Erwärmungskurven für Rand und Kern.

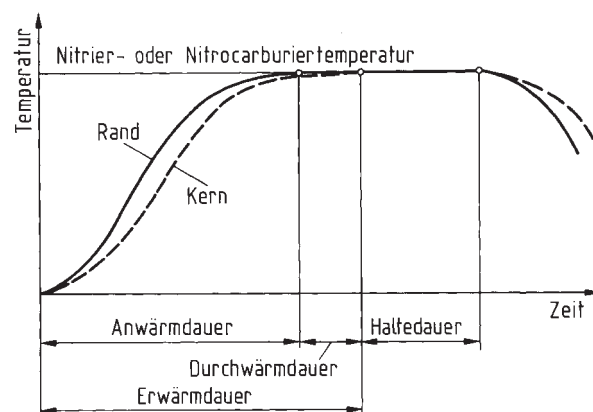


Bild 1: Zeit-Temperatur-Folge beim Nitrieren/Nitrocarburieren (schematisch)

Beim Erwärmen entstehen zwischen Rand und Kern eines Werkstücks Temperaturunterschiede. Diese sind um so größer, je größer die Querschnitte des zu erwärmenden Werkstücks, je größer die Erwärmgeschwindigkeit und je geringer die Temperaturleitfähigkeit des Werkstoffes ist. Die Temperaturunterschiede verursachen Spannungen. Dies kann zu Verzug führen. Werkstücke mit großen Querschnittsunterschieden und/oder großen Abmessungen,

besonders solche aus legierten Stählen, werden deshalb langsam oder stufenweise erwärmt.

Hinweise für die Erwärmdauer gibt Bild 2. Es enthält Anhaltswerte für kreisrunde Werkstückquerschnitte beim Erwärmen.

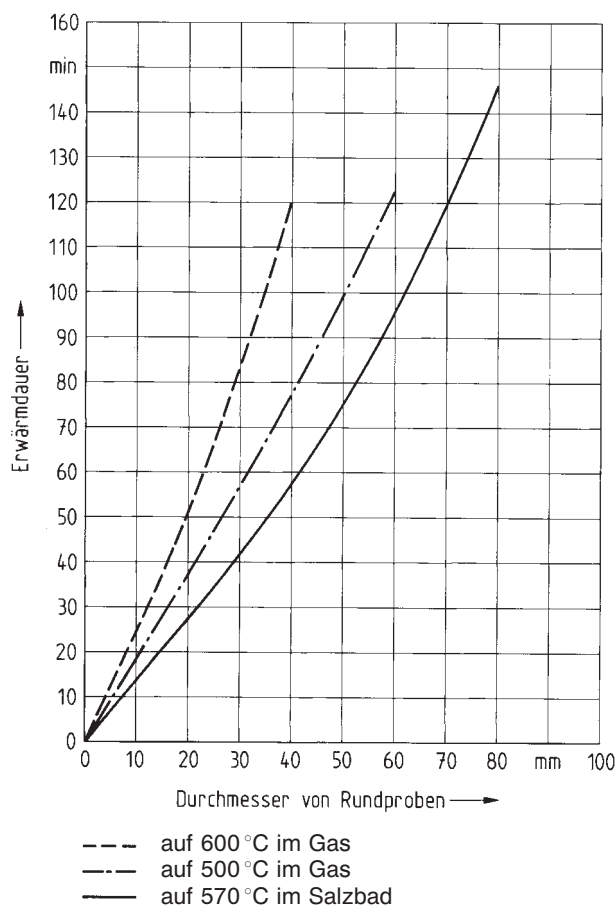


Bild 2: Erwärmdauer in Abhängigkeit von der Abmessung

7.3 Nitrieren

Das Nitrieren wird üblicherweise im Temperaturbereich zwischen 450 und 600 °C, vorzugsweise zwischen 480 und 550 °C durchgeführt. Die Werkstücke befinden sich dabei in dem Stickstoff-abgebenden Behandlungsmittel. Bei Temperaturen über 580 °C kann die Werkstückrandschicht je nach Werkstoff und Stickstoffgehalt austenitisch werden. Beim *Gasnitrieren* ist Ammoniak (NH₃) der Stickstoffspender. Es wird an der Oberfläche der Werkstücke, die als Katalysator wirken, thermisch zersetzt, wobei der freiwerdende atomare Stickstoff teilweise in die Werkstückoberfläche eindiffundiert, teilweise als molekularer Stickstoff Bestandteil der Ofenatmosphäre wird. Die Zersetzung des Ammoniaks findet außer an der Werkstückoberfläche auch an den Innenwänden des Ofens und an den Chargiergestellen statt. Die dabei ablaufende Reaktion



ist mit einer Verdoppelung des Volumens verbunden.

In Abhängigkeit von Temperatur, Begasungsrate, Druck und Oberfläche der Ofencharge stellen sich ein bestimmter Ammoniak-, Wasserstoff- und Stickstoffgehalt ein, wobei sich die Nitrierwirkung mit der Gaszusammensetzung ändert. Daraus ergibt sich, daß die Nitrierwirkung auch durch

Zumischen von Stickstoff oder Wasserstoff geändert werden kann. Beim Oxinitrieren kann die Nitrierwirkung auch durch Zumischen von Sauerstoff oder Luft geändert werden.

Zur Kennzeichnung des Atmosphärenzustands und zur Prozeßkontrolle können verschiedene Größen herangezogen werden. Das einfachste Verfahren ist das Messen des Ammoniakgehalts der Ofenatmosphäre. Daraus läßt sich der Dissoziationsgrad des Ammoniaks bestimmen, wobei allerdings die Volumenverdopplung beachtet werden muß.

Der tatsächliche Dissoziationsgrad α in % ergibt sich aus dem gemessenen Ammoniakgehalt nach Gleichung (2):

$$\alpha = \frac{100 - \text{NH}_3 \text{ gemessen}}{100 + \text{NH}_3 \text{ gemessen}} \cdot 100 \quad (2)$$

Werden in den Ofen außer Ammoniak weitere Gase wie z. B. Wasserstoff und/oder Stickstoff eingeleitet, muß dies bei der Bestimmung des Dissoziationsgrades entsprechend berücksichtigt werden.

Ammoniakgehalt und Dissoziationsgrad sind zur Charakterisierung der Nitrierwirkung nur ungenügend geeignet. Es ist statt dessen üblich, hierzu die Nitrierkennzahl K_N heranzuziehen. Sie ist aus der Zerfallsreaktion des Ammoniaks abgeleitet und ergibt sich nach Gleichung (3)

$$K_N = \frac{p_{\text{NH}_3}}{(p_{\text{H}_2})^{1,5}} \quad (3)$$

aus dem Partialdruckverhältnis der in der Ofenatmosphäre vorhandenen Komponenten Wasserstoff und Ammoniak. Mit steigendem Betrag der Nitrierkennzahl nimmt die Nitrierwirkung der Ofenatmosphäre zu. Dies kann dazu benützt werden, um bei gegebener Temperatur und gegebenem Ofendruck die Nitrierwirkung zu regeln und damit die Zusammensetzung bzw. den Aufbau der Nitrierschicht zu beeinflussen. Hinweise auf die sich in Abhängigkeit von

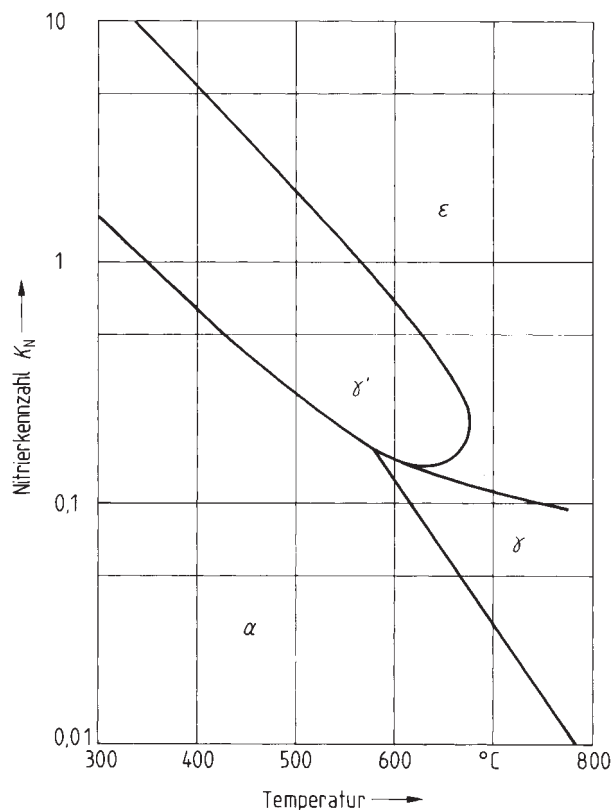


Bild 3: Eisen-Stickstoff-Phasen-Diagramm nach E. Lehrer