

# Normungsgerechte Prüfung wärmebehandelter Bauteile Fehlerfreie Anwendung von Prüfverfahren zur Reklamationsvermeidung

Arnold Horsch, Arnold Horsch e.K., Berghauser Straße 62, 42859 Remscheid  
www.arnold-horsch.de – info@arnold-horsch.de

---

## 1. Einleitung<sup>[1]</sup>

<sup>[1]</sup>Mit der Entwicklung der Wärmebehandlung stellte sich auch immer die Forderung der Überprüfung der wärmebehandelten Bauteile. In der Antike und im Mittelalter gab es eine Prüfung nur im Sinne einer groben Funktionsprüfung von Waffen und Werkzeugen aus Stahl (Metallen). So schlug man mit Schwertern auf Holz oder Stein, um aufgrund der entstandenen Scharten zu entscheiden, ob der Stahl ausreichend hart war.

Mit dem ausgehenden Mittelalter entwickelte sich schrittweise eine quantitative Prüfung zunächst auf dem Gebiet der Mineralogie, die Härteprüfung. Mit der rasanten industriellen Entwicklung des Maschinen- und Eisenbahnbaus entstand in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts das Bedürfnis nach der Werkstoffprüfung von Metallen, um die hergestellte Qualität zu überwachen. Schnell stellte man fest, dass die Härteprüfung eines der wichtigsten Werkstoffprüfverfahren zur Überprüfung von Wärmebehandlungen ist. Jedoch reichte dies alleine nicht aus und es wurde die gesamte Vielfalt der Werkstoffprüfmethoden, die wir heute zur Verfügung haben, entwickelt.

Die Härteprüfung wurde aufgrund Ihrer einfachen und kostengünstigen Anwendung zu der am meisten benutzten Prüfmethode bei der Prüfung wärmebehandelter Bauteile aus Metall. Jedoch ist die Härteprüfung ohne ergänzende und verifizierende Prüfmethoden wie z.B. die metallographischen Untersuchungen, der Zugversuch und Andere nicht 100% sicher und aussagefähig.

Nun stellt sich die Frage, warum soll überhaupt eine detaillierte Überprüfung der Wärmebehandlungsergebnisse am Bauteil durchgeführt werden, wo doch heute mit dem modernen Prozessüberwachungsmitteln die Behandlungsparameter genau eingestellt und überwacht werden können. Scheinbar (und tatsächlich) besteht bei den Anwendern der Wärmebehandlungen immer eine Unsicherheit, ob die Ergebnisse der Wärmebehandlung wirklich dem entsprechen, was in dem Wärmebehandlungsprozess eingestellt wurde. Woran liegt das? Zum einen sind Werkstoffe nicht perfekt <sup>[13]</sup>. Ferner sind die Wärmebehandlungsprozesse, obwohl oft als einfach dargestellt, doch tatsächlich hochkomplexe Verfahren, bei der eine Vielzahl der eingestellten Parameter mit Ihrer Wirkung auf die Bauteile nur schwierig zu überprüfen/überwachen sind. Auch wird die Wärmebehandlung oft als singuläres Einzelereignis in der Produktionskette betrachtet, ohne die Einflüsse aller vorausgehenden Prozessschritte zu betrachten. Hier gibt es den wunderschönen Satz: „Der Härter (Wärmebehandler) ist schuld“. Ist er das wirklich?

Selbstverständlich können im Wärmebehandlungsprozess viele Dinge nicht einwandfrei funktionieren und zu fehlerhaften Teilen führen. Mit den heute üblichen Methoden der Prozessüberwachung, der FMEA usw. werden diese aber bereits im Vorfeld analysiert und gute Fehlervermeidungsstrategien eingesetzt. Entscheidend ist auch die vorhandene große Erfahrung der Betreiber der Wärmebehandlungsanlagen, die über viele Jahre anlagenspezifisch die Prozesse optimiert haben. So wird ein neuer Ofen/Prozess nicht einfach mit guten Teilen angefahren, sondern der Wärmebehandler probiert erst einmal mit wenigen Gutteilen und vielen Schrottteilen die Anlage aus und überprüft, ob die Anlage auch das macht, was von ihr erwartet wird.

Werden die vorausgehenden Prozessschritte nicht bei der Wärmebehandlung mit betrachtet, kann der Wärmebehandler nur für die von ihm durchgeführten Prozessschritte die Verantwortung übernehmen. Da er nur einen erprobten Prozess zur Verfügung stellt, den er entsprechend überwacht, kann er nicht die Verantwortung für den Gesamtprozess der Fertigung tragen. Dies gilt besonders dann, wenn die vorher durchgeführten Prozessschritte die Ursache von Fehlern sind, die erst bei der Wärmebehandlung zum Tragen kommen.

Die Prüfung der wärmebehandelten Teile ist nun wieder ein vollkommen anderes Thema. Genau wie zur korrekten Wärmebehandlung eine richtige Wärmebehandlungsvorschrift erforderlich ist, ist für die Prüfung auch die korrekte Prüfvorschrift erforderlich. Woher bekommt aber der Prüfer die Informationen zur korrekten Prüfvorschrift? Diese ergibt sich im Wesentlichen aus der korrekten Zeichnungsangabe, in der die Wärmebehandlungsangaben zusammen mit den Prüfvorschriften dargestellt sind.

Diese korrekten und richtigen Zeichnungsangaben sind jedoch in vielen Fällen das größte Problem für den Prüfer und den Wärmebehandler. Alle hier nicht eindeutig oder fehlerhaft gemachten Angaben führen beim Prüfen zu Fehlinterpretationen der Vorschrift oder zur falschen Einschätzung der Prüfergebnisse. Aus diesem Grund fängt die richtige und korrekte Prüfung wärmebehandelter Bauteile nicht nach dem Wärmebehandlungsprozess an, sondern vor dem Wärmebehandlungsprozess mit der Kontrolle der Zeichnungsangaben zur Wärmebehandlung, den Prüfvorschriften und einer Wareneingangskontrolle. Alle nicht korrekten Angaben führen später zu Missverständnissen und Problemen.

## 2. Allgemeines zum Prüfen

<sup>[1]</sup>Aufgrund der Vielzahl der Wärmebehandlungsverfahren, Bild 1, kann nicht ein Verfahren als Standardprüfverfahren definiert werden. Für die Überprüfung wärmebehandelter Bauteile werden in der täglichen Praxis jedoch nicht alle Werkstoffprüfverfahren eingesetzt. Im Bild 2 ist die durchschnittliche Verteilung der eingesetzten Prüfverfahren in Wärmebehandlungsbetrieben wiedergegeben. Natürlich kann sich in einzelnen Betrieben der Einsatz der Verfahren deutlich unterscheiden. Am meisten eingesetzt werden die Härteprüfung und die metallographischen Untersuchungen. Oft besteht die Prüfung auch aus einer Kombination beider Prüfmethoden z.B. bei der Härtetiefenbestimmung. Zu beachten ist, dass auch die anderen Prüfmethoden - wie der Zugversuch - zur Prüfung vergüteter Bauteile / Verbindungselemente und zerstörungsfreie Prüfungen - wie die Magnetinduktive (Wirbelstrom) Prüfung - je nach Anwendungsfall eingesetzt werden müssen.

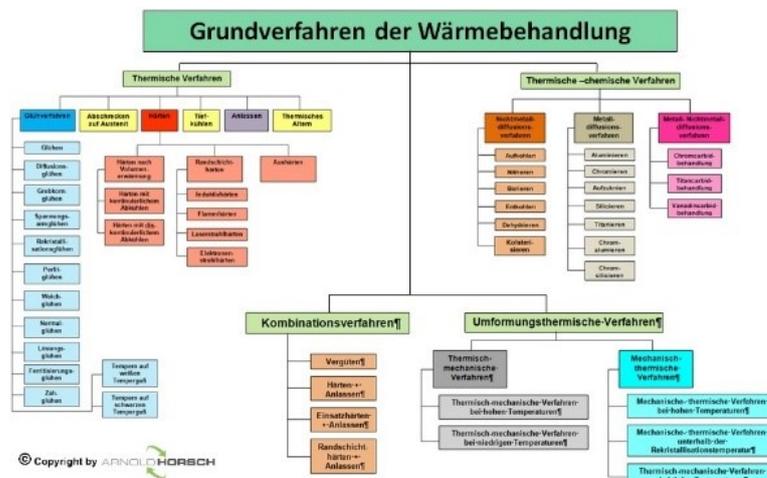


Bild 1 Grundverfahren der Wärmebehandlung [2]

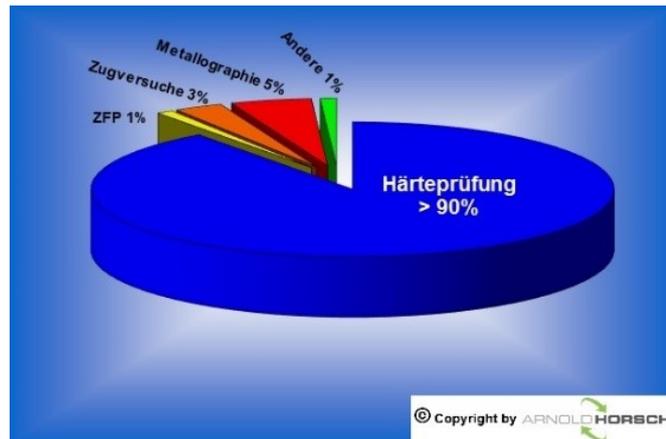


Bild 2 Verteilung der angewendeten Prüfmethoden [3]

### 3. Überwachung

Beim Prüfen wird zwischen einer Wareneingangskontrolle und der Produktionsüberwachung unterschieden.

#### 3.1. Wareneingangskontrolle

Für Dienstleistungen wie Lohnwärmebehandlungen kann im eigentlichen Sinne keine Wareneingangsprüfung beim Kunden erfolgen, da es sich um einen Dienst- oder Werkvertrag handelt. Hier muss ein Wärmebehandler in jedem Einzelfall mit dem Kunden, seiner Haftpflichtversicherung und seinem Rechtsberater prüfen, ob er seinen Kunden aus der Pflicht der Überprüfung der durchgeführten Dienstleistung / Werkvertrag entlässt. Auch sollte im Vorfeld vereinbart werden, dass der Wärmebehandler nur für die Durchführung der Wärmebehandlung verantwortlich ist und nicht auch für das Ergebnis, wie es beim Werkvertrag festgelegt ist<sup>[1]</sup>.

Natürlich sollte beim Eingang der Ware in die Härtereieine Wareneingangskontrolle auf Stückzahl, Anlieferungszustand usw. erfolgen.

#### 3.2. Produktionsüberwachung

Jeder Hersteller von Produkten und Anbieter von Dienstleistungen ist verpflichtet im Rahmen der Produkthaftung eine ausreichende Prüfung der gefertigten Bauteile oder eine Überprüfung seiner Dienstleistung (z.B. Wärmebehandlung) durchzuführen. Eine Überprüfung von Produkten und Dienstleistungen entsprechend gültiger Normen und Vorschriften ist erforderlich<sup>[4]</sup>.

### 4. Fachbegriffe und Normen

#### 4.1. Fachbegriffe

Um eine einwandfreie Prüfung durchzuführen muss eine Sprache gesprochen werden, um Missverständnisse zu vermeiden. Selbstverständlich ist, sich an die in den Regeln der Technik benutzten Fachwörter (Terminus Technicus) zu halten und keine anderen Pseudo- oder Phantasiebezeichnungen zu benutzen, was aber leider nicht immer der Fall ist. Die Fachbegriffe zur Wärmebehandlung und Prüfung sind in Normen, Kompendien und Fachbüchern verzeichnet.

Dort, wo es Normen gibt, z.B. DIN EN ISO 4885<sup>[14]</sup>, sind die korrekten Normbegriffe zu verwenden. Gibt es diese nicht, sollte man sich an die in den Fachbüchern verwendeten Fachbegriffe halten. Beim im Internet gefundenen Begriffen und Beschreibungen ist Vorsicht geboten. Nicht Alles ist korrekt, das Lesen in Büchern ist hilfreich und informativ. Ohne Literaturangabe sollten keine Begriffe verwendet werden.

Durch das falsche Anwenden der entsprechenden Fachbegriffe können die verschiedensten Fehlinterpretationen entstehen<sup>[7]</sup>.

#### 4.2. Normung

Zur Überwachung wärmebehandelter Bauteile gibt es eine große Anzahl von DIN – EN – ISO –ASTM – Normen, die hier nicht alle aufgezählt werden können.

Prüfer/Prüflabor als Fachmann/Experte sollten alle relevanten Normen kennen und deren Anwendung beherrschen. Neben den reinen Prüfnormen müssen auch die Produktnormen bei der Prüfung herangezogen werden, da diese wichtige Angaben zur Prüfung, Prüfbedingungen und Prüfergebnissen enthalten können<sup>[1]</sup>.

Zeichnungsangaben sollten immer nach DIN 15787<sup>[9]</sup>, Prüfvorschriften entweder mit einem Hinweis auf eine Produktnorm oder in Abstimmung zwischen den beteiligten Parteien, erstellt werden.

Die wichtigsten Prüfnormen zur Wärmebehandlungsüberwachung sind:

DIN EN ISO 6506	Metallische Werkstoffe-Härteprüfung nach Brinell, Teil 1-4
DIN EN ISO 6507	Metallische Werkstoffe-Härteprüfung nach Vickers, Teil 1-4
DIN EN ISO 6508	Metallische Werkstoffe-Härteprüfung nach Rockwell, Teil 1-3
DIN EN ISO 6892	Metallische Werkstoffe – Zugversuch, Teil 1-4
DIN EN 10045	Metallische Werkstoffe; Kerbschlagbiegeversuch nach Charpy
DIN EN ISO 2639	Stahl-Bestimmung und Prüfung der Einsatzhärtungstiefe
DIN EN 10328	Eisen und Stahl-Bestimmung der Einhärtungstiefe nach dem Randschichthärten
DIN 50190	Härtetiefe wärmebehandelter Teile, Teil 3 - Ermittlung der Nitrierhärtetiefe
DIN 30901	Wärmebehandlung von Eisenwerkstoffen - Ermittlung der Tiefe und Ausbildung der Randoxidation
DIN 30902	Lichtmikroskopische Bestimmung der Dicke und Porigkeit der Verbindungsschichten nitrierter und nitrocarburiertes Werkstücke

Viele große Firmen haben eigene Normenwerke und Produktspezifikationen zur Prüfung herausgegeben. Diese sollte sich der Prüfer/Prüflabor beim Kunden beschaffen. Oftmals verlangt der Kunde, dass der Prüfer/Prüflabor sich selbst darum kümmern muss, die aktuelle Ausgabe dieser Werknormen zu beschaffen.

#### 5. Prüfung Wärmebehandelter Bauteile

Werden Bauteile geprüft, sollte es vermieden werden, Dinge zu prüfen, die nicht gefordert sind. Unter Umständen kann die Prüfung aber erforderlich sein, um festzustellen, ob der durchgeführte Prozess einwandfrei funktioniert hat.

**Nicht alles, was man zählen kann, zählt auch und nicht alles, was zählt, kann man zählen<sup>[8]</sup>.**

Um eine sichere und normgerechte Prüfung durchzuführen, ist es zunächst erforderlich, dass eine normgerechte Prüfvorschrift vorhanden ist. Die Anwendung DIN ISO 15787<sup>[9]</sup> sollte hierbei immer beachtet werden.

##### 5.1. Allgemeines zur Prüfung

###### 5.1.1. Erforderliche Informationen zur Prüfung

Bevor ein Bauteil oder Halbzeug geprüft wird, müssen folgende Informationen vorhanden oder zugänglich sein<sup>[1]</sup>:

- Zeichnungs- und / oder Bestellvorschrift
- welcher Werkstoff wurde eingesetzt
- welches Wärmebehandlungsverfahren wurde durchgeführt

- alle mitgeltenden Werkstoff-, Produkt-, Prüf-, Werksnormen und Liefervorschriften.  
Hier sind alle Normen und mitgeltenden Dokumente gemeint. Immer beim Auftraggeber versichern, welche Vorschriften mitgelten sollen.

Seien Sie bei der Beschaffung dieser Informationen sorgfältig. Rechtlich schützt Unwissenheit nicht vor Strafe (Ignorantia legis non excusat). Der Prüfer/Prüflabor als Fachmann/Experte muss wissen, dass es weitere Prüfvorschriften geben kann und er muss sich diese beschaffen (Holschuld). Prüfer/Prüflabor als Fachmann/Experte kann für alles verantwortlich sein, was der Auftraggeber nicht weiß. Er hat sich ja an Sie, den Fachmann/Experte gewandt, weil er davon ausgehen kann, dass Sie ihn darüber informieren werden, wenn noch weitere Informationen erforderlich sind. Verhalten Sie sich nicht wie ein Fachmann/Experte, kann dies weitreichende rechtliche Folgen haben.

### 5.1.2. Prüfung wärmebehandelter Bauteile, Grundregeln

Die wichtigsten Grundregeln, die bei der Prüfung von Bauteilen immer beachtet werden sollten, sind <sup>[1]</sup>:

- prüfen Sie ob alle Prüfvorschriften und mitgeltenden Unterlagen vorhanden oder zugänglich sind
- lesen Sie die Prüfvorschriften und mitgeltenden Unterlagen
- führen Sie nie eine Prüfung durch, wenn Sie nicht verstanden haben, was geprüft werden soll, weil z.B. die Prüfvorschrift unklar ist
- führen Sie eine Prüfung nicht durch, wenn unklar ist, wie das Prüfverfahren anzuwenden ist
- geben Sie nur Prüfwerte ab, die gefordert sind und bei denen Sie sich sicher sind, das Sie richtig geprüft wurden

### 5.1.3. Prüfpositionen

Die Prüfposition für die Überprüfung der Wärmebehandlung sollte nach DIN ISO 15787 auf der Zeichnung angegeben werden<sup>[9]</sup>, beispielhaft in Bild 3 für ein vergütetes Bauteil dargestellt.

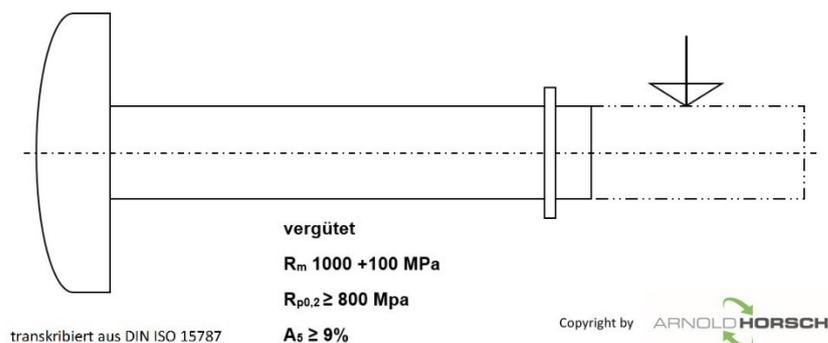


Bild 3 – Angabe der Prüfstelle an einem vergüteten Bolzen,  
mit Angabe der Zugfestigkeitskennwerte

#### 5.1.3.1. Härteangaben

Es wird unterschieden zwischen Oberflächenhärte, Kernhärte und Härtewerten<sup>[9]</sup>.

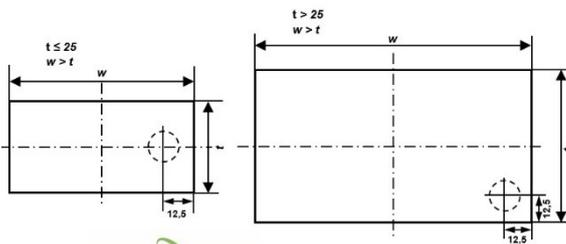
#### 5.1.3.2. Oberflächenhärte<sup>[9]</sup>

Die Oberflächenhärte sollte als Vickershärte in Übereinstimmung mit ISO 6507-1, als Brinellhärte in Übereinstimmung mit ISO 6506-1 oder als Rockwellhärte in Übereinstimmung mit ISO 6508-1 angegeben werden. In den Fällen, in denen die Teile im wärmebehandelten Zustand an der Oberfläche Bereiche mit unterschiedlicher Härte aufweisen müssen, sind zusätzliche Härtewerte anzugeben.

### 5.1.3.3. Kernhärte<sup>[9]</sup>

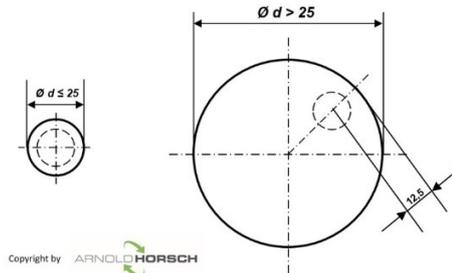
Die Kernhärte ist in die Zeichnung einzutragen, wenn dies notwendig und ihre Prüfung vorgeschrieben ist. Die Kernhärte sollte als Vickershärte in Übereinstimmung mit ISO 6507-1, als Brinellhärte in Übereinstimmung mit ISO 6506-1 oder als Rockwellhärte (Verfahren B und C) in Übereinstimmung mit ISO 6508-1 angegeben werden<sup>[2]</sup>.

- Zur Prüfung der Kernhärte ist eine Zerstörung oder Beschädigung des Werkstücks unumgänglich. Gegebenenfalls kann die Prüfung an einer zu diesem Zweck zusammen mit den Werkstücken wärmebehandelten Kontrollprobe vorgenommen werden.
- Die Kernhärte wird nicht zwingend im Kern des Bauteiles bestimmt. Verschiedene Produkt - und Werkstoffnormen definieren den Kern z.B. an einer bestimmten Stelle unterhalb der Oberfläche. Die DIN EN 10083, hat in den Lieferbedingungen die in Bild 4+5 wiedergegebenen Prüfpositionen für die Festigkeitsprüfung festgelegt.



Copyright by ARNOLD HORSCH

Bild 4 – Prüfposition für Flachmaterial



Copyright by ARNOLD HORSCH

Bild 5 - Prüfposition für Rundmaterial

### 5.1.3.4. Härtewerte / Toleranz<sup>[1]</sup>

Allen Härtewerten muss eine Toleranz zugeordnet werden. Die Toleranzen sollten *größtmöglich* sowie *funktionsgerecht* sein. Bild 6 gibt die erforderlichen Mindest-Toleranzwerte für eine sichere Prüfung wieder

Prüfverfahren	mind. Toleranz	Beispiel	Erklärung
<b>HV 10</b>	mindestens + 100 HV	700 + 100 HV 10	Eine Toleranzangabe kleiner 100 HV ist nur schwer zu prüfen, wenn auch noch die Messunsicherheit in die Betrachtung einbezogen wird.
<b>HB 2,5/187,5</b>	mindestens + 50 HB	350 + 50 HB 2,5/187,5	Eine Toleranzangabe kleiner 50 HB ist nur schwer zu prüfen, wenn auch noch die Messunsicherheit in die Betrachtung einbezogen wird.
<b>HRC</b>	mindestens + 4 HRC	58 + 4 HRC	Toleranzen kleiner 4 Rockwelleinheiten sind nicht sicher Prüfbar, wenn auch noch die Messunsicherheit in die Betrachtung einbezogen wird. Die Toleranz sollte mind. 4 Rockwelleinheiten oder größer sein.
<b>Rm</b>	mindestens + 150 MPa	800 + 150 MPa	Eine Toleranzangabe kleiner 150 MPa ist nur schwer zu prüfen, wenn auch noch die Messunsicherheit in die Betrachtung einbezogen wird.

Bild 6 – Erforderliche min. Toleranzen zur Werkstoffprüfung

### 5.1.3.5. Prüfung der Oberflächenhärte

Die Prüfung der Oberflächenhärte sollte nach DIN ISO 15787 erfolgen, siehe Norm hierzu Tabelle A.1, A.2 und A.3, als Beispiel hier Tabelle A.3 in Bild 7.

Mindest-Härtetiefe SHD, CHD mm	Oberflächenmindesthärte in HRA oder HRC							
	70 bis 75 HRA	>75 bis 78 HRA	>78 bis 81 HRA	> 81 HRA	40 bis 49 HRC	>49 bis 55 HRC	>55 bis 60 HRC	>60 HRC
0,4	-	-	-	HRA	-	-	-	-
0,45	-	-	HRA	HRA	-	-	-	-
0,5	-	HRA	HRA	HRA	-	-	-	-
0,6	HRA	HRA	HRA	HRA	-	-	-	-
0,8	HRA	HRA	HRA	HRA	-	-	-	HRC
0,9	HRA	HRA	HRA	HRA	-	-	HRC	HRC
1,0	HRA	HRA	HRA	HRA	-	HRC	HRC	HRC
1,2	HRA	HRA	HRA	HRA	HRC	HRC	HRC	HRC

Bild 7 – DIN ISO 15787 - Tabelle A.3

Härteprüfverfahren in Abhängigkeit von Härtetiefe und Oberflächenhärte[9]

Grundsätzlich sollte immer die höchstmögliche Prüfkraft zur Oberflächenhärteprüfung eingesetzt werden. Die Regel der Technik in der Härteprüfung ist immer, die max. mögliche Prüfkraft einzusetzen.

### 5.1.3.6. Anmerkung

Die Angabe der Härte zur Überprüfung eines Bauteils, kann allein nicht ausreichen. Um eine sichere Überprüfung des Wärmebehandlungszustandes zu erreichen, kann es oft erforderlich sein, eine Prüfung aus mindestens 2 Prüfungen wie Härte + metallographischer Untersuchung durchzuführen<sup>[8]</sup>

- die Härte kann durch verschiedene Prozessvorgaben erfüllt werden, z.B. Zwischenstufenvergüten versus Härten und Anlassen, dies führt durchaus zu gleichen Härtewerten
- eine Zeichnungsangabe sollte also auch immer den Wärmebehandlungszustand enthalten

### 5.1.4. Umwertung von Härte- und Festigkeitswerten

Die Umwertung von Härtewerten in

- andere Härtewerte
- Zugfestigkeitsangaben

ist ein weit verbreitetes Verfahren. Die Umwertung ist vor der Anwendung zu vereinbaren. Es sollte auch festgelegt werden, welche Normtabelle (Umwertungstabelle) für den genannten Werkstoff eingesetzt wird.

- zwischen Härteprüfung und Zugversuch bestehen hinsichtlich der Werkstoffbeanspruchung wesentliche Unterschiede
- es ist nicht möglich, mittels eines Modells gesicherte funktionale Beziehungen zwischen beiden Kennwerten abzuleiten
- Härte und Zugfestigkeit sind jedoch positiv korreliert
- es ist möglich, für eingeschränkte Gültigkeitsbereiche empirische Beziehungen aufzustellen
- die Unsicherheit eines Umwerteergebnisses kann beträchtlich sein, besonders wenn die systematische Abweichung der Härteprüfmaschine nicht berücksichtigt wird

Im nachfolgenden Bild 8, ist schematisch der Zusammenhang der verschiedenen Werkstoffprüfverfahren zur Umwertung wiedergegeben. Deutlich ist sichtbar, dass die einzelnen Verfahren keine linear-parallelen Beziehungen aufweisen.

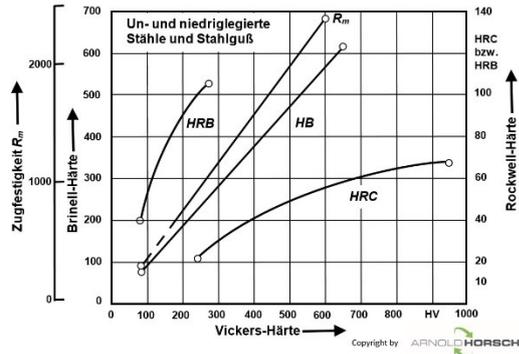


Bild 8 – Umwertungsbeziehung der verschiedenen Werkstoffprüfverfahren<sup>[11]</sup>

Unbedingt zu beachten ist, dass bei der Anwendung von Umwertungen die richtige Schreibweise durchgeführt wird. In der DIN EN ISO 18265 ist die Schreibweise für Umwertung genau geregelt. Wird umgewertet ohne anzugeben, dass umgewertet wurde, ist der abgegebene Prüfwert nicht verwertbar und ungültig. Bild 9+10 geben die gültige Schreibweise einer Umwertung wieder.

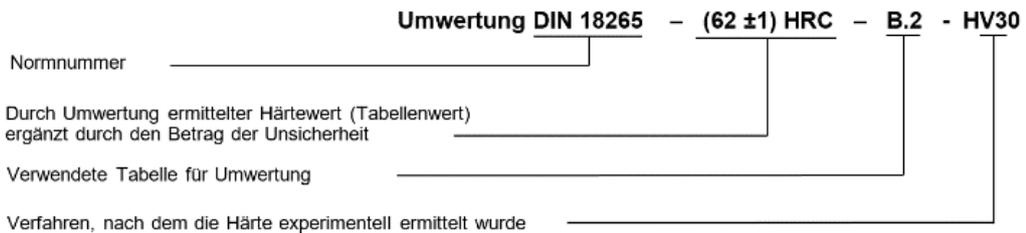


Bild 9 - Beispiel 1 - Schreibweise Umwertung HV30 in HRC

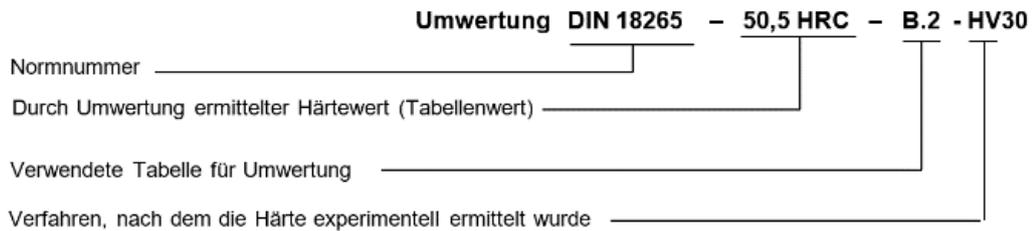


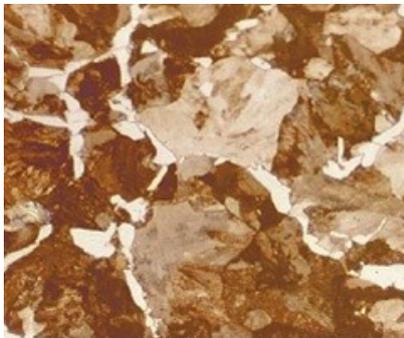
Bild 10 - Beispiel 2 - Schreibweise Umwertung HV30 in HRC

## 5.2. Prüfung vergüteter Bauteile

Die Prüfung vergüteter Bauteile ist eine Prüfung auf verschiedenen Eigenschaften die beim Vergüten erreicht werden sollen. Dies können sein:

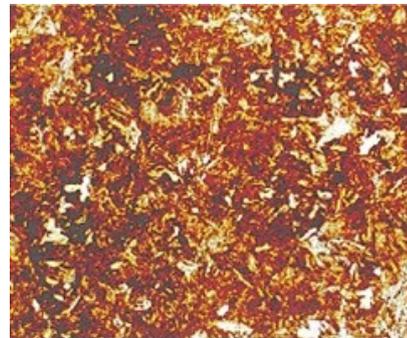
- $R_m$  - MPa = Zugfestigkeit
- $R_{p0,2}$  - MPa = Dehngrenze
- A - % = Bruchdehnung
- Z - % = Einschnürung
- W - J = Kerbschlagarbeit
- HB - HB = Brinellhärte
- Gefügezusammensetzung (Metallographie)

Es ist gut zu erkennen, dass die Überprüfung einer Vergütung nicht mit einer einfachen Härteprüfung erledigt ist. Wird nur eine Härteprüfung durchgeführt, sollte noch ein metallographischer Schliff durchgeführt werden, um sicher zu erkennen, dass ein Vergütungsgefüge vorliegt. Das Beispiel<sup>[10]</sup> in Bild 11+12 zeigt die Tücke, die hinter einer reinen Härteprüfung zur Prüfung des Vergütungsergebnisses liegen kann, wenn das falsche Gefüge vorliegt. Beide Gefügeausbildungen weisen einen großen überlappenden Härtebereich auf.



1.7220 +OT - 34 CrMo 4 +OT - 500:1

Copyright by ARNOLD HORSCH



1.7220 +OT - 34 CrMo 4 +OT - 500:1

Copyright by ARNOLD HORSCH

Bild 11 - 228 – 266 HB,  $R_m$  770 – 900 MPa  
Feinstlamellarer Perlit mit Ferrit,  
Abgekühlt aus der Schmiedehitze

Bild 12 - 238 – 276 HB,  $R_m$  800 – 930 MPa  
hoch angelassener Martensit,  
Vergütet mit Vergütungsgefüge

Da Vergütungsstähle meist nach DIN EN 10083 geliefert werden, findet man in dieser Norm die Werte, die eine Probe einhalten muss, wenn sie vergütet sein soll.

## 5.3. Prüfung gehärteter Bauteile

Die Prüfung gehärteter Bauteile ist meistens eine einfache Prüfung auf Rockwell - Brinell - Vickershärte. Zu unterscheiden ist die Prüfung der

- Oberflächenhärte - geprüft an der Bauteiloberfläche
- Kernhärte - geprüft im Kern des Bauteils

Üblicherweise wird die Prüfung gehärteter Bauteile immer aus mind. einem Prüfschritt bestehen, die Prüfung der Härte entsprechend der Vorschrift.

Weitere Prüfungen können sein:

- metallographische Untersuchungen zur Bestimmung der Gefügezusammensetzung
- Bestimmung der Entkohlungstiefe
- Bestimmung der Oxydschichtdicke

Das Beispiel<sup>[10]</sup> Bild 13+14 zeigt auch hier die Gefahr, die hinter einer alleinigen Härteprüfung der Bauteile stecken kann, wenn das falsche Gefüge vorliegt. Beide Gefügeausbildungen weisen fast die gleiche Härte auf. Die Härteprüfung reicht also hier als alleinige Prüfmethode nicht aus, um eine Aussage über die Qualität zu treffen.

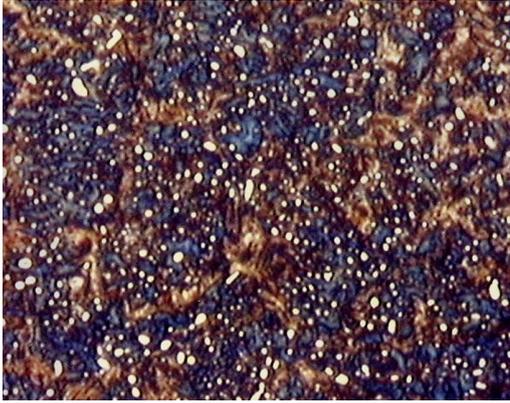


Bild 13 - 100Cr6 gehärtet und angelassen 1000:1  
 Karbide im angelassenen strukturlosen Martensit  
 Restaustenitgehalt  $\leq 15\%$ ,  $\approx 60-61$  HRC  
 Härtegefüge i.O.



Bild 14 - 100Cr6 gehärtet und angelassen 1000:1  
 Grobadeliger Martensit Karbide aufgelöst  
 Restaustenitgehalt  $\approx 25-30\%$ ,  $\approx 60$  HRC  
 Härtegefüge nicht i.O.

#### 5.4. Prüfung oberflächengehärteter Bauteile

Bei der Prüfung oberflächengehärteter Bauteile besteht die Prüfung immer aus mind. zwei Prüfschritten

- normgerechte Prüfung der *Oberflächenhärte*
- normgerechte Bestimmung der *Härtetiefe* entsprechend der gültigen Normen

weitere Prüfungen können sein

- Prüfung der Kernhärte
- metallographische Untersuchungen zur Bestimmung der CLT, Randoxydation und oder der Gefügezusammensetzung

In Tabelle 1 sind die wichtigsten Begriffe und Abkürzungen, die in Zeichnungen vorhanden sein können, kurz erläutert. Ebenfalls angegeben wurden noch gängige, aber nicht mehr normgerechte ältere Bezeichnungen.

Tabelle 1

Neu	Alt	Beschreibung
CD	AT	<b>Aufkohlungstiefe</b> - Carburization depth Tiefe der Aufkohlung, zur Prüfung der Aufkohlungstiefe CD wird die Probe normalerweise in Schritten von 0,1mm in die Tiefe zerspannt und die Späne werden auf den C-Gehalt analysiert.
CHD	Eht	<b>Einsatzhärtungs-Härtetiefe</b> - Case hardening depth Tiefe der Einsatzhärtung, bestimmt mittels zweier Härteverläufe nach DIN EN ISO 2639.
CLT	VS	<b>Verbindungsschichtdicke</b> - Compound layer thickness Dicke der Verbindungsschicht, bestimmt nach DIN 30902, mittels eines metallographischen Schlifffes.
NHD	Nht	<b>Nitrier-Härtetiefe</b> - Nitriding hardness depth Tiefe der Nitrierung, bestimmt mittels eines Härteverlaufes nach DIN 50190 Teil 3.
SHD	DS - Rht	<b>Einhärtungs-Härtetiefe</b> - Surface hardening depth Tiefe der Oberflächenhärtung, bestimmt mittels eines Härteverlaufes nach DIN EN 10328.

##### 5.4.1. Prüfung der Oberflächenhärte, Oberflächengehärteter Bauteile

Die Prüfung der Oberflächenhärte, Oberflächengehärteter Bauteile verlangt als erstes eine korrekte Prüfvorschrift. Darin sollte die Prüflast der Oberflächenhärte möglichst mit der max. möglichen Prüflast vorgegeben werden. Siehe Kap. 4.1.3.5.

Zur Bestimmung der Oberflächenhärte sind keine besonderen Vorkehrungen zu treffen. Evtl. vorhandene Randoxydationen und Porensäume sollten vor der Prüfung

abgeschliffen werden, da hierdurch die Härteverläufe verfälscht werden können. Die Prüfung der Oberflächenhärte wird nach den folgenden Normen durchgeführt -

- DIN EN ISO 6507 - Metallische Werkstoffe-Härteprüfung nach Vickers
- DIN EN ISO 6508 - Metallische Werkstoffe-Härteprüfung nach Rockwell

#### 5.4.2. Prüfung der Einsatzhärtungs-Härtetiefe - CHD

Die Prüfung der CHD erfolgt nach DIN EN ISO 2639, die detaillierten Bedingungen der CHD Bestimmung sind zu beachten.

- Zur Bestimmung der CHD ist ein Querschliff anzufertigen, an dem die Härteverläufe (Bild 14) erstellt werden, die CHD wird dann in der Grafik an der Schnitlinie der Kurve bei 550 HV 1 bestimmt.
- Die Streuungen von CHD Messungen können beträchtlich sein, insbesondere wenn mehrere Prüfgeräte eingesetzt werden. Bild 15 zeigt Ergebnisse eines Ringversuches<sup>[12]</sup>.

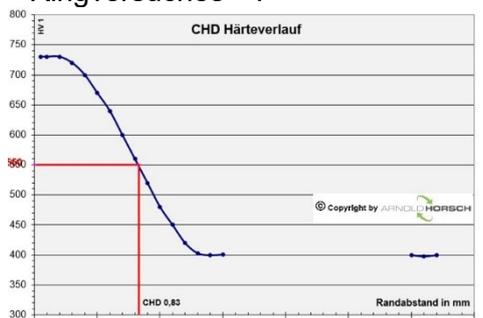


Bild 14 - CHD Verlauf mit Kernhärte

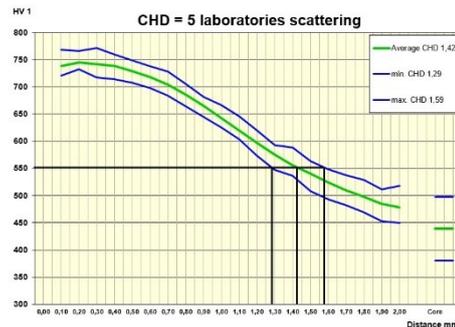


Bild 15 - CHD Verlauf

Streuung 0,3 mm beim Ringversuch an einer Probe<sup>[12]</sup>

#### 5.4.2.1. Prüfung der Randoxydation

Wird eine Ermittlung der Randoxydation nach DIN 30901 gefordert, ist hierzu ein Schliff zu erstellen, an dem mit ausreichender Sicherheit die Randoxydation bestimmt werden kann.

#### 5.4.3. Prüfung der Einhärtungs-Härtetiefe – SHD

Die Prüfung der SHD erfolgt nach DIN EN 10328, die detaillierten Bedingungen der SHD Bestimmung sind zu beachten.

- Zur Bestimmung der SHD ist ein Querschliff anzufertigen, an dem die Härteverläufe (Bild 16) erstellt werden, die SHD wird dann in der Grafik an der Schnitlinie der Kurve beim festgelegten Wert mit HV 1 bestimmt.
- Die Streuungen von CHD Messungen können beträchtlich sein, insbesondere wenn mehrere Prüfgeräte eingesetzt werden. Bild 17 zeigt Ergebnisse eines Ringversuches<sup>[12]</sup>.

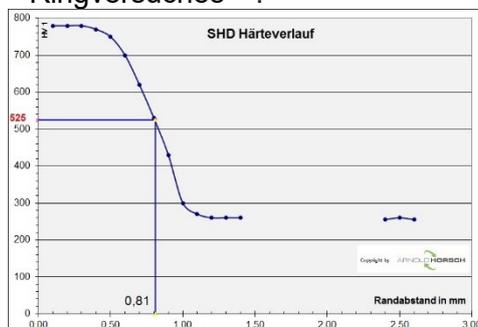


Bild 16 - SHD Verlauf mit Kernhärte

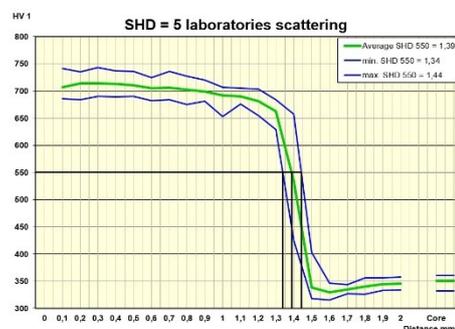


Bild 17 - SHD Verlauf

Streuung 0,1mm beim Ringversuch an einer Probe<sup>[12]</sup>

#### 5.4.4. Prüfung der Nitrier-Härtetiefe - NHD

Die Prüfung der NHD erfolgt nach DIN 50190 Teil 3, die detaillierten Bedingungen der NHD Bestimmung sind zu beachten.

- Zur Bestimmung der NHD ist ein Querschliff anzufertigen, an dem die Härteverläufe (Bild 20) erstellt werden, die NHD wird dann in der Grafik an der Schnittlinie der Kurve beim festgelegten Wert mit HV 0,5 bestimmt.
- Die Streuungen von NHD Messungen können beträchtlich sein, insbesondere wenn mehrere Prüfgeräte eingesetzt werden. Bild 21 zeigt Ergebnisse eines Ringversuches<sup>[12]</sup>.

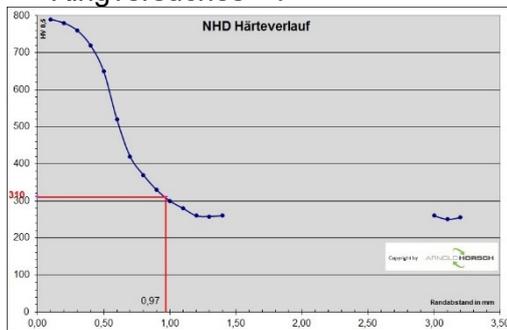


Bild 20 - NHD Verlauf mit Kernhärte

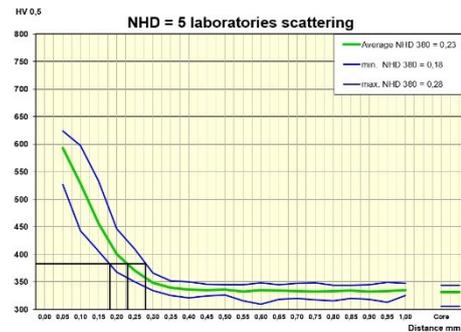


Bild 21 - NHD Verlauf

Streuung 0,1 mm beim Ringversuch an einer Probe<sup>[12]</sup>

##### 5.4.4.1. Prüfung der Verbindungsschicht CLT

Wird eine Ermittlung der Verbindungsschichtdicke - CLT nach DIN 30902 gefordert ist hierzu ein Schliff zu erstellen, an dem mit ausreichender Sicherheit die Verbindungsschichtdicke - CLT bestimmt werden kann.

## 6. Zusammenfassung

Die Prüfung wärmebehandelter Bauteile und Halbzeuge sollte immer sorgfältig entsprechend der gültigen Normen und Regelwerke erfolgen. Der Prüfer/Prüflabor müssen die aktuellen Normen und Regelwerke kennen und vor Ort vorliegen haben.

So wie zur korrekten Wärmebehandlung eine richtige Wärmebehandlungsvorschrift erforderlich ist, ist für die Prüfung auch die korrekte Prüfvorschrift erforderlich. Die richtige und korrekte Prüfung wärmebehandelter Bauteile beginnt nicht erst nach dem Wärmebehandlungsprozess sondern schon vorher mit der Kontrolle der Zeichnungsangaben zur Wärmebehandlung und den Prüfvorschriften. Alle hier falsch gemachten Angaben führen später zu Missverständnissen und Reklamationen.

Wird außerhalb der Normen und Regelwerke geprüft, ist dies immer im Prüfbericht zu erwähnen und die entsprechenden Abweichungen von den Normen und Regelwerke sind deutlich kenntlich zu machen.

Die Streuungen der Prüfergebnisse zwischen verschiedenen Prüfstellen können erheblich sein, besonders wenn die systematischen Abweichungen der Prüfmaschinen nicht beachtet werden<sup>[12]</sup>.

Die Umwertung von Härtewerten sollte - wenn möglich - unterlassen werden, Umwertungen sind eine zusätzliche Fehlerquelle.

Alle Prüfer sollten eine regelmäßige Fortbildung zum Thema Prüfen erhalten. Hiermit wird gewährleistet, dass der Wissensstand der Prüfer/Prüflabor aktuell gehalten wird.

## 7. Literatur

- [1] Arnold Horsch e.K. Wissensdatenbank - Prüfung wärmebehandelter Bauteile, <http://wiki.arnold-horsch.de/index.php/Hauptseite>, 08.04.2017
- [2] H.J. Eckstein Herausgeber, Technologie der Wärmebehandlung von Stahl, VEB Verlag für Grundstoffindustrie, Leipzig
- [3] Arnold Horsch, "Grundlagen der Härteprüfung", Vortrag, 63. Härtereikolloquium, Wiesbaden, 2007
- [4] Hippel, Eike, von, Verbraucherschutz, 3., Neubearbeitete Auflage, Tübingen, Mohr, 1986
- [5] Handelsgesetzbuch, 4. Buch - Handelsgeschäfte (§§ 343 - 475h), 2. Abschnitt - Handelskauf (§§ 373 - 382)
- [6] BGH Urt. v. 17.9.2002, X ZR 248/00; Lenz, Produkthaftung, 2014, § 3 Rn. 124
- [7] Glossar, Fachwortsammlung für die Eisen- und Stahlindustrie, kostenlos anfordern, unter - [info@arnold-horsch.de](mailto:info@arnold-horsch.de)
- [8] Peter Schiefer, STA GTS Heat Treat Specialist Europe, Ford-Werke GmbH, Köln
- [9] DIN ISO 15787-2010-01, Technische Produktdokumentation - Wärmebehandelte Teile aus Eisenwerkstoffen - Darstellung und Angaben
- [10] Arnold Horsch, „Zerstörungsfreie Härte-/Gefügeprüfung wärmebehandelter Massenteile mit magnetinduktiven Verfahren“, Härtereikongress, Köln, 2015
- [11] Volker Läßle, Berthold Drube, Georg Wittke, Catrin Kammer, Werkstofftechnik Maschinenbau – 5. Auflage, VERLAG EUROPA-LEHRMITTEL, Haan-Gruiten
- [12] Arnold Horsch, Thomas Asam, „Reproduzierbarkeit der Härtetiefenbestimmung CHD - SHD – NHD“, Vortrag, Härtereikongress, Köln, 2016
- [13] Dr. Michael Gierling, Zerstörungsfreie Prüfung wärmebehandelter Bauteile – Beispiele aus Sicht eines Anwenders, Vortrag, Härtereikongress, Köln, 2015
- [14] DIN EN ISO 4885 Eisenwerkstoffe – Wärmebehandlung - Begriffe