

Vorbemerkung

Diese Hinweise sind als Hilfestellung für mögliche Unklarheiten bei der Anwendung der im Juli 2022 in deutscher Fassung herausgegebenen DIN EN ISO 18203 „Stahl – Bestimmung der Dicke gehärteter Randschichten“ zu verstehen. Sie wurden von den Normenverantwortlichen der Arbeitsgemeinschaft Wärmebehandlung und Werkstofftechnik (AWT) angeregt und mit den Fachausschüssen 3, 4 und 9 der AWT abgestimmt.

Die deutsche Fassung geht zurück auf die bereits 2016 veröffentlichte DIN EN ISO 18203 – „Steel – Determination of the thickness of surface-hardened layers“.

Für die DIN EN ISO 18203:2016 wurden die beiden internationalen Normen:

- ISO 2639:2002 – Steels – Determination and verification of the depth of **carburized and hardened cases** (deutsche Fassung: DIN EN ISO 2639:2003-04 Stahl - Bestimmung und Prüfung der **Einsatzhärtungstiefe**) und
- EN 10328:2005 – Iron and steel – Determination of the **conventional depth of hardening after surface heating** (Deutsche Fassung: DIN EN 10328:2005-04 Eisen und Stahl – Bestimmung der **Einhärtungstiefe** nach dem Randschichthärten),

sowie die deutsche Norm DIN 50190 Teil 3:1979-03 – Härtetiefe wärmebehandelter Teile – Ermittlung der **Nitrierhärtetiefe** zusammengefasst und die drei genannten Normen zurückgezogen.

Zu den einzelnen Kapiteln der deutschen Fassung der DIN EN ISO 18203:2022 sollen die nachstehenden Anmerkungen zur Erläuterung und als Hilfe für die praktische Anwendung dienen.

D. Liedtke, A. Horsch und T. Waldenmaier, Juli 2023

Zu Kapitel 1: Anwendungsbereich

Die Norm zur Bestimmung und Prüfung mit dem Begriff „surface-hardened layers“ – deutsch: „gehärtete Randschichten“ – bezieht sich nicht nur wie bei den bisherigen Festlegungen im deutschen Sprachgebrauch üblich und aus dem Titel abzuleiten, auf die harten Randschichten, wie sie nach einem Randschichthärten (Flamm- und Induktionshärten, Laserstrahl und Elektronenstrahlhärten) vorliegen, sondern auch auf die Randschichten nach einem Einsatzhärten sowie nach einem Nitrieren und Nitrocarburieren. Dabei ist zu beachten, dass beim Randschicht- und Einsatzhärten die Härtung durch eine Gefügeumwandlung zu Martensit (im Englischen daher „quench-hardening“) zustande kommt. Während bei den beiden letztgenannten Verfahren die harte Randschicht durch die Ausscheidung harter Nitride in der Werkstoffmatrix, also eine Ausscheidungshärtung, entsteht.

Zu Kapitel 3: Begriffe

In der ISO 15787:2017-01 Technische Produktdokumentation – Wärmebehandelte Teile aus Eisenwerkstoffen – Darstellung und Angaben und ISO 4885: ist die Benennung der Härtetiefen für die Verfahren Einsatzhärten und Randschichthärten sachlich korrekt neu festgelegt worden. Danach gilt für das Einsatzhärten: Einsatzhärtungs-Härtetiefe, mit der Kurzbezeichnung: **CHD** (case-hardening hardness depth) und für das Randschichthärten: Randschichthärtungs-Härtetiefe, mit der Kurzbezeichnung: **SHD** (surface-hardening hardness depth).

Dies bezieht sich darauf, dass die Dicke der – durch Härtung zustande gekommenen - harten Randschichten durch eine Prüfung erfolgt, mit der eine **Härtetiefe** ermittelt wird. Es ist daher sinnvoll, dementsprechend auch die neuen Bezeichnungen zu benutzen. Im Rahmen der bevorstehenden Aktualisierung der vorliegenden Norm wird diese Unstimmigkeit beseitigt werden.

Für die Härtetiefe nach Nitrieren oder Nitrocarburieren gilt nach wie vor die Bezeichnung: Nitrierhärtetiefe mit dem Kurzzeichen **NHD** (nitriding hardness depth).

Für die Ermittlung der CHD ist in der vorliegenden Norm als Grenzhärte der Wert 550 HV angegeben. Dies hat sich seit vielen Jahren in der Praxis als Regelfall bereits bewährt und ist damit begründet, dass dies der maximal möglichen Härte eines martensitischen Werkstoffzustands in einem Stahl mit 0,35 Massenanteilen Kohlenstoff in % entspricht.

Für die Ermittlung der SHD ist in der Anmerkung 2 angegeben, dass für die Grenzhärte üblicherweise 80 % der minimalen Oberflächenhärte in HV genommen wird – was sich bisher in der Praxis seit vielen Jahren auch als Regelfall bewährt hat - und dass andere Werte möglich sind. Hier fehlt leider der Hinweis, dass andere Werte **vereinbart werden müssen**.

Zur Verbindungsschichtdicke CLT (compound layer thickness) ist anzumerken, dass dieser äußere Teilbereich der aufgestickten Randschicht in der industriellen Anwendung üblicherweise eine Dicke von weniger als 50 µm mit unterschiedlicher Konfiguration aufweist. Diese für den Verschleißwiderstand maßgebliche Funktionseigenschaft lässt sich aber nicht durch eine Härteprüfung ermitteln, sondern bedarf einer metallographischen Prüfung.

Hierfür existiert seit 2016 die deutsche DIN 30902: „Wärmebehandlung von Eisenwerkstoffen – Lichtmikroskopische Bestimmung der Dicke und Porosität der Verbindungsschichten nitrierter und nitrocarburierter Werkstücke“ (Englischer Titel: Heat treatment of ferrous materials - Light-microscopical determination of the depth and porosity of the compound layer of nitrided and nitrocarburized ferrous parts). Darin ist sehr detailliert und genau beschrieben, wie die Prüfung durchzuführen ist. In der industriellen Praxis hat sich die DIN 30902 für die Bestimmung der Verbindungsschichtdicke CLT bestens bewährt und es wird empfohlen, diese Norm weiterhin anzuwenden.

Weil diese Prüfung eigentlich mit dem Titel der ISO 18203 nicht konform ist, wird von deutscher Seite angestrebt, das Kapitel der metallographischen Ermittlung der Verbindungsschichtdicke CLT aus der ISO 18203 herauszunehmen und die DIN 30902 z. B. in die bestehende ISO 1463: „Metallic and oxide coatings – Measurement of coating thickness – Microscopical method“ einzugliedern. Damit können die Abschnitte 3.3, 5, 6, 8.2.2, 9.3 und der Anhang B mit den Beispielen für das Prüfen der CLT in der ISO 18203 entfallen.

Sowohl das Nitrieren wie auch das Nitrocarburieren erhöhen die Härte der Werkstückrandschicht. Das Nitrocarburieren wird jedoch vorzugsweise dazu benutzt, eine bestimmte Konfiguration der Verbindungsschicht hinsichtlich ihrer Funktionseigenschaften herzustellen. Zur Erleichterung des Sprachgebrauchs wird üblicherweise nur der kürzere Begriff Nitrierhärte tiefe benutzt. Im Prüfbericht sollte jedoch angegeben werden, ob der Zustand nach einem Nitrieren oder Nitrocarburieren geprüft wurde.

Zu Kapitel 3.2: Randschichthärtungstiefe

Gemäß den Anmerkungen oben zu Kapitel 3: Begriffe, müsste die Überschrift in DIN EN ISO 18203 eigentlich lauten: Randschichthärtungs-Härtetiefe (SHD), die bereits erwähnte Unstimmigkeit, die mit der Überarbeitung der Norm beseitigt werden soll.

Ist die Oberflächenhärte nicht als Vickershärte, sondern als Rockwellhärte vorgegeben oder wird sie nach dem Rockwellverfahren geprüft, kann die Grenzhärte HL anstatt aus Tabelle 1 der DIN EN ISO 18203 aus der hier beigefügten Tabelle (nach DIN ISO 15787-2010-01: Tabelle A.4), die in DIN EN ISO 18203:2022-07 leider nicht übernommen worden ist, ermittelt werden.

Tabelle: Empfohlene Grenzhärte aus der Oberflächen-Mindesthärte nach Rockwell C, A oder N, entsprechend 80 % der Oberflächen-Mindesthärte (nach DIN ISO 15787-2010-01: Tabelle A.4)

Oberflächen-Mindesthärte in HRC, HRA oder HRN					Empfohlene Grenzhärte HV
HRC	HRA	HR15N	HR30N	HR45N	
20 bis 25	-	-	-	-	200
26 bis 29	-	-	-	-	225
30 bis 33	65 bis 67	75, 76	51 bis 53	32 bis 35	250
34 bis 36	68	77, 78	54, 55	36 bis 38	275
37 bis 39	69, 70	79	56 bis 58	39 bis 41	300
40 bis 42	71	80, 81	58 bis 62	42 bis 46	325
43 bis 45	72, 73	82, 83	63, 64	47 bis 49	350
46, 47	74	84	65, 66	50 bis 52	375
48 bis 50	75	85	67, 68	53, 54	400
51, 52	76	86	69, 70	55 bis 57	425
53	77	87	71	59, 59	450
54, 55	78	89	72, 73	60, 61	475
56, 57	79	-	74	62, 63	500
58	80	90	75, 76	64, 65	525
59, 60	81	-	77	66, 67	550
61	82	91	78	68	575
62	-	-	79	69	600
63	83	92	80	70	625
64, 65	-	-	81	71, 72	650
66	84	-	82	73	675

Zu Kapitel 3.5: Gesamtdicke der Randschichthärtungstiefe

Die ISO 18203 bezieht sich hier lediglich auf den Fall des Randschichthärtens, obwohl in der SAE-Richtlinie J 423 die „total depth“, hier Kurzzeichen THD, auch nach einem Einsatzhärten oder Nitrieren angewendet werden kann.

Anstatt 80 % der Oberflächenmindesthärte nach dem Randschichthärten als Grenzhärte anzunehmen, vgl. auch Tabelle 1, wird die THD als senkrechter Abstand von der Oberfläche bis „zu der Grenze mit der gleichen Härte wie die Matrixhärte“ definiert. Der in der Anmerkung dazu angegebene Hinweis, dass dieser „Abstand häufig über metallographische Verfahren gemessen wird“ nützt dem Anwender ohne Beispiele mit Gefügebildern wenig.

Es wird daher empfohlen, mit einer Härteprüfung gemäß SAE J 423 zu verfahren: Dazu wird an die Härteverlaufskurve zeichnerisch eine Tangente angelegt und bis zum Schnitt mit der Kernhärte (= Matrixhärte) verlängert. Der senkrechte Abstand des Schnittpunkts von der Werkstückoberfläche entspricht dann der „total depth, Kurzbezeichnung THD“, also Gesamtdicke der gehärteten Randschicht, siehe Bild 1.

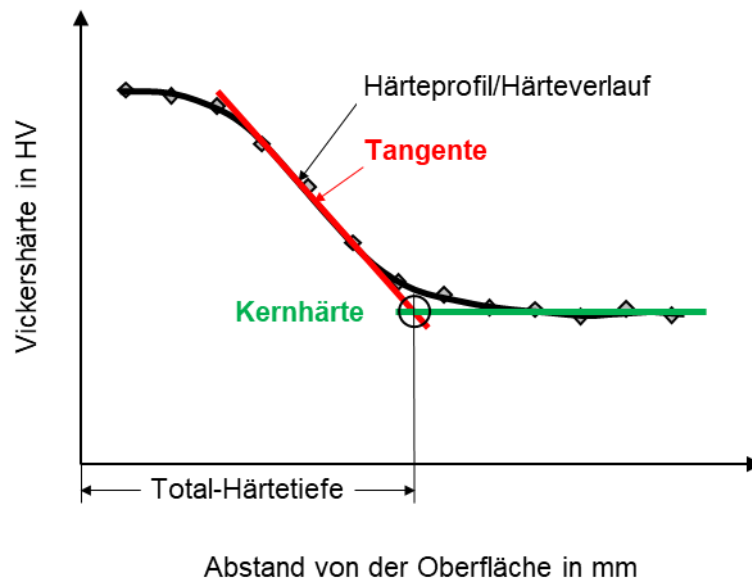


Bild 1: Ermittlung der Gesamt-Härtetiefe THD

Diese Vorgehensweise kann zweckmäßig sein, wenn nicht wie im Regelfall die Grenzhärte von der Oberflächenmindesthärte abgeleitet wird, sondern wegen eines sehr flach verlaufenden Härteprofils oder aus funktionstechnischen Gründen ein spezieller Wert für die Dicke der harten Randschicht für die Qualitätssicherung herangezogen werden soll.

Grundsätzlich ist hier zu beachten, dass die Vorschrift SAE J 423 nicht nur zum Prüfen randschichtgehärteter Teile, sondern auch für einsatzgehärtete oder nitrierte/nitrocarburierte Teile angewendet werden kann. In diesem Sinne erscheint es dann aber notwendig, dass die Gesamt-Härtetiefe mit einer Zusatzbezeichnung versehen wird, aus der hervorgeht, welchem Wärmebehandlungsverfahren das geprüfte Teil unterzogen worden ist.

Zu Kapitel 5: Kurzbeschreibung

Hier ist darauf hinzuweisen, dass die Härteprofile üblicherweise mit unterschiedlichen Prüfkräften ermittelt werden. Bewährt haben sich folgende Regelfälle:

- Einsatzgehärtete und randschichtgehärtete Teile: Regelfall HV1. Nach Vereinbarung auch HV0,5, z. B. bei kleiner Härtetiefe oder HV3 bei großer Härtetiefe.
- Nitrierte/nitrocarburierte Teile: Regelfall HV0,5. Nach Vereinbarung auch HV0,1 oder HV0,3, z. B. bei kleiner Härtetiefe oder HV1 bei großer Härtetiefe.

Anstatt nach dem Vickers-Verfahren kann nach Vereinbarung auch das Knoop-Verfahren angewendet werden.

Die Härtewerte, mit denen die Härteverlaufskurve dargestellt wird sind übrigens keine „Härteschwankungen“ wie es in der ISO 18203 heißt, sondern kennzeichnen, dass mit zunehmendem Abstand von der Werkstückoberfläche die Härte mehr oder weniger stetig abnimmt. Dabei ist jeder einzelne Härtewert das Ergebnis der jeweiligen Prüfbedingungen und unterliegt dementsprechenden Streuungen, aber keinen „Schwankungen“.

Die beiden letzten Absätze beziehen sich auf metallographische Verfahren und sind für die Härteprüfung hier entbehrlich.

Zu Kapitel 6: Prüfeinrichtung

Der dritte Absatz kann im Zusammenhang mit der Bestimmung der THD durch eine Härteprüfung entfallen.

Zu Kapitel 7: Probekörper

Für die Härteprüfung zur Ermittlung der Härteverlaufskurve ist zu beachten, dass es sich um eine zerstörende Prüfung handelt. Wird als Prüfling das zu prüfende Werkstück benutzt, ist dieses danach für seinen eigentlichen Verwendungszweck nicht mehr geeignet.

Die zerstörende Prüfung kann im Unterschied z. B. zu einer Längenmessung nicht unter denselben Prüfbedingungen wiederholt werden, weshalb für eine Härteprüfung keine Messmittelfähigkeit ermittelt werden kann.

Zu Kapitel 7.1: Auswahl und Vorbereitung der Proben

In der ISO 18203 wird alternativ zur Herstellung eines Probekörpers mit einem Querschliff durch das zu prüfende Werkstück vorgeschlagen, einen gestuften Probekörper (siehe Bild 2a) oder einen Probekörper mit Schrägschliff (siehe Bild 2b) herzustellen. Außerdem finden sich Hinweise für einen gestuften Probekörper im Anhang, siehe ISO 18203: Bild A.1.

Hier ist Folgendes zu empfehlen:

- Bei zu prüfenden größeren oder besonders wertvollen Werkstücken, aus denen für die Prüfung kein Probekörper herausgetrennt werden kann, empfiehlt es sich, das Werkstück stufenförmig mit je nach der zu erwartenden Härtetiefe festzulegenden Stufenhöhe von 0,1 mm oder mehr und mit mindestens drei oder mehr Stufen anzuschleifen und auf jeder Stufe mindestens drei Härteeindrücke anzubringen, vgl. hier die Bilder 2a und 2b.

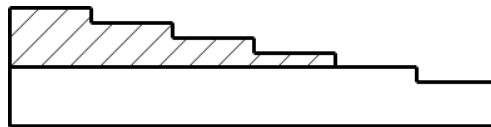


Bild 2a: Gestufter Probekörper (nach ISO 18203: Bild 1)

- Bei großer Härtetiefe bietet es sich an, z. B. auf eine Stufe anzuschleifen, deren Abstand von der Werkstückoberfläche kleiner ist als die zu erwartende Härtetiefe und auf eine zweite Stufe, deren Abstand größer ist. Durch Interpolation mit der Grenzhärte HL kann dann die Härtetiefe berechnet werden gemäß:

$$HD = d_1 + \frac{(d_2 - d_1) \cdot (\bar{H}_1 - HL)}{\bar{H}_1 - \bar{H}_2}$$

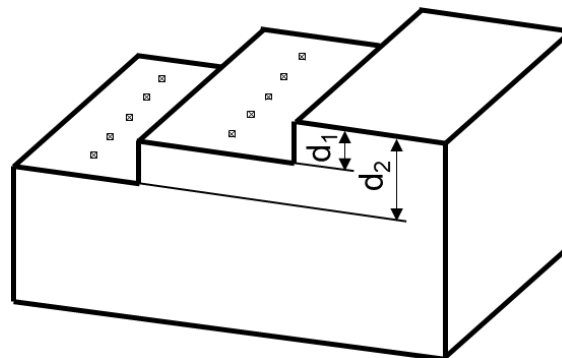


Bild 2b: Gestufter Probekörper (nach ISO 18203: Bild A.1)

- Im Fall einer Einsatzhärtung ist dann im Regelfall HL = 550 HV und im Fall einer Randschichthärtung die aus Tabelle 1 der ISO 18203 zu entnehmende Grenzhärte entsprechend 80 % der Oberflächenmindesthärte, vgl. hierzu Bild 3.

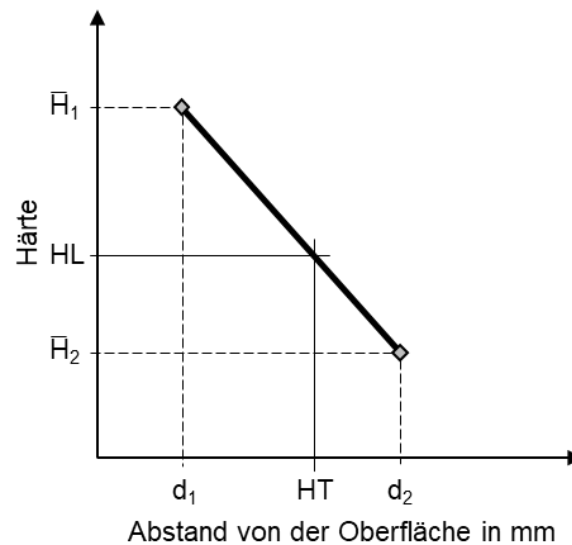


Bild 3: Interpolationsverfahren zur Bestimmung der Härtetiefe (nach ISO 18203: Bild A.2)

- In Anwendungsfällen, in denen aus einem zu prüfenden Werkstück kein Probekörper herausgetrennt werden kann oder bei geringer Härtetiefe kann es zweckmäßig sein, an dem Werkstück bzw. dem Prüfling einen Schrägschliff herzustellen. Das in der Norm enthaltene Bild 2 erscheint unrealistisch und lässt nicht erkennen, wo die Härteeindrücke anzubringen sind, deshalb sollte das hier beigefügte Bild 4 herangezogen werden.

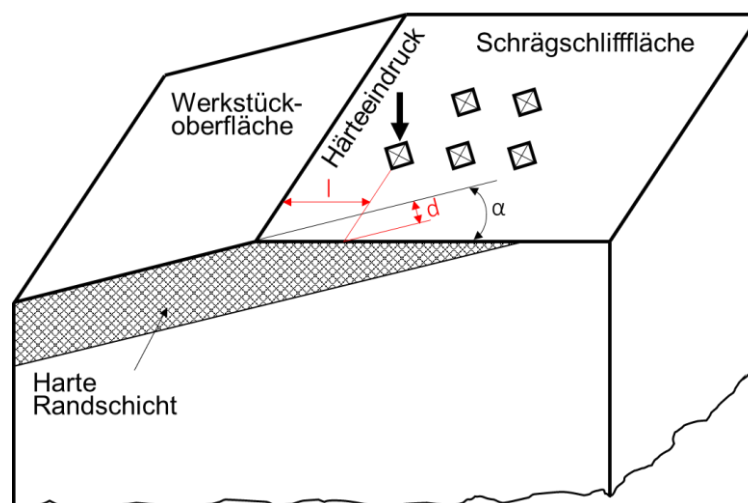


Bild 4: Beispiel für die Anwendung eines Schrägschliffs

- Der wahre Abstand d_i für das Härteprofil ergibt sich dann mit:

$$d_i = l \times \sin \alpha$$

Zu Kapitel 8: Messverfahren

Die Überschrift ist nicht korrekt und müsste lauten: Prüfverfahren, analog zu Prüfkörper und Prüfkraft. Es handelt sich hier um ein Prüf- und kein Messverfahren, denn die Härte ist kein direkt mechanisch oder physikalisch messbarer Wert.

Grundsätzlich ist zu beachten, dass **eine Prüfung** eigentlich **keine Prüfung** ist, so dass es zweckmäßig ist, mindestens zwei Härteprofile zu erstellen, siehe Bild 5.

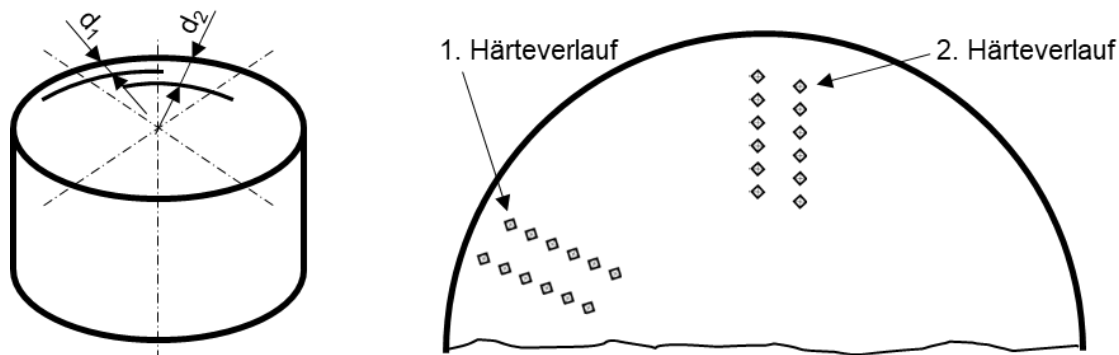


Bild 5: Anordnung mehrerer Härteprofile (links, nach ISO 18203: Bild A.1)

Die Lage der Härteprüfeindrücke sollte sich nach ISO 18203 Bild 3 richten.

Zu beachten ist, wenn die aus zwei Härteprofile ermittelten Härtetiefen sich um mehr als 10 % oder mehr als 0,1 mm voneinander abweichen, wird empfohlen, die Prüfung zu wiederholen. Werden mehr als zwei Härtetiefen ermittelt, sollte daraus das arithmetische Mittel als Prüfergebnis angegeben werden.

Das Kapitel 8.2 betrifft die Prüfung der CLT und kann in ISO 18203 entfallen.

Zu Kapitel 9: Bewertung der Ergebnisse

Das hier in der ISO 18203 dargestellte Bild 4 gehört eigentlich bereits in Kapitel 3, da es sich im Regelfall analog auf die Härtetiefen aller drei Wärmebehandlungsverfahren: CHD, SHD und NHD bezieht.

Zu Kapitel 9.2: Gesamtschichtdicke

Kann in der ISO 18203 entfallen.

Zu Kapitel 9.3: Verbindungsschichtdicke

Hier sollte die DIN 30902 herangezogen werden, wenn die Verbindungsschichtdicke nitrierter/nitrocarburiertes Teile geprüft werden soll. Das Kapitel ist ohne Gefügebeispiele nutzlos.

Zu Kapitel 10 Prüfbericht

Die Angaben im Prüfbericht sollten nicht nur die in ISO 18203 aufgeführten Angaben:

- Verweis, dass die Prüfung nach ISO 18203 durchgeführt wurde,
- Angabe des Wärmebehandlungsverfahrens,
- Einzelheiten des Prüf-(nicht Mess-)Verfahrens,
- Ergebnis der Härtetiefe,

enthalten, sondern darüber hinaus:

- ob bei einsatzgehärtetem oder randschichtgehärtetem Werkstück/oder Prüfling vor oder nach einem Anlassen, bzw. bei einsatzgehärtetem Werkstück/oder Prüfling vor oder nach einem Tiefkühlen geprüft wurde,
- Prüfstelle am Werkstück oder an einem abgetrennten Abschnitt,
- Abstand zwischen parallelen Reihen von Prüfeindrücken, Randabstand des ersten Prüfeindrucks,
- Probenbezeichnung, Identifikationsnummer, Prüfposition usw.,
- während der Prüfung aufgetretene Ereignisse,
- Ort und Datum der Prüfung,
- Verbleib der/des geprüften Probestücke/s.