

Alle Werkzeugstähle aus unserem Haus sind auf die nach DIN vorgegebenen Eigenschaften geprüft und werden auf Wunsch mit Werkzeugnissen ausgeliefert. Vielfach werden die Werkzeugstähle wärmebehandelt, um gewisse Eigenschaften zu beeinflussen.

## 1. Weichglühen

In den meisten Fällen ist der weichgeglühte Zustand zum Zerspanen und Kaltumformen am zweckmäßigsten. Das Weichglühgefüge ist das günstigste Gefüge für das Härten. Falls vorvergütete Stähle auf höhere Festigkeiten wärmebehandelt werden sollen, ist ein Weichglühen vor der Härtung sehr vorteilhaft. Das Weichglühen beinhaltet folgende Abläufe:

Um möglichst optimale Ergebnisse nach der Wärmebehandlung zu erhalten, möchten wir nachfolgend einige Hinweise zur zweckmäßigen Durchführung einer Wärmebehandlung geben:

- langsames Erwärmen auf Weichglüh-temperatur (siehe Werkstoffdatenblätter)
- ein- bis mehrstündiges Halten auf dieser Temperatur
- langsames Abkühlen mit 10 bis 20 K/h

Zur Vermeidung von Entkohlung sowie Verzunderung müssen entsprechende Maßnahmen ergriffen werden.

## 2. Spannungsarmglühen

Alle Werkstücke enthalten Spannungen, die durch spanlose und spanende Formgebung noch verstärkt werden. Größere, unregelmäßige Formänderungen nach der Härtung können durch die gesamten Spannungen entstehen. Es ist daher insbesondere bei unregelmäßig und schwierig geformten Werkzeugen zu empfehlen, vor der letzten mechanischen Bearbeitung ein bis zwei

Stunden bei 600 – 650 °C zum Abbau dieser Spannungen zu glühen, um kostspielige Nacharbeiten am fertigen Werkzeug zu vermeiden. Das anschließende Abkühlen soll möglichst langsam im Ofen erfolgen. Bei unseren vorvergüteten Stählen liegt die Temperatur zur Spannungsarmglühung 30 - 50 °C unter der letzten Anlasstemperatur.

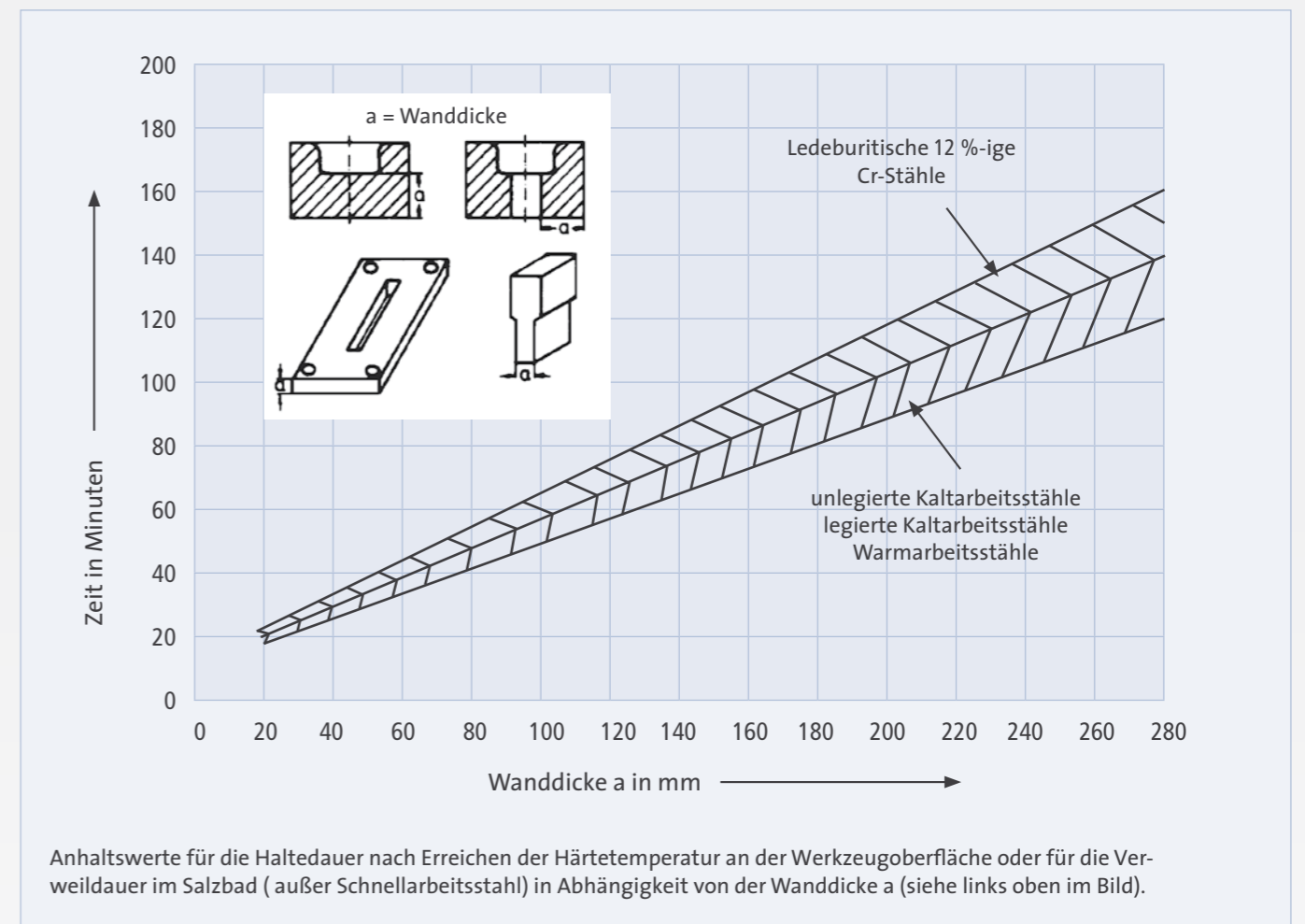
## 3. Härten

### a) Erwärmen auf Härtetemperatur

Um Wärmespannungen und Verzug gering zu halten, werden die Werkstücke langsam auf Härtetemperatur erwärmt. Bei schnellaufheizenden Einrichtungen (z.B. Salzbad) ist es unbedingt zu empfehlen, den Aufheizevorgang durch Temperaturstufen zu unterbrechen. In der ersten Vorwärmstufe wird im Allgemeinen in Luftumwälzöfen auf etwa 400 °C erwärmt. Weitere übliche Aufheizstufen sind in den nachfolgend aufgeführten Zeit-Temperatur-Folge-Schaubildern (siehe Seite 58) zu ersehen. Bei diesem Vorwärmen wird ein Temperaturausgleich über den gesamten Werkstückquerschnitt angestrebt.

### b) Austenitisieren

Vor der letzten Vorwärmstufe werden die Werkstücke auf eine Härtetemperatur innerhalb der in den Werkstoffblättern vorgegebenen Spannen erwärmt. Nachdem die Werkstücke die Härtetemperatur über den gesamten Querschnitt erreicht haben, werden sie unabhängig vom Querschnitt 10 bis 20 Minuten auf dieser Temperatur gehalten (Ausnahme: Schnellarbeitsstähle). Die Durchwärmdauer bis zum Erreichen der Härtetemperatur hängt von der Wanddicke der Werkstücke ab. Das nachfolgende Schaubild gibt Anhaltswerte für die zu wählende Zeit nach Erreichen der Härtetemperatur an der Werkzeugo-berfläche an. Diese Kurve basiert auf Erfahrungswerten.

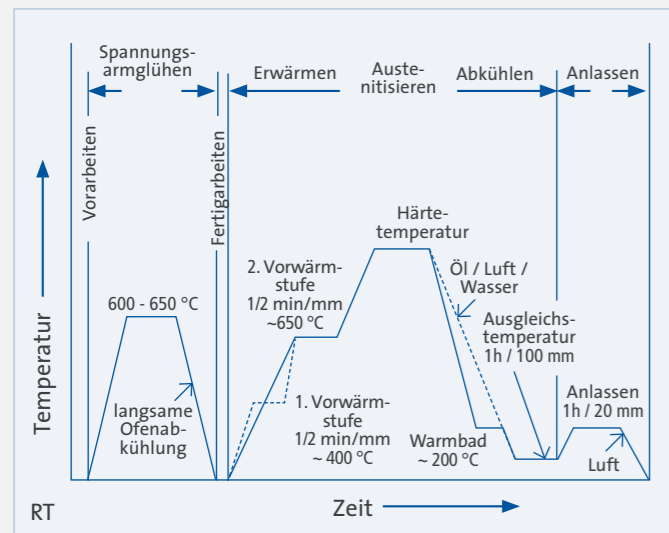


### c) Abschrecken

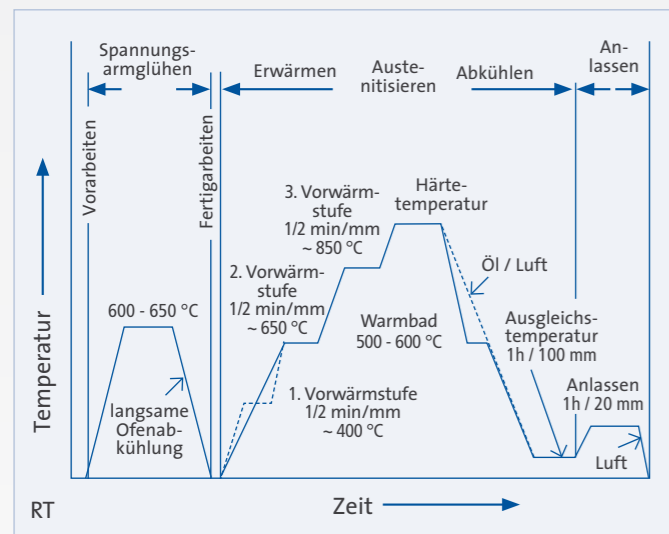
Nach dem Austenitisieren werden die Werkstücke in den angegebenen Härtemitteln abgekühlt. Die erreichbare Härte ist von der möglichen Abkühlgeschwindigkeit der Härtetemperatur abhängig. Sie wird daher durch das Abkühlmittel und die Werkstückgröße bestimmt. Die Abkühlgeschwindigkeit soll nicht größer sein, als zur Erzielung einer maximalen Härte notwendig ist, um die Abkühlspannungen niedrig zu halten. Wenn es das Umwandlungsverhalten des Stahles erlaubt, wird in den Abkühlvorgang eine Temperaturniveaustufe bei ca. 550 °C eingeschaltet. Sind die Teile bis auf ca. 80 °C abgekühlt, werden sie unmittelbar in einen Ofen mit einer Temperatur von 100 – 150 °C überführt, da beim Erkalten auf Raumtemperatur Härtespannungsrisse auftreten können. Ein Temperaturausgleich im Ausgleichsofen bei 100 – 150 °C ist insbesondere bei größeren Werkstücken notwendig, um auch im Kern eine vollkommene Umwandlung vor dem Anlassen zu erreichen.

### d) Anlassen

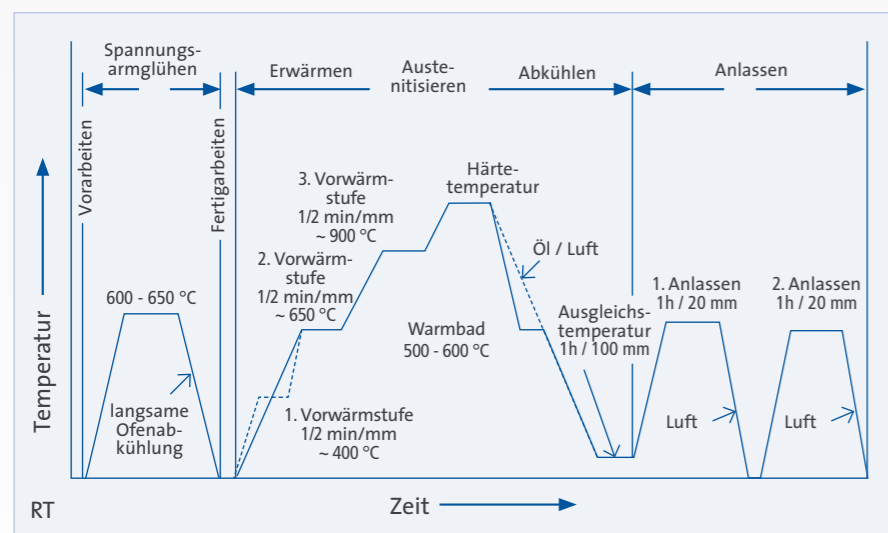
Nach dem Härten werden die Stähle durch Anlassen auf die vorgeschriebene Härte gebracht. Die Höhe der Anlasstemperatur ist aus den Härte-Anlasstemperatur-Schaubildern in den Datenblättern abschätzbar. Das Erwärmen auf Anlasstemperatur sollte langsam erfolgen. Die gesamte Verweildauer im Anlassofen sollte eine Stunde je 20 mm Wanddicke, mindestens jedoch zwei Stunden betragen. Anschließend erfolgt die Abkühlung an der Luft. Es ist vorteilhaft, mindestens zweimal anzulassen, um den nach dem ersten Abkühlen von der Anlasstemperatur aus Restaustenit gebildeten Martensit ebenfalls anzulassen. Bei Härte-Anlass-Schaubildern mit einem Sekundärmaximum ist immer die höchste Anlasstemperatur zur Erzielung der angestrebten Härte zu wählen. Falls die Maximalhärte auch gleichzeitig die geforderte Arbeitshärte ist, sollte trotzdem ein Anlassen bei ca. 200 °C erfolgen.



**Zeit-Temperatur-Folge-Schaubild**  
für die Wärmebehandlung von unlegierten und legierten Kalt- und Warmarbeitsstählen mit Härte-temperaturen bis 900 °C



**Zeit-Temperatur-Folge-Schaubild**  
für die Wärmebehandlung von legierten Kaltarbeitsstählen mit Härtetemperaturen über 900 °C



**Zeit-Temperatur-Folge-Schaubild**  
für die Wärmebehandlung von Warmarbeitsstählen mit Härte-temperaturen über 900 °C und für Sonderbehandlung bei z.B. 1.2379

Werkzeugstähle gehören aufgrund ihrer Legierungszusammensetzung zu den Werkstoffen, bei denen ein Schweißen mit Risiken verbunden ist. Bei Kohlenstoffgehalten größer 0,5 % verschlechtert sich die Schweißbarkeit zwangsläufig. Während der Abkühlung der Schweißnaht entstehen thermische und Gefügeumwandlungsspannungen, die zur Rissbildung führen können. Bitte beachten Sie grundsätzlich nachfolgende Punkte:

- vor dem Schweißen Oberfläche gründlich reinigen, Risse sollten ausgeschliffen werden
- Verwendung dem Grundwerkstoff entsprechender Elektroden

- Werkstücke stets vorwärmen
- bei länger dauernden Schweißvorgängen zwischenwärmen
- zur Verzugsminimierung sollte bei der Auftragung größerer Bereiche in Feldern geschweißt werden, die nachträglich verbunden werden
- nach Schweißvorgang Abkühlen der Werkstücke bis 100 °C
- unmittelbar anschließend Erwärmung bei ge- glühten Werkstücken auf Weichglühtemperatur, bei vorvergüteten Stählen auf 50 °C unterhalb letzter Anlassstemperatur

### Oberflächenbeschichtung

Die Eigenschaften von Werkzeugstählen können mit Hilfe von Oberflächenbehandlungsverfahren im Randbereich maßgebend verändert werden. Durch die verschiedenen Verfahren können gezielte Eigenschaften, die der Grundwerkstoff alleine nicht hat, hervorgeru-

fen werden. Niedriger Reibwert, gute Gleiteigenschaften, Korrosions- und Oxidationswiderstand, Entformungshilfen, chemische Stabilität sind nur einige Dinge, die durch Hartstoffschichten erzielt werden können. Nachfolgend stellen wir die gängigsten Verfahren vor.

Verfahren	Behandlungs-temperatur	Voraussetzung der Werkzeugstähle	Schicht-dicke	Oberflächenhärte in HV
<b>Hartverchromen</b>	50 - 70 °C	<ul style="list-style-type: none"> <li>• niedriger C-Gehalt</li> <li>• Oberfläche entpassiviert</li> </ul>	bis 1 mm	1000 - 2000
<b>Nitrieren</b>	470 - 570 °C	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Anlassbeständigkeit</li> <li>• wärmebehandelter Zustand</li> <li>• Oberfläche entpassiviert</li> </ul>	bis 0,5 mm	max. 1100
<b>Titankarbid-beschichten (CVD)</b>	> 900 °C	<ul style="list-style-type: none"> <li>• metallisch blanke Oberfläche</li> <li>• Überhitzungsunempfindlichkeit</li> </ul>	6 - 9 µm	max. 4800
<b>Titankarbid-beschichten (PVD)</b>	ca. 500 °C	<ul style="list-style-type: none"> <li>• hohe Grundhärte</li> <li>• Anlassbeständigkeit</li> </ul>	2 - 5 µm	2000 - 2500

# Härtevergleichstabelle

Zugfestigkeit N/mm <sup>2</sup>	Brinellhärte	Vickershärte HV (F <sub>298</sub> N)	Rockwellhärte HRB	Rockwellhärte HRC
255	76,0	80	–	–
270	80,7	85	41,0	–
285	85,5	90	48,0	–
305	90,2	95	52,0	–
320	95,0	100	56,2	–
335	99,8	105	–	–
350	105	110	62,3	–
370	109	115	–	–
385	114	120	66,7	–
400	119	125	–	–
415	124	130	71,2	–
430	128	135	–	–
450	133	140	75,0	–
465	138	145	–	–
480	143	150	78,7	–
495	147	155	–	–
510	152	160	81,7	–
530	156	165	–	–
545	162	170	85,0	–
560	166	175	–	–
575	171	180	87,1	–
595	176	185	–	–
610	181	190	89,5	–
625	185	195	–	–
640	190	200	91,5	–
660	195	205	92,5	–
675	199	210	93,5	–
690	204	215	94,0	–
705	209	220	95,0	–
720	214	225	96,0	–
740	219	230	96,7	–
755	223	235	–	–
770	228	240	98,1	20,3
785	233	245	–	21,3
800	238	250	99,5	22,2
820	242	255	–	23,1
835	247	260	(101)	24,0
850	252	265	–	24,8
865	257	270	(102)	25,6
880	261	275	–	26,4
900	266	280	(104)	27,1
915	271	285	–	27,8
930	276	290	(105)	28,5
950	280	295	–	29,2
965	285	300	–	29,8
995	295	310	–	31,0
1030	304	320	–	32,2
1060	314	330	–	33,3
1095	323	340	–	34,4

Zugfestigkeit N/mm <sup>2</sup>	Brinellhärte	Vickershärte HV (F <sub>298</sub> N)	Rockwellhärte HRB	Rockwellhärte HRC
1125	333	350	–	35,5
1155	342	360	–	36,6
1190	352	370	–	37,7
1220	361	380	–	38,8
1255	371	390	–	39,8
1290	380	400	–	40,8
1320	390	410	–	41,8
1350	399	420	–	42,7
1385	409	430	–	43,6
1420	418	440	–	44,5
1455	428	450	–	45,3
1485	437	460	–	46,1
1520	447	470	–	46,9
1555	(456)	480	–	47,7
1595	(466)	490	–	48,4
1630	(475)	500	–	49,1
1665	(485)	510	–	49,8
1700	(494)	520	–	50,5
1740	(504)	530	–	51,1
1775	(513)	540	–	51,7
1810	(523)	550	–	52,3
1845	(532)	560	–	53,0
1880	(542)	570	–	53,6
1920	(551)	580	–	54,1
1955	(561)	590	–	54,7
1995	(570)	600	–	55,2
2030	(580)	610	–	55,7
2070	(589)	620	–	56,3
2105	(599)	630	–	56,8
2145	(608)	640	–	57,3
2180	(618)	650	–	57,8
–	–	660	–	58,3
–	–	670	–	58,8
–	–	680	–	59,2
–	–	690	–	59,7
–	–	700	–	60,1
–	–	720	–	61,0
–	–	740	–	61,8
–	–	760	–	62,5
–	–	780	–	63,3
–	–	800	–	64,0
–	–	820	–	64,7
–	–	840	–	65,3
–	–	860	–	65,9
–	–	880	–	66,4
–	–	900	–	67,0
–	–	920	–	67,5
–	–	940	–	68,0

(Klammerwerte mit Hartmetallkugel)

# Gewichtsberechnung

Alle Längen in mm			
	<b>Rund</b>	1 m wiegt $\frac{d \times d \times 0,62}{100}$ kg	Beispiel für 15 mm Ø: 1 m wiegt $\frac{15 \times 15 \times 0,62}{100} = 1,39$ kg
	<b>Quadrat</b>	1 m wiegt $\frac{a \times a \times 0,79}{100}$ kg	Beispiel für 15 mm Quadrat: 1 m wiegt $\frac{15 \times 15 \times 0,79}{100} = 1,77$ kg
	<b>Flach</b>	1 m wiegt $\frac{a \times b \times 0,79}{100}$ kg	Beispiel für 60 x 15 mm flach: 1 m wiegt $\frac{60 \times 15 \times 0,79}{100} = 7,1$ kg
	<b>Sechskant</b>	1 m wiegt $\frac{s \times s \times 0,68}{100}$ kg	Beispiel für 15 mm 6-kt: 1 m wiegt $\frac{15 \times 15 \times 0,68}{100} = 1,53$ kg
	<b>Achtkant</b>	1 m wiegt $\frac{s \times s \times 0,65}{100}$ kg	Beispiel für 15 mm 8-kt: 1 m wiegt $\frac{15 \times 15 \times 0,65}{100} = 1,46$ kg
	<b>Dreikant</b>	1 m wiegt $\frac{a \times a \times 0,34}{100}$ kg	Beispiel für 15 mm 3-kt: 1 m wiegt $\frac{15 \times 15 \times 0,34}{100} = 0,765$ kg