



▶ **Abschlussprüfung Teil 2 –  
Prüfbereich Schadensanalyse  
FR Wärmebehandlungstechnik**

zu Kapitel 5.5.4

zu

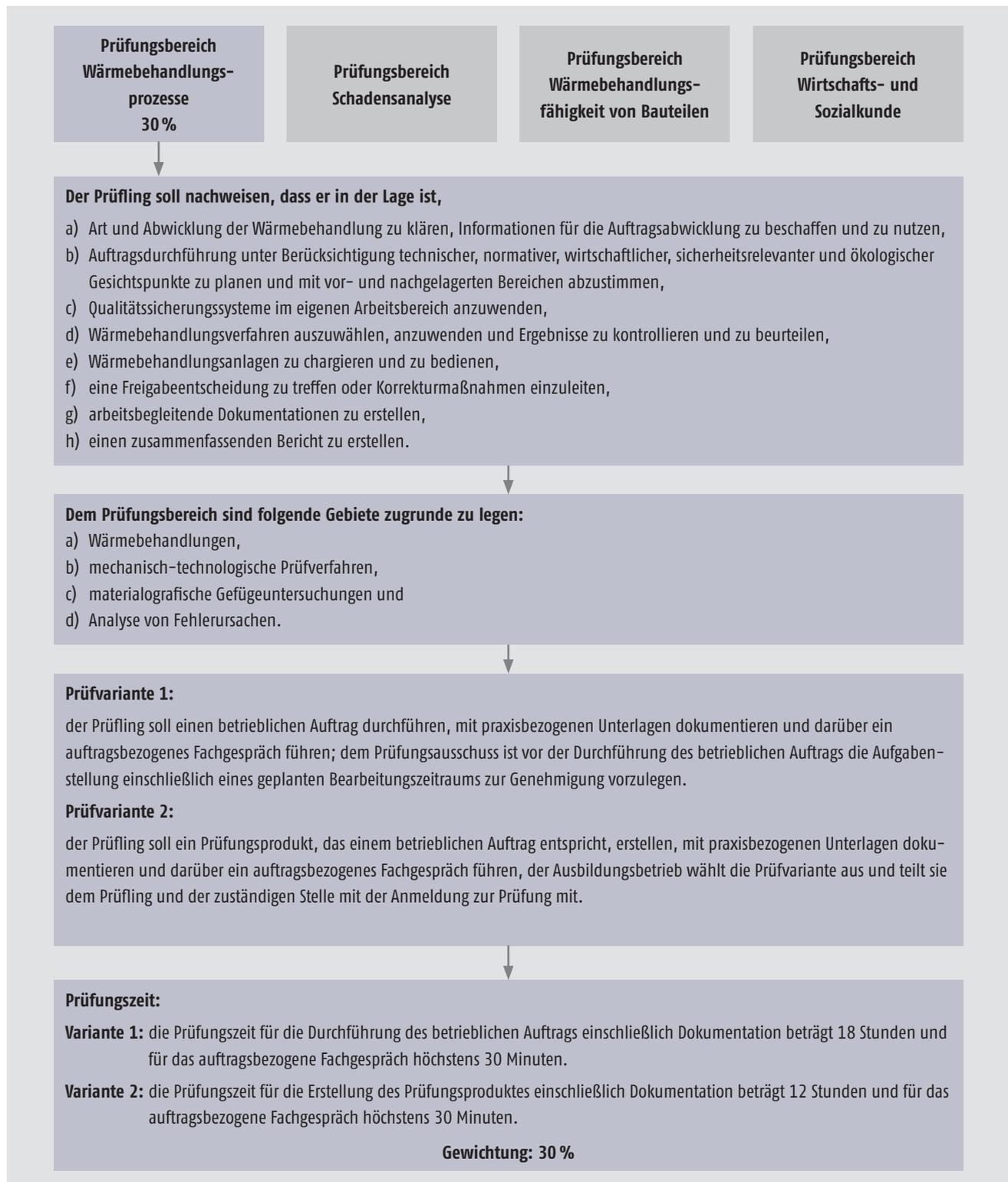
**AUSBILDUNG GESTALTEN:**

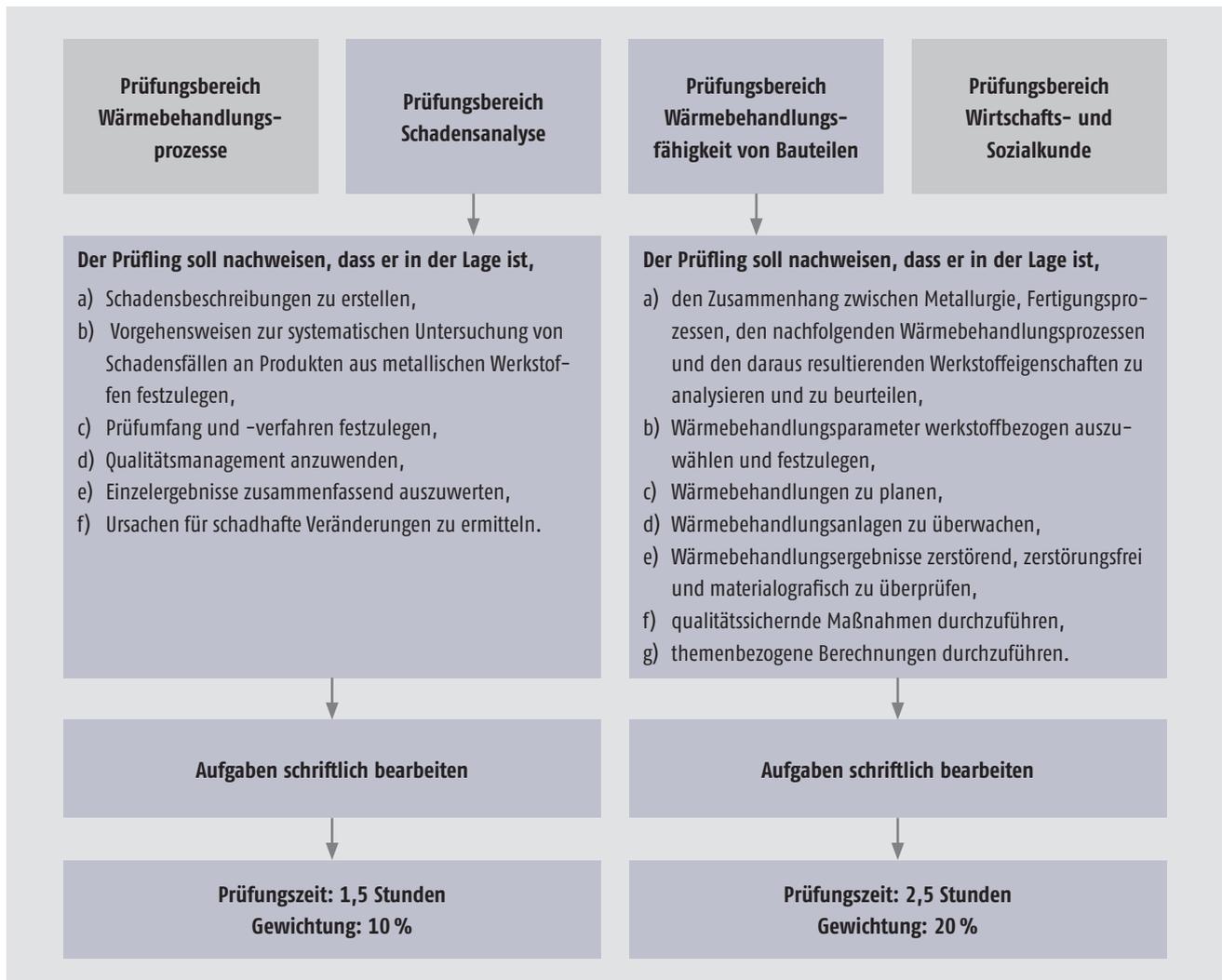
**Werkstoffprüfer/Werkstoffprüferin.**

Umsetzungshilfen und Praxistipps.

Hrsg.: BIBB. Bielefeld 2017

## Prüfungsanforderungen in Teil 2 – FR Wärmebehandlungstechnik





## Umsetzung der Prüfungsregelungen in die Praxis

### Beispiele für betrieblichen Auftrag

Musterdokumente für die Beantragung und Bewertung des betrieblichen Auftrags sind im Abschnitt Metalltechnik enthalten. Sie können entsprechend angepasst werden.

### Beispiele für die schriftlich zu bearbeitenden Aufgaben im Prüfungsbereich Schadensanalyse

Entsprechend dem Gesamtkonzept der PAL für die Gestaltung der gestreckten Abschlussprüfung im Beruf Werkstoffprüfer/-in, werden im Prüfungsbereich „Schadensanalyse“ fachrichtungsspezifische Aufgaben gestellt. Im Fall der Musterprüfung handelt es sich um 8 ungebundene Aufgaben, die mit eigenen Worten in möglichst kurzen Sätzen beantwortet werden müssen. Die Aufgaben einschließlich der Lösungen werden im Folgenden mit freundlicher Genehmigung der PAL vorgestellt.<sup>20</sup>

## Allgemeine Hinweise

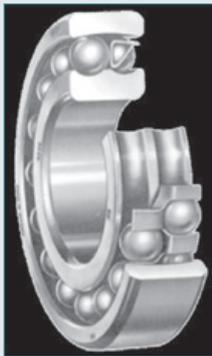
Vorgabezeit: 90 min

Hilfsmittel: Tabellenbuch, Formelsammlung, Zeichenwerkzeuge, nicht programmierter, netzunabhängiger Taschenrechner ohne Kommunikationsmöglichkeit mit Dritten

### Szenario 1 für die Aufgaben U1 bis U3

Die im Getriebe einer Windkraftanlage eingebauten Wälzlageringe werden aus 102Cr6 gefertigt.

Die geforderte Härte beträgt 62HRC.



## U1

Eine neue Lieferung des Wälzlagerstahls 102Cr6 lässt sich beim Drehen nur mit hohem Werkzeugverschleiß bearbeiten.

Ein Fehler am Werkzeug wurde ausgeschlossen.

1. Welche Fehler können an der Lieferung vorliegen? Nennen Sie zwei.
2. Welche Untersuchungsmethoden eignen sich zur Feststellung dieser Fehler? Nennen Sie drei.
3. Welches Gefüge muss für eine optimale Zerspanbarkeit vorliegen?

### Lösungsvorschlag

1. Z. B.: Werkstoffverwechslung, Carbidausbildung, Wärmebehandlungsfehler
2. Z. B.: Materialanalyse, Härteprüfung, metallografische Untersuchung
3. Weichglühgefüge mit besonderer Beachtung der Carbidausbildung und -größe

## U2

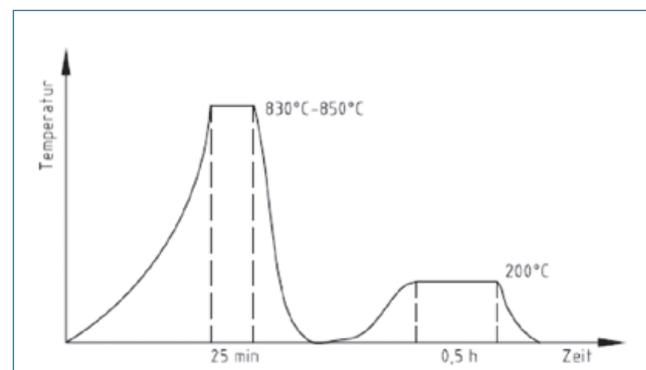
Nach dem Drehen sind die Wälzlageringe einer Wärmebehandlung zu unterziehen.

1. Planen Sie die notwendigen Wärmebehandlungsschritte, um die erforderliche Härte zu erreichen. Skizzieren und beschriften Sie einen Zeit-Temperatur-Verlauf.
2. Beschreiben Sie die während der Wärmebehandlung ablaufenden Umwandlungsvorgänge.

### Lösungsvorschlag

1.
  - ▶ Härtetemperatur: 830–850 °C
  - ▶ Haltedauer: ca. 25 min
  - ▶ Abschreckmedium Öl
  - ▶ Anlasstemperatur: 200 °C (aus Tabellenbuch entnehmbar)

(Hinweis an Prüfungsausschuss: verwendetes Tabellenbuch beachten)



2.
  - ▶ Gitterumwandlung bei Austenitisierung von kubisch raumzentriert in kfz, teilweise Auflösung der Carbide, Abschreckung: Umklappen des kfz-Gitters in tetragonal raumzentriertes verzerrtes Gitter mit eingeklemmten C-Atomen (tetragonaler Martensit)
  - ▶ Anlassen in der ersten Anlasstufe, Entspannung des Gitters mit C-Diffusion auf günstigere Gitterplätze kubischer Martensit

### U3

Nach einer Prozessumstellung zeigten die Wälzlagerringe bereits vor der Montage Risse.

1. Nennen Sie drei Wärmebehandlungsfehler, die zu diesen Rissen geführt haben können, und begründen Sie eine Ihrer Vermutungen genauer.
2. Nennen Sie zwei geeignete Prüfverfahren, mit denen Sie sicherstellen, dass nur rissfreie Lagerringe montiert werden. Beschreiben Sie den Verfahrensablauf eines dieser Prüfverfahren genauer.

#### Lösungsvorschlag

1. Z. B.: Überzeiten, Überhitzen, zu schroffe Abschreckung, ungünstiges Eintauchen und fehlende Badbewegung (fehlendes oder zu geringes Anlassen)
  - ▶ Überzeiten, Überhitzen – Grobkornbildung, spröder Martensit mit viel Restaustenit, lokale Spannungen übersteigen

Festigkeit

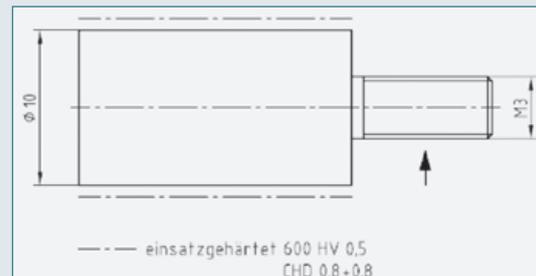
  - ▶ Zu schroffe Abschreckung – hohe Temperaturgradienten, hohe Wärmespannungen, Überlagerung mit Umwandlungsspannungen

Festigkeiten werden überschritten

  - ▶ Ungünstiges Eintauchen – ungünstige Spannungsverteilung, die bei Überlagerung mit Wärme- und Umwandlungsspannungen dazu führt, dass Festigkeiten lokal überschritten werden
  - ▶ Fehlendes Anlassen – hohe Spannungen nach dem Abschrecken verbleiben im Werkstück und führen nachträglich zur Rissbildung
2. PT, MT, ET, ggf. VT mit Beschreibung

#### Szenario 2 für die Aufgaben U4 bis U6

Eine Welle aus 16MnCr5 soll nach der folgenden Zeichnung wärmebehandelt werden.

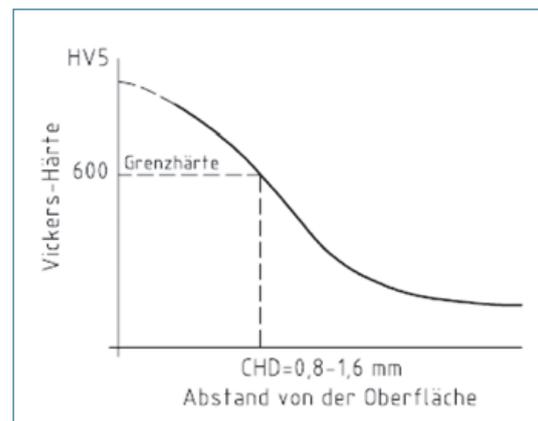


### U4

1. Was bedeutet die Angabe CHD 0,8 + 0,8?
2. Verdeutlichen Sie dies in einem Diagramm und beschreiben Sie die Versuchsdurchführung, welche zu dem Diagramm führt.

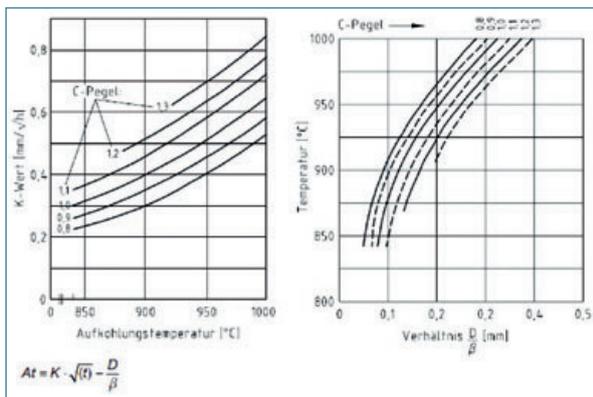
#### Lösungsvorschlag

1. Die Grenzhärte von 600 HV 0,5 muss in einem Abstand zwischen 0,8 und 1,6 mm liegen.
2. Beschreibung Versuchsdurchführung



## U5

- Berechnen Sie die Aufkohlungstiefe, die sich bei den folgenden Glühparametern ergibt:  
C-Pegel = 1,0 %  
Glühtemperatur = 925 °C  
Glühdauer = 6 h
- Beschreiben Sie das notwendige Wärmebehandlungsverfahren.



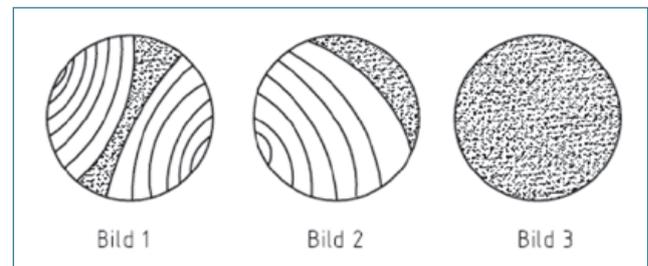
## Lösungsvorschlag

- Aus Diagramm:  
K = 0,45  
D/β = 0,17  
At = 0,93 mm
- Einsatzhärten – Aufkohlung der Randschicht zur Erhöhung des C-Gehalts in der Randschicht und anschließendes Härten und Anlassen

## U6

Bei der Montage bricht, verursacht durch einen Wärmebehandlungsfehler, die Welle häufig im Bereich des Gewindes. (Szenario: siehe Hinweispeil in der Skizze)

- Welcher Wärmebehandlungsfehler liegt vor? Nennen Sie zwei Möglichkeiten, diesen Fehler nachzuweisen.
- Durch welche Maßnahmen lässt sich ein Ausfall der Bauteile vermeiden?
- Welches der folgenden Bilder entspricht der zu erwartenden Bruchfläche?



## Lösungsvorschlag

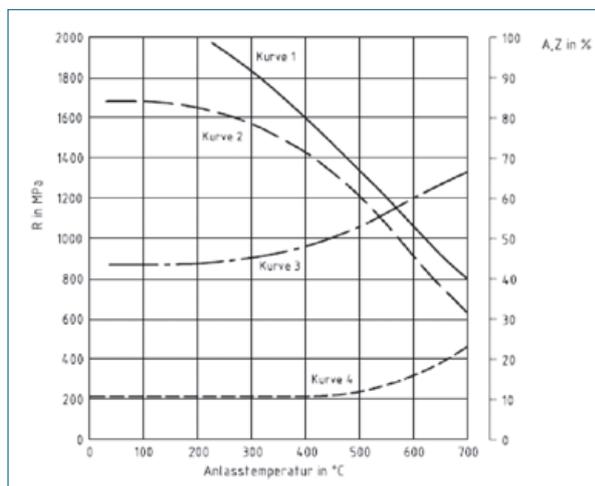
- Es wurde keine partielle Einsatzhärtung vorgenommen.  
Z. B. metallografischer Schliff, Einsatzhärteverlauf, Analyse der Bruchfläche
- Partielles Einsatzhärten, Hülse zur Abdeckung, Abdeckpaste
- Bild 3

## Szenario 3 für die Aufgaben U7 bis U8

Achsschenkel sollen aus normalgeglühtem 42CrMo4 hergestellt werden. Die Achsschenkel sollen mit einer Dehngrenze von 1.200 MPa ausgeliefert werden.

## U7

- Wie können Sie gewährleisten, dass sich die chemische Zusammensetzung des Werkstoffs nicht verändert? Gehen Sie auf die Chargierung und die Ofenatmosphäre ein.
- Benennen Sie die Kurven 1 bis 4.
- Ermitteln Sie die notwendige Anlasstemperatur, um eine Dehngrenze von 1.200 MPa zu erreichen.



## Lösungsvorschlag

- Chargierung: Abstand und Anordnung der Teile, Temperaturverteilung im Ofen  
Temperaturüberwachung: Temperaturmessung in den Ofenzonen  
Ofenatmosphäre (mit Begründung): Einstellung und Kontrolle der Atmosphäre
- Kurve 1: Zugfestigkeit  
Kurve 2: Dehngrenze  
Kurve 3: Brucheinschnürung  
Kurve 4: Bruchdehnung
- Ablese von etwa 510 °C

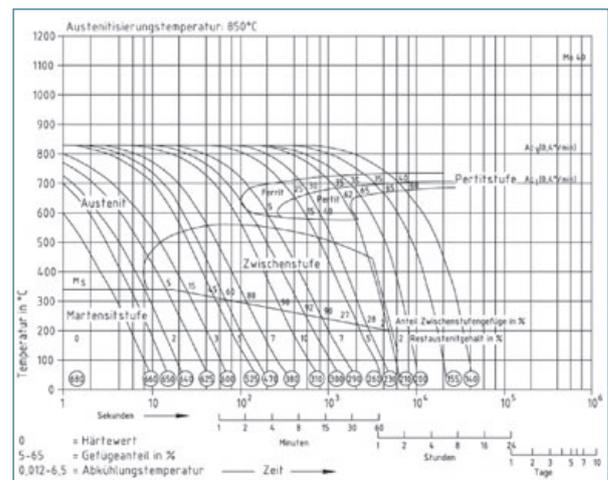
## U8

Es wird nach dem Härten eine Härte von 600 HV10 gemessen.

- Aus welchen Gefügebestandteilen besteht der Stahl?
- Bei welcher Temperatur beginnt bei der Abkühlung die Martensitbildung?
- Welche Härtewerte werden bei der oberen und unteren kritischen Abkühlungsgeschwindigkeit erreicht?

## Lösungsvorschlag

- 15 % Zwischenstufe (Bainit) und 3 % Restaustenit und 82 % Martensit
- Ca. 340 °C
- Vok = 640 HV10  
Vuk = 210 HV10



### Aufgabenstellungen im Prüfungsbereich Wärmebehandlungsfähigkeit von Bauteilen

Entsprechend dem Gesamtkonzept der PAL für die Gestaltung der gestreckten Abschlussprüfung im Beruf Werkstoffprüfer/-in, werden in den Prüfungsbereichen „Eigenschaften metallischer Werkstoffe“, „Eigenschaften polymerer Werkstoffe“, „Wärmebehandlungsfähigkeit von Bauteilen“ und „Beanspruchungen technischer Systeme dieselben Aufgaben gestellt. Im Fall der Musterprüfung handelt es sich um 15 ungebundene Aufgaben, die mit eigenen Worten in möglichst kurzen Sätzen beantwortet werden müssen. Hinzu kommen 40 gebundene Fragen. Die Aufgaben einschließlich der Lösungsvorschläge werden im Abschnitt zur Fachrichtung Metalltechnik mit freundlicher Genehmigung der PAL vorgestellt.<sup>21</sup>

Die ungebundenen Aufgaben erlauben z. T. fachrichtungsspezifische Lösungen, wenngleich gilt: „Generell sind alle Antworten unabhängig von der Fachrichtung zu bewerten. Die hier aufgeführten Beispiele sind nur Lösungsvorschläge.“

<sup>21</sup> Musterprüfung PAL, IHK Stuttgart 2015