



Name, Vorname	
Matrikel-Nr.	
Studienzentrum	
Studiengänge	Wirtschaftsingenieurwesen, Sonderstudiengang Technik
Modul	Werkstofftechnik
Art der Leistung	Prüfungsleistung
Klausur-Knz.	WB-WFT-P11-090425, TB-WFT-P11-090425
Datum	25.04.2009

Ausgegebene Arbeitsbögen _____

Abgegebene Arbeitsbögen _____

Ort, Datum

Ort, Datum

Name in Druckbuchstaben und Unterschrift Aufsichtführende(r)

Prüfungskandidat(in)

Aufgabe		1	2	3	4	5	6	7	8	9	Σ	Note
max. Punktezahl		13	10	12	9	15	8	12	12	9	100	--
Bewertung	Prüfer											
	ggf. Gutachter ¹											

Prüfer (Name in Druckbuchstaben)

Datum, Unterschrift

ggf. Gutachter (Name in Druckbuchstaben)

Datum, Unterschrift

¹ ggf. Gutachten im Rahmen eines Widerspruchsverfahrens

Anmerkungen Prüfer:

Datum, Unterschrift

Anmerkungen Gutachter:

Datum, Unterschrift

Sonstige Anmerkungen:

Datum, Unterschrift



Studiengänge	Wirtschaftsingenieurwesen, Sonderstudiengang Technik
Modul	Werkstofftechnik
Art der Leistung	Prüfungsleistung
Klausur-Knz.	WB-WFT-P11-090425, TB-WFT-P11-090425
Datum	25.04.2009

Bezüglich der Anfertigung Ihrer Arbeit sind folgende Hinweise verbindlich:

- Verwenden Sie ausschließlich das **vom Aufsichtsführenden zur Verfügung gestellte Papier** und geben Sie sämtliches Papier (Lösungen, Schmierzettel und nicht gebrauchte Blätter) zum Schluss der Klausur wieder bei Ihrem Aufsichtsführenden ab. Eine nicht vollständig abgegebene Klausur gilt als nicht bestanden. Die Klausur-Aufgaben können einbehalten werden. Dies bezieht sich **nicht** auf ausgeteilte Arbeitsblätter, auf denen Lösungen einzutragen sind.
- Beschriften Sie jeden Bogen mit Ihrem **Namen** und Ihrer **Immatrikulationsnummer**. Lassen Sie bitte auf jeder Seite 1/3 der Breite als **Rand für Korrekturen** frei und nummerieren Sie die Seiten fortlaufend. Notieren Sie bei jeder Ihrer Antworten, auf welche Aufgabe bzw. Teilaufgabe sich diese bezieht.
- Die Lösungen und Lösungswege sind in einer für den Korrektor **zweifelsfrei lesbaren Schrift** abzufassen. Korrekturen und Streichungen sind eindeutig vorzunehmen. Unleserliches wird nicht bewertet.
- Bei numerisch zu lösenden Aufgaben ist außer der Lösung stets der **Lösungsweg anzugeben**, aus dem eindeutig hervorzugehen hat, wie die Lösung zustande gekommen ist.
- Zur Prüfung sind bis auf Schreib- und Zeichenutensilien ausschließlich die nachstehend genannten **Hilfsmittel** zugelassen. Werden andere als die hier angegebenen Hilfsmittel verwendet oder **Täuschungsversuche** festgestellt, gilt die Prüfung als nicht bestanden und wird mit der **Note 5** bewertet.

Bearbeitungszeit:	90 Minuten
Anzahl Aufgaben:	– 9 –
Höchstpunktzahl:	– 100 –

Hilfsmittel
Keine

Vorläufiges Bewertungsschema:

Punktzahl		Note	
von	bis einschl.		
95	100	1,0	sehr gut
90	94,5	1,3	sehr gut
85	89,5	1,7	gut
80	84,5	2,0	gut
75	79,5	2,3	gut
70	74,5	2,7	befriedigend
65	69,5	3,0	befriedigend
60	64,5	3,3	befriedigend
55	59,5	3,7	ausreichend
50	54,5	4,0	ausreichend
0	49,5	5,0	nicht ausreichend

Aufgabe 1**insg. 13 Punkte**

Zu den vier Grenzfällen der chemischen Bindungen zählt die Ionenbindung. Die Ionenbindung erfordert dabei Atome, die Elektronen abgeben oder aufnehmen können.

- Beschreiben Sie den Vorgang der Ionenbindung am Beispiel von Natriumchlorid (NaCl). **4 Pkte**
- Begründen Sie, warum sich Werkstoffe mit Ionenbindung im festen Zustand durch eine niedrige elektrische Leitfähigkeit und eine niedrige Wärmeleitfähigkeit auszeichnen. **3 Pkte**
- Nennen Sie mindestens drei weitere charakteristische Eigenschaften von Werkstoffen, die über eine Ionenbindung verfügen. **6 Pkte**

Aufgabe 2**insg. 10 Punkte**

Eine wichtige Phasenumwandlung in der Werkstofftechnik ist der Übergang vom flüssigen zum festen Zustand (z. B. die Erstarrung einer flüssigen Metallschmelze in einer Form).

- Erläutern Sie, was in diesem Zusammenhang unter dem Begriff „Unterkühlung“ verstanden wird. Gehen Sie dabei von einem sehr reinem Stoff und einer unbewegten Schmelze aus. **4 Pkte**
- Skizzieren Sie die Unterkühlung beim Übergang von der flüssigen zur festen Phase anhand des Temperaturverlaufes und tragen Sie in die Zeichnung die Unterkühlung ΔT ein. **6 Pkte**

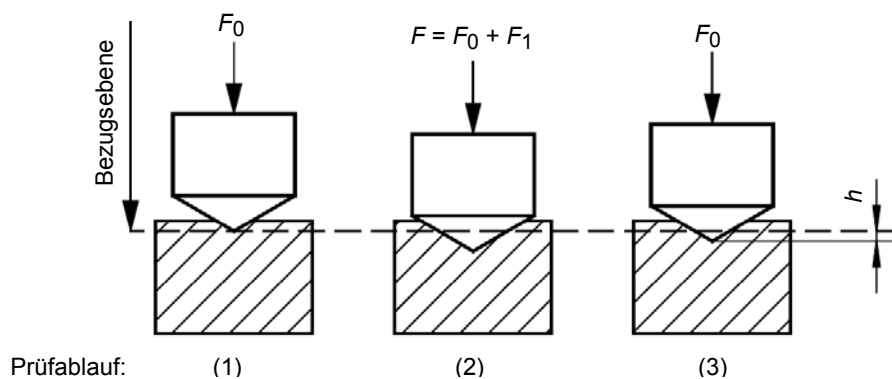
Aufgabe 3**insg. 12 Punkte**

Beim Oberflächenhärten wird die Energie zur Überführung des Gefüges in den austenitischen Zustand auf die Oberflächen bzw. oberflächennahen Bereiche konzentriert. Zu den Verfahren des Oberflächenhärtens gehört dabei das Flammhärten.

- Beschreiben Sie das Verfahren des Flammhärtens. **6 Pkte**
- Nennen Sie mindestens drei Bauteile, die durch Flammhärten wärmebehandelt werden. **6 Pkte**

Aufgabe 4**insg. 9 Punkte**

Schildern Sie den Prüfablauf bei der Härteprüfung nach ROCKWELL anhand der nachfolgend skizzierten drei Verfahrensschritte.



Aufgabe 5**insg. 15 Punkte**

Die nebenstehende Skizze zeigt schematisch die Bruchflächencharakteristik eines Schwingbruchs.

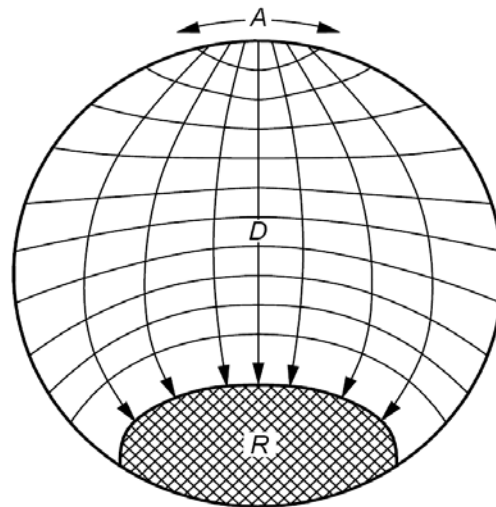
- a) Schildern Sie anhand der Skizze den Vorgang eines Schwingbruchs. Erläutern Sie dabei die markanten Merkmale bzw. Bereiche (*A*, *D*, *R*) der Bruchfläche.

9 Pkte

- b) Gewaltbrüche werden aufgrund der unterschiedlichen Bruchmechanismen in Spröd- und Zähbrüche unterteilt.

6 Pkte

Von welchen Einflussgrößen hängt es ab, ob ein Spröd- oder ein Zähbruch auftritt? Nennen Sie mindestens drei Einflussgrößen.

**Aufgabe 6****insg. 8 Punkte**

Technologische Prüfverfahren dienen prinzipiell zur Prüfung der Eignung eines Werkstoffs für ein bestimmtes Fertigungsverfahren oder einen speziellen Verwendungszweck.

Nennen Sie mindestens vier technologische Prüfverfahren zur Ermittlung des Formänderungsvermögens bzw. der Umformbarkeit metallischer Werkstoffe.

Aufgabe 7**insg. 12 Punkte**

Gusseisen mit Lamellengraphit macht etwa 2/3 der Welt-Gusseisenproduktion aus.

- a) Welche positiven Werkstoffeigenschaften des Gusseisens mit Lamellengraphit begründen den hohen Produktionsanteil? Geben Sie mindestens vier Eigenschaften an.
- b) Was für eine Gusseisen-Sorte würden Sie für ein Bauteil wählen, das einer hohen Zugbeanspruchung unterliegt? Begründen Sie Ihre Antwort.

8 Pkte

4 Pkte

Aufgabe 8**insg. 12 Punkte**

Für technisch anspruchsvolle Anwendungen werden häufig Titan-Werkstoffe verwendet.

- a) Durch welche Eigenschaften zeichnen sich Titan-Werkstoffe aus? Nennen Sie drei dieser Eigenschaften.
- b) Geben Sie mindestens drei Einsatzgebiete oder Produkte aus Titan-Werkstoffen an.

6 Pkte

6 Pkte

Aufgabe 9

insg. 9 Punkte

Beschreiben Sie in kurzen Worten den Aufbau der folgenden Verbundwerkstoff-Arten:

- (1) Faserverbundwerkstoffe
- (2) Schichtverbundwerkstoffe
- (3) Partikelverbundwerkstoffe



Korrekturrichtlinie zur Prüfungsleistung
Werkstofftechnik am 25.04.2009
Wirtschaftsingenieurwesen, Sonderstudiengang Technik
WB-WFT-P11-090425, TB-WFT-P11-090425

Für die Bewertung und Abgabe der Prüfungsleistung sind folgende Hinweise verbindlich:

- Die **Vergabe der Punkte** nehmen Sie bitte so vor, wie in der Korrekturrichtlinie ausgewiesen. Eine summarische Angabe von Punkten für Aufgaben, die in der Korrekturrichtlinie detailliert bewertet worden sind, ist nicht gestattet.
- Nur dann, wenn die Punkte für eine Aufgabe nicht differenziert vorgegeben sind, ist ihre Aufschlüsselung auf die einzelnen Lösungsschritte Ihnen überlassen.
- Stoßen Sie bei Ihrer Korrektur auf einen anderen richtigen als den in der Korrekturrichtlinie angegebenen Lösungsweg, dann nehmen Sie bitte die Verteilung der Punkte sinngemäß zur Korrekturrichtlinie vor.
- **Rechenfehler** sollten grundsätzlich nur zur Abwertung des betreffenden Teilschrittes führen. Wurde mit einem falschen Zwischenergebnis richtig weitergerechnet, dann erteilen Sie die hierfür vorgesehenen Punkte ohne weiteren Abzug.
- Ihre Korrekturhinweise und Punktbewertung nehmen Sie bitte in einer **zweifelsfrei lesbaren roten Schrift** vor.
- Die von Ihnen vergebenen Punkte und die sich daraus gemäß dem nachstehenden Notenschema ergebende Bewertung tragen Sie in den **Klausur-Mantelbogen** ein. Unterzeichnen Sie Ihre Notenfestlegung auf dem Mantelbogen.
- Gemäß der Prüfungsordnung ist Ihrer Bewertung folgendes **Notenschema** zugrunde zu legen:

Punktzahl		Note	
von	bis einschl.		
95	100	1,0	sehr gut
90	94,5	1,3	sehr gut
85	89,5	1,7	gut
80	84,5	2,0	gut
75	79,5	2,3	gut
70	74,5	2,7	befriedigend
65	69,5	3,0	befriedigend
60	64,5	3,3	befriedigend
55	59,5	3,7	ausreichend
50	54,5	4,0	ausreichend
0	49,5	5,0	nicht ausreichend

- Die korrigierten Arbeiten reichen Sie bitte spätestens bis zum

13. Mai 2009

in Ihrem Studienzentrum ein. Dies muss persönlich oder per Einschreiben erfolgen. Der **angegebene Termin ist unbedingt einzuhalten**. Sollte sich aus vorher nicht absehbaren Gründen eine Terminüberschreitung abzeichnen, so bitten wir Sie, dies unverzüglich dem Prüfungsamt unserer Hochschule anzuzeigen (Tel. 040 / 35094-311 bzw. birgit.hupe@hamburger-fh.de).

Lösung 1

vgl. SB 1: Kap. 2.1

insg. 13 Punktea) **Beschreibung der Ionenbindung am Beispiel von Natriumchlorid (NaCl):**

4 Pkte

Natrium besitzt ein Elektron auf der äußeren Schale, Chlor hingegen besitzt 7 Elektronen auf der äußeren Schale. Das Natrium gibt ein Elektron an das Chlor, so dass wegen des Ladungsgleichgewichts beider Atome Ionen entstehen: Na^+ infolge eines Elektronenmangels und Cl^- infolge des Elektronenüberschusses.

b) **Begründung für die niedrige elektrische und Wärmeleitfähigkeit der Ionenbindung:**

3 Pkte

Die niedrige elektrische Leitfähigkeit und die niedrige Wärmeleitfähigkeit der Ionenbindung lässt sich mit der festen Bindung der Elektronen an den Atomkern begründen.

c) **Weitere Eigenschaften der Ionenbindung:**

6 Pkte

- hoher Schmelzpunkt,
- hohe Festigkeit,
- hohe Härte,
- hoher Elastizitätsmodul,
- kleiner thermischer Ausdehnungskoeffizient,
- hohe chemische Beständigkeit.

(je 2 Pkte, max. 6 Pkte)

Lösung 2

vgl. SB 1: Kap. 3.1

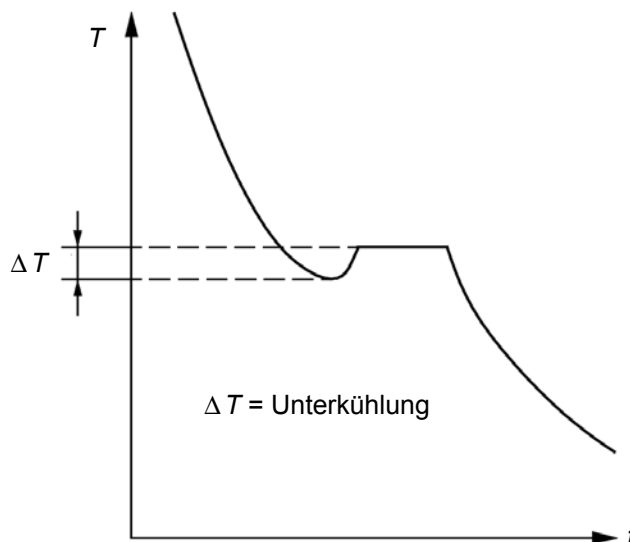
insg. 10 Punktea) **Unterkühlung beim Übergang vom flüssigen zum festen Zustand:**

4 Pkte

Bei der Abkühlung sehr reiner Stoffe und unbewegter Schmelze sinkt die Temperatur ein wenig unter den Erstarrungspunkt ab, bevor es zur Keimbildung kommt. Diese Unterschreitung des Schmelzpunktes wird als Unterkühlung bezeichnet.

b) **Temperaturverlauf bei der Unterkühlung:**

6 Pkte

**Lösung 3**

vgl. SB 2: Kap. 2.2.3

insg. 12 Punktea) **Verfahren des Flammhärtens:**

6 Pkte

Beim Flammhärten wird der zu härtende Oberflächenabschnitt mit einem Brenner, der mit einem Gas-Sauerstoffgemisch gespeist wird, schnell auf Härtetemperatur erhitzt und unmittelbar danach mit Wasser oder einem Luft-Wasser-Gemisch aus einer Brause abgeschreckt. Der Werkstückkern bleibt dabei ungehärtet.

b) Bauteile, die durch Flammhärten wärmebehandelt werden:**6 Pkte**

- Bolzen,
- Zapfen,
- Wellen,
- Zahnräder,
- Spurkränze,
- Maschinenbetten,
- etc.

(je 2 Pkte,
max. 6 Pkte)**Lösung 4****vgl. SB 2: Kap. 4.2.3****insg. 9 Punkte****Prüfablauf bei der Härteprüfung nach ROCKWELL:**

- (1) Zunächst wird eine Prüf(vor)kraft F_0 aufgebracht, um Unebenheiten der Oberfläche auszugleichen. Die Eindringtiefe bei der Vorkraft F_0 ist die Bezugsebene. (3 Pkte)
- (2) Danach wird die Zusatzkraft F_1 aufgebracht, so dass eine Gesamtkraft von $F = F_0 + F_1$ wirkt. Prüf(vor)kraft F_0 und Prüfzusatzkraft F_1 sind vom jeweiligen Prüfverfahren, d. h. der Wahl von Eindringkörper und dessen Abmessung abhängig. (3 Pkte)
- (3) Nach Rücknahme der Prüfzusatzkraft wird dann die bleibende Eindringtiefe h in mm unter dem Wirken der Prüf(vor)kraft F_0 gemessen. (3 Pkte)

Lösung 5**vgl. SB 3: Kap. 1.5, 2.1****insg. 15 Punkte****a) Vorgang eines Schwingbruchs und charakteristische Merkmale der Bruchfläche:****9 Pkte**

- Die *Anrissstelle* A ist der Ausgang des Schwingbruchs infolge einer ersten Werkstofftrennung durch Kerben oder Fehler im Werkstoff durch die Herstellung bzw. infolge der Bearbeitung. (3 Pkte)
- Dem schließt sich das Gebiet des *Daueranrisses* D an. Dieses Gebiet ist glatt und meist stark eingebnet. (3 Pkte)
- Am Ende tritt die *Restbruchfläche* R auf, die mehr oder weniger zerklüftet ist und die raue Teilfläche des Schwingbruchs bildet. Sie entsteht durch den plötzlich eintretenden Gewaltbruch nach Querschnittsschwächung infolge des Daueranrisses. (3 Pkte)

b) Einflussgrößen, ob ein Spröd- oder ein Zähbruch auftritt:**6 Pkte**

- Werkstoffeigenschaften,
- Temperatur,
- Mehrachsigkeit des Spannungszustandes,
- Spannungskonzentrationen an Kerben und Rissen,
- Beanspruchungsgeschwindigkeit.

(je 2 Pkte,
max. 6 Pkte)**Lösung 6****vgl. SB 3: Kap. 4.3****insg. 8 Punkte****Prüfverfahren zur Ermittlung der Umformbarkeit metallischer Werkstoffe:**

- Biegeversuch,
- Faltversuch,
- Hin- und Herbiegeversuch,
- Verwindeversuch,
- Wickelversuch,
- Rohraufweitversuch,
- Querfaltversuch,
- Tiefungsversuch (nach ERICHSEN),
- Näpfchenziehversuch.

(je 2 Pkte,
max. 8 Pkte)

Lösung 7

vgl. SB 4: Kap. 1.3.2, 1.3.3

insg. 12 Punkte**a) Positive Werkstoffeigenschaften von Gusseisen mit Lamellengraphit:****8 Pkte**

- gute Dämpfungsfähigkeit,
- gute Formfüllungsvermögen,
- gutes Fließvermögen,
- gute Spanbarkeit,
- gute Notlaufeigenschaften (gute Schmierwirkung),
- glühbar,
- legierbar.

(je 2 Pkte,
max. 8 Pkte)**b) Gusseisen-Sorte bei hoher Zugbeanspruchung:****4 Pkte**

Bei einer hohen Zugbeanspruchung ist Gusseisen mit Kugelgraphit zu wählen.

Da beim Gusseisen mit Lamellengraphit die Bindung des Graphits zur Matrix nur sehr locker ist, werden Zugspannungen über die Lamellen nicht übertragen. Dadurch kommt es an den Lamellen zur Ausbildung von Spannungskonzentrationen, welche die Zugfestigkeit vermindern.

Beim Gusseisen mit Kugelgraphit sind die Spannungsspitzen infolge der Kugelform geringer, wodurch sich eine höhere Zugfestigkeit ergibt.

Lösung 8

vgl. SB 4: Kap. 2.5

insg. 12 Punkte**a) Eigenschaften von Titanwerkstoffen:****6 Pkte**

- hohe Festigkeit,
- geringe Dichte (geringes Gewicht),
- hervorragende Korrosionsbeständigkeit,
- im Vergleich zu Stahl stärkeres Rückfedern (geringeres Elastizitätsmodul),
- durch Wärmebehandlung in weiten Bereichen an den Verwendungszweck anpassbar.

(je 2 Pkte,
max. 6 Pkte)**b) Einsatzgebiete oder Produkte aus Titan-Werkstoffen:****6 Pkte**

- Luft- und Raumfahrt (z. B. Antriebsteile),
- Pumpen, Behälter und Armaturen in der chemische Industrie sowie Verfahrenstechnik,
- Implantate für die Biomedizintechnik,
- Chemieanlagenbau (Druckbehälter und Rohre),
- Energieanlagen (Wärmetauscher und Kondensatoren in Wärmekraftwerken),
- Outdoor- und Sportartikel,
- Schmuck / Brillen,
- etc.

(je 2 Pkte,
max. 6 Pkte)**Lösung 9**

vgl. SB 5: Kap. 4, Übungsaufgabe 4.1

insg. 9 Punkte**Aufbau der Verbundwerkstoff-Arten:**

- (1) Faserverbundwerkstoffe: Einlagerung von langen oder kurzen Fasern (zumeist Glasfasern).
- (2) Schichtverbundwerkstoffe: Schichtaufbau bzw. Beschichtung durch feste, flüssige oder gasförmige Stoffe *oder* Sandwichstrukturen (z. B. Wabenstrukturen, die von einer oberen und unteren Schicht umgeben sind).
- (3) Partikelverbundwerkstoffe: Einlagerung von festen Teilchen *oder* Infiltration poröser Sinterkörper *oder* Zusatz von Nanopartikeln z. B in Kunststoffen.

(je 3 Pkte,
max. 9 Pkte)