



## Erwartungshorizont – Werkstoffkunde 1

<b>Themengebiet</b>	<b>Umfasst unter anderem folgende Aufgaben-/Problemstellungen:</b>
Physikalische Eigenschaften der Werkstoffe	<ul style="list-style-type: none"><li>• Definition der Begriffe Gleichgewichtsabstand, Elastizität, Plastizität, Wärmeausdehnung, Wärmeleitfähigkeit, spezifische Wärmekapazität, elektrische Leitfähigkeit</li><li>• Optische Eigenschaften</li></ul>
Mechanische Kennwerte	<ul style="list-style-type: none"><li>• Definition der Begriffe Homogenität, Isotropie/Anisotropie, Elastizität, Plastizität, Festigkeit, Härte, Duktilität</li><li>• Arten und Aufteilung der Prüfverfahren</li><li>• Zugversuch: Bedeutung, Normung, Festigkeits- und Verformungskennwerte</li><li>• Härteprüfung: Bedeutung, Normung, Härteskala, Einteilung der Verfahren (Brinell, Rockwell, Vickers)</li><li>• Kerbschlagbiegeversuch: Bedeutung, Kennwert Kerbschlagarbeit, auftretende Brucharten</li><li>• Kriechversuch: Bedeutung, Bereiche der Kriechkurve, Bedeutung, Normung, Kennwerte</li><li>• Relaxationsversuch: Bedeutung, Normung, Kennwerte</li></ul>
Anordnung der Atome im Festkörper	<ul style="list-style-type: none"><li>• Bindungsarten der Atome: Ionenbindung, kovalente Bindung, metallische Bindung, sekundäre Bindungen</li><li>• Räumliche Atomanordnung</li><li>• Einteilung der Werkstoffgruppen</li><li>• Der Kristalline Aufbau der Metalle: Elektrostatische Wechselwirkung und Atomabstand, Kristallgitter (mit Darstellung), analytische Beschreibung des Raumgitters, Gitteraufbau, Analyse der Kristallstruktur, Gitterlücken, Kristall-Polymorphie, Anisotropie/Quasiisotropie/Textur</li></ul>
Kristallplastizität und Gitterbaufehler	<ul style="list-style-type: none"><li>• Kristallplastizität: Normal- und Schubspannung, atomistische Deutung der Kristallplastizität</li><li>• Gitterbaufehler: Punktfehler, linienhafte, flächenhafte und räumliche Fehler</li></ul>
Festkörperthermodynamik - Zustandsschaubilder	<ul style="list-style-type: none"><li>• Experimentelle und theoretische Bestimmung</li><li>• Gibbssche Phasenregel</li><li>• Grundtypen der Zustandsschaubilder von Zweistoffsystemen: System vollständiger Mischbarkeit, eutektische Systeme, peritektische Systeme, sonstige Systeme</li><li>• Nutzen: Bestimmung der relativen Phasenmengen/Hebelgesetz, Gefügebestandteile</li><li>• Zustandsschaubilder mit mehr als zwei Komponenten: Konzentrationsdreieck</li></ul>
Kinetik (Diffusion)	<ul style="list-style-type: none"><li>• Definition von thermisch aktivierten Vorgängen</li><li>• Diffusionsarten, Diffusionsmechanismen, Diffusionswege</li><li>• Mathematische Beschreibung der Diffusion: Stationäre Diffusionsbedingungen/ 1. Ficksches Gesetz, nichtstationäre Diffusionsvorgänge/ 2. Ficksches Gesetz, Diffusionskoeffizient</li></ul>
Phasenumwandlungen	<ul style="list-style-type: none"><li>• Diffusionsgesteuerte Phasenumwandlungen: homogene und heterogene Keimbildung, Keimbildungsrate, Keimwachstumsrate</li><li>• Diffusionslose Phasenumwandlungen: martensitische Umwandlung im Stahl</li><li>• ZTU-Schaubilder: Zweck, Aufbau und Arten</li></ul>



Festigkeitssteigerung	<ul style="list-style-type: none"><li>• Mischkristallhärtung: Arten von Mischkristallen, Verfestigungseffekte</li><li>• Versetzungshärtung (Kaltverfestigung): Einkristallverfestigung und Vielkristallverfestigung</li><li>• Feinkornhärtung</li><li>• Teilchenhärtung: Ausscheidungshärtung und Dispersionshärtung</li><li>• Umwandlungshärtung</li></ul>
Wärmebehandlungen	<ul style="list-style-type: none"><li>• Temperaturabhängige Entfestigung: Kristallerholung, Rekristallisation, Kornwachstum</li><li>• Temperaturabhängige Homogenisierung: Diffusionsglühen, Normalglühen und Spannungsarmglühen</li><li>• Temperaturabhängige Verfestigung: Ausscheidungshärtung, Umwandlungshärtung</li><li>• Wärmebehandlung von Stählen: Verfahren zur Entfestigung, Homogenisierung und Festigkeitssteigerung</li></ul>
Chemische Beständigkeit	<ul style="list-style-type: none"><li>• Ursachen chemischer Unbeständigkeit: Definitionen (Korrosion, Erosion und Kavitation, Arten der Korrosion), Beschreibung der Vorgänge der Oxidation und elektrochemischen Korrosion</li><li>• Arten von Korrosionselementen: Konzentrationszelle, galvanische Zelle, Sauerstoffkonzentrationszelle</li><li>• Kinetik der Metallauflösung</li><li>• Passivierung: Begriffsdefinition und Stromdichte-Potential-Kurven</li><li>• Erscheinungsformen der Korrosion</li><li>• Korrosionsschutz</li></ul>
Bruchmechanik und Ermüdung von Werkstoffen	<ul style="list-style-type: none"><li>• Bruchmechanik: Definition und Zielsetzung, Sprödbruchkriterium nach Griffith, Rissausbreitungskraft und Spannungsintensitätsfaktor, Rissöffnungsarten, Beschreibung des Spannungsfelds und der plastischen Zone vor der Rissspitze</li><li>• Ermüdung: Begriffsabgrenzung, Ermüdungsversuch, Ermüdung unter sinusförmiger Belastung, Wöhlerkurven, Spannungs-Dehnungs-Hysterese, mikrostrukturelle Veränderungen</li></ul>
Gefügeanalyse und Mikroskopie	<ul style="list-style-type: none"><li>• Lichtmikroskopie: Grundlagen und Anwendungen</li><li>• Rasterelektronenmikroskopie: Grundlagen und Anwendungen</li></ul>

### **Auswahl an Referenzen:**

1. Bargel, H.-J., Schulze, G.: Werkstoffkunde. Springer Verlag, 2008.
2. Bausch, H.-J., Bohm, J., Kleber, I.: Einführung in die Kristallographie. Verlag Oldenbourg, 2002.
3. BDS-Fachbuchreihe Bd. 14: Fragen und Antworten aus der Werkstoffkunde. Vertriebsgesellschaft des BDS, 1975.
4. Berns, H., Theisen, W.: Eisenwerkstoffe – Stahl und Gusseisen. Springer Verlag, 2008.
5. Bergmann, W.: Werkstofftechnik Teil 1+2. Carl Hanser Verlag, 2008.
6. Dietrich, H.: Mechanische Werkstoffprüfung. expert Verlag, 1994.
7. Haasen, P.: Physikalische Metallkunde. Springer Verlag, 1994.
8. Hellerich, W., Harsch, G., Haenle, S.: Werkstoffführer – Kunststoffe. Hanser Fachbuchverlag, 2004.



9. Hornbogen, E., Eggeler, G., Werner, E.: Werkstoffe, Aufbau und Eigenschaften. Springer Verlag, 2009.
10. Ilschner, B., Singer, R. F.: Werkstoffwissenschaften und Fertigungstechnik, Eigenschaften, Vorgänge, Technologien. Springer Verlag, 2005.
11. Kalpakjian, S., Schmid, S.R., Werner, E.: Werkstofftechnik. Pearson, 2011.
12. Menges, G.: Werkstoffkunde Kunststoffe. Hanser Fachbuchverlag, 2002.
13. Merkel, M., Tomas, K.-J.: Taschenbuch der Werkstoffe. Carl Hanser Verlag, 2008.
14. Schatt, W., Worch, H., Werkstoffwissenschaften. Wiley-VCH Verlag, 2002.
15. Schmidt, W., Dietrich, H.: Praxis der mechanischen Werkstoffprüfung. expert Verlag, 1999.
16. Shackelford, J. F.: Werkstofftechnologie für Ingenieure. Pearson Studium, 2007.
17. Weißbach, W., Dahms, M.: Aufgabensammlung Werkstoffkunde und Werkstoffprüfung. Fragen – Antworten. Verlag Vieweg + Teubner, 2008.
18. Werner, E., Hornbogen, E., Jost, N., Eggeler, G.: Fragen und Antworten zu Werkstoffe. Springer Verlag, 2010.



### Level of Expectations – Material Science 1

Topic	Comprises, amongst others, the following tasks and problem statements:
Physical properties of the materials	<ul style="list-style-type: none"><li>• Definition of the terms equilibrium distance, elasticity, plasticity, thermal expansion, thermal conductivity, specific heat capacity, electrical conductivity</li><li>• Optical properties</li></ul>
Mechanical properties	<ul style="list-style-type: none"><li>• Definition of the terms homogeneity, isotropy/anisotropy, elasticity, plasticity, strength, hardness, ductility</li><li>• Types and classification of test methods</li><li>• Tensile test: relevance, standardization, strength and deformation characteristics</li><li>• Hardness testing: relevance, standardization, hardness scale, classification of methods (Brinell, Rockwell, Vickers)</li><li>• Impact test: relevance, characteristic value impact energy, types of fracture occurring</li><li>• Creep test: relevance, parts of the creep curve, standardization, characteristic values</li><li>• Relaxation test: relevance, standardization, characteristic values</li></ul>
Arrangement of atoms in a solid state	<ul style="list-style-type: none"><li>• Types of bond between the atoms: ionic bond, covalent bond, metallic bond, secondary bonds</li><li>• Spatial atomic arrangement</li><li>• Classification of material groups</li><li>• The crystalline structure of metals: electrostatic interaction and atomic spacing, crystal lattice (with illustration), analytical description of the spatial lattice, lattice structure, analysis of the crystal structure, lattice gaps, crystal polymorphism, anisotropy/quasiisotropy/texture</li></ul>
Crystal plasticity and lattice structure defects	<ul style="list-style-type: none"><li>• Crystal plasticity: normal and shear stress, atomistic interpretation of crystal plasticity</li><li>• Lattice structure defects: point defects, linear, plane and spatial defects</li></ul>
Solid state thermodynamics - Condition diagrams	<ul style="list-style-type: none"><li>• Experimental and theoretical analysis</li><li>• Gibbs' phase rule</li><li>• Basic types of condition diagrams of binary systems: system of complete miscibility, eutectic systems, peritectic systems, other systems</li><li>• Use: Determination of relative phase quantities/leverage law, microstructure constituents</li><li>• Condition diagrams with more than two components: concentration triangle</li></ul>
Kinetics (diffusion)	<ul style="list-style-type: none"><li>• Definition of thermally activated processes</li><li>• Diffusion types, diffusion mechanisms, diffusion paths</li><li>• Mathematical description of diffusion: Stationary diffusion conditions / Fick's 1st law, non-stationary diffusion processes / Fick's 2nd law, diffusion coefficient</li></ul>
Phase transformations	<ul style="list-style-type: none"><li>• Diffusion controlled phase transformations: homogeneous and heterogeneous nucleation, nucleation rate, growth rate</li><li>• Diffusionless phase transformations: martensitic transformation in steel</li><li>• TTT diagrams: Purpose, structure and types</li></ul>



Hardening	<ul style="list-style-type: none"><li>• Solid solution hardening: types of solid solution, hardening effects</li><li>• Dislocation hardening (work hardening): single crystal strain hardening and multi-crystal strain hardening</li><li>• Fine grain hardening</li><li>• Particle hardening: Precipitation hardening and dispersion hardening</li><li>• Conversion hardening</li></ul>
Heat treating	<ul style="list-style-type: none"><li>• Temperature-dependent softening: crystal recovery, recrystallisation, grain growth</li><li>• Temperature-dependent homogenization: diffusion annealing, normalizing and stress-relief annealing</li><li>• Temperature-dependent hardening: Precipitation hardening, transformation hardening</li><li>• Heat treatment of steels: Process for softening, homogenizing and increasing strength</li></ul>
Chemical resistance	<ul style="list-style-type: none"><li>• Causes of chemical inconsistency: definitions (corrosion, erosion and cavitation, types of corrosion), description of oxidation and electrochemical corrosion processes</li><li>• Types of corrosion elements: concentration cell, galvanic cell, oxygen concentration cell</li><li>• Kinetics of metal dissolution</li><li>• Passivation: Definition of terms and current density potential curves</li><li>• Appearances of corrosion</li><li>• Corrosion protection</li></ul>
Fracture mechanics and fatigue of materials	<ul style="list-style-type: none"><li>• Fracture mechanics: Definition and objective, brittle fracture criterion according to Griffith, crack propagation force and stress intensity factor, crack opening types, description of the stress field and plastic zone in front of the crack tip</li><li>• Fatigue: Definition of terms, fatigue test, fatigue under sinusoidal load, Wöhler (S-N) curves, stress-strain hysteresis, microstructural changes</li></ul>
Structural analysis and microscopy	<ul style="list-style-type: none"><li>• Light microscopy: basics and applications</li><li>• Scanning Electron Microscopy: Fundamentals and Applications</li></ul>

**Selected references:**

1. Ashby, M.F., Jones, D.R.H.: Engineering Materials 1 – An Introduction to their Properties, Applications and Design. Butterworth-Heinemann, Oxford 2005.
2. Ashby, M.F., Jones, D.R.H.: Engineering Materials 2 – An Introduction to Microstructures, Processing and Design. Butterworth-Heinemann, Oxford 2005.