

Syllabus Grundlagenkenntnisse für Stufe 3

Syllabus BASIC Knowledge for Level 3

Dieses Dokument ist eine Kopie des genehmigten Originaldokumentes und wird im Rahmen der kontrollierten Verteilung ohne weitere Genehmigungsvermerke verwendet. Dem jeweiligen Nutzer/Anwender kontrolliert verteilter Dokumente obliegt eigenverantwortlich die Anwendung der gemäß Veröffentlichung der SECTOR Cert gültigen Versionen von Dokumenten. Durch Revision ersetzte Dokumente sind zu vernichten.

This document is a copy of the approved original document and applies within the frame of a controlled distribution without additional approval statements. It is the responsibility of the individual user of the controlled distributed document to use the valid version according to the release of SECTOR Cert. Documents superseded by revisions have to be destroyed.

Dieses Schriftstück ist ein urheber- und verwertungsrechtlich geschütztes Dokument. Ohne Zustimmung der SECTOR Cert darf es weder vervielfältigt noch als Ganzes zitiert werden. Zuwiderhandlungen werden nach Paragraph 106 UrhG verfolgt.

This paper is a legally protected copyrighted document. It may not be reproduced or quoted, in whole or in part, without approval of SECTOR Cert. Violations will be prosecuted according to Article 106 of the Copyright Act.

© SECTOR Cert - Gesellschaft für Zertifizierung GmbH Siegburg 2024

INHALTVERZEICHNIS / TABLE OF CONTENTS

GRUNDLAGENKENNTNISSE FÜR STUFE 3.....	3
BASIC KNOWLEDGE FOR LEVEL 3.....	3

	Grundlagenkenntnisse für Stufe 3		Basic knowledge for Level 3
Nr./No	Themen	Dauer Duration	Subjects
A1	Werkstoffkunde und Werkstoffprüfung	8 h	Materials science and testing
1.	Werkstoffgruppen und Werkstoffeigenschaften		Material groups and properties
1.1	Allgemeines		General
1.2	Werkstoffgruppen		Material groups
1.3	Werkstoffeigenschaften		Material properties
1.3.1	Allgemein		General
1.3.2	Mechanische Eigenschaften		Mechanical properties
1.3.3	Elektrische und magnetische Eigenschaften		Electrical and magnetic properties
1.3.4	Chemisch-physikalische Eigenschaften		Chemical-physical properties
1.3.5	Sonstige Anwendungseigenschaften		Other application characteristics
1.3.6	Verarbeitungstechnische Eigenschaften		Processing characteristics
1.3.7	Volkswirtschaftliche und gesellschaftliche Faktoren		Social and economic factors
2.	Eisenwerkstoffe: Roheisengewinnung und Stahlherstellung		Ferrous materials: Pure iron extraction and steel production
2.1	Roheisengewinnung		Pure iron production
2.2	Stahlherstellung		Steel production
2.2.1	Frischen und Elektrostahlverfahren		Basic oxygen and electric arc process
2.2.2	Nachbehandlung des Stahls		Post-treatment of steel
2.2.3	Vergießen des Stahls		Casting of steel
2.3	Weiterverarbeitung des Stahls		Further processing of steel
3	Eisenwerkstoffe - Bezeichnung und Einteilung		Ferrous materials - Designation and classification
3.1	Bezeichnung der Stähle und Gusseisenwerkstoffe		Designation for steels and cast iron materials
3.1.1	Kurznamen für Stähle nach EN 10027		Steel names according to EN 10027
3.1.2	Kurznamen für Gusseisenwerkstoffe nach EN 1560		Cast iron names according to EN 1560
3.1.3	Werkstoffnummern für Stähle, Stahlguss und Gusseisenwerkstoffe		Material numbers for steels, cast steel and cast iron materials
3.2	Einteilung der Stähle und Gusseisenwerkstoffe		Classification of steels and cast iron materials
3.2.1	Einteilung nach der Verwendung		Classification according to application
3.2.2	Einteilung nach der chemischen Zusammensetzung		Classification according to chemical composition
3.2.3	Einteilung nach Hauptgüteklassen		Classification according to main quality classes
4	Metallkunde und Legierungstechnik		Metallic materials and alloying techniques
4.1	Aufbau und Struktur der Metalle		Composition and structure of metals
4.2	Kristalle		Crystals

	Grundlagenkenntnisse für Stufe 3		Basic knowledge for Level 3
Nr./No	Themen	Dauer Duration	Subjects
4.3	Gefüge		Microstructure
4.4	Legierungen		Alloys
5	Gefüge der Eisenwerkstoffe / Eisen-Kohlenstoff-Diagramm		Microstructure of ferrous materials / Iron-carbon phase diagram
5.1	Einleitung		Introduction
5.2	Vergleich von α-Eisen und γ-Eisen		Comparison of α -iron and γ -iron
5.3	Gefüge der Eisen-Werkstoffe		Microstructure of ferrous materials
5.3.1	Stähle mit einem C-Gehalt < 0,8 %		Steels with <0.8 % C
5.3.2	Stahl mit einem C-Gehalt von 0,8 %		Steel with 0.8 % C
5.3.3	Stähle mit einem C-Gehalt von 0,8 % bis 2 %		Steels with >0.8 % to 2 % C
5.3.4	Eisen-Werkstoffe mit einem C-Gehalt > 2 %		Ferrous materials with >2 % C
5.4	Das Eisen-Kohlenstoff-Diagramm		The iron-carbon phase diagram
6	Einfluss von Legierungselementen auf die Eigenschaften der Stähle		Influence of alloying elements on the properties of steels
6.1	Legierungstechnik		Alloying technology
6.2	Wirkung von Legierungselementen		Effect of alloying elements
6.2.1	Mangan (Mn)		Manganese (Mn)
6.2.2	Silizium (Si)		Silicon (Si)
6.2.3	Chrom (Cr)		Chromium (Cr)
6.2.4	Molybdän (Mo)		Molybdenum (Mo)
6.2.5	Nickel (Ni)		Nickel (Ni)
6.2.6	Titan (Ti) und Niob (Nb)		Titanium (Ti) and Niobium (Nb)
6.2.7	Wolfram (W) und Vanadium (V)		Tungsten (W) and Vanadium (V)
6.3	Nichtrostende Stähle und andere legierte Stähle		Stainless steels and other alloyed steels
6.3.1	Ferritische Chromstähle		Ferritic chromium steels
6.3.2	Austenitische Stähle		Austenitic steels
6.4	Übersicht der Wirkung von Legierungselementen		Overview of effects of alloying elements
7	Wärmebehandlung der Stähle		Heat treatment of steels
7.1	Grundsätzliches		Fundamentals
7.2	Glühen		Annealing
7.2.1	Glühverfahren		Annealing process
7.2.2	Spannungsarmglühen		Stress relieving
7.2.3	Rekristallisationsglühen		Recrystallization
7.2.4	Weichglühen		Full annealing
7.2.5	Normalglühen		Normalization
7.2.6	Diffusionsglühen		Diffusion annealing (homogenization)

	Grundlagenkenntnisse für Stufe 3		Basic knowledge for Level 3
Nr./No	Themen	Dauer Duration	Subjects
7.3	Härten		Hardening
7.3.1	Prinzip des Härtens		Principle of hardening
7.3.2	Abkühlgeschwindigkeit und Gefügeausbildung		Cooling speed and microstructure formation
7.3.3	ZTU-Schaubilder		TTT charts
7.4	Vergüten		Quenching
7.5	Härten der Randschicht		Surface hardening
7.6	Zusammenfassung und Überblick		Summary and overview
8	Nichteisen-Metalle, Nichtmetalle und Verbundwerkstoffe		Nonferrous metals, nonmetals and composites
8.1	Einführung und Übersicht		Introduction and overview
8.2	Nichteisen-Metalle		Nonferrous metals
8.2.1	Aluminium		Aluminum
8.2.2	Magnesium		Magnesium
8.2.3	Titan		Titanium
8.2.4	Kupfer		Copper
8.2.5	Nickel		Nickel
8.3	Nichtmetalle – Natürliche Werkstoffe (Naturstoffe)		Nonmetals - natural materials
8.3.1	Mineralische Naturstoffe		Minerals
8.3.2	Organische Naturstoffe		Organic natural products
8.4	Nichtmetalle – Synthetische Werkstoffe		Non-metals - Synthetic materials
8.4.1	Synthetische anorganische Werkstoffe		Synthetic inorganic materials
8.4.2	Synthetische organische Werkstoffe – Kunststoffe		Synthetic organic materials - Plastics
8.5	Verbundwerkstoffe		Composite materials
8.5.1	Faser- und Teilchen-Verbundwerkstoffe		Fiber and particle composites
8.5.2	Schicht- und Strukturverbunde		Layer and structural composites
8.6	ZfP von Nichtmetallen und Verbundwerkstoffen		NDT of non-metals and composite materials
9	Werkstoffkennwerte und zerstörende Werkstoffprüfung		Properties of materials and destructive testing
9.1	Einführung		Introduction
9.2	Zugversuch		Tensile testing
9.3	Kerbschlagbiegeversuch		Impact testing
9.4	Härteprüfung		Hardness testing
9.5	Dauerschwingversuch		Fatigue testing
9.6	Zeitstandversuch		Creep testing
A2	Fertigungstechniken	8 h	Manufacturing techniques
1.1	Begriffsbestimmung		Terms and Definitions

	Grundlagenkenntnisse für Stufe 3		Basic knowledge for Level 3
Nr./No	Themen	Dauer Duration	Subjects
1.2	Urformen		Primary shapes
1.3	Umformen		Forming
1.4	Trennen		Machining
1.5	Fügen		Joining
1.6	Beschichten		Coatings
1.7	Stoffeigenschaften ändern		Changing of material properties
2	Stahlherstellung und -verarbeitung - Fehlerkunde		Steel production and processing - Origin of discontinuities
2.1	Vergießen von Stahl		Casting of steels
2.1.1	Unberuhigter vergossener Stahl		Rimmed steel
2.1.2	Beruhigt vergossener Stahl		Killed Steel
2.2	Vergussfehler		Casting defects
2.2.1	Gasblasen		Gas porosity
2.2.2	Einschlüsse		Inclusions
2.2.3	Seigerungen		Segregations
2.2.4	Nicht vollständig abgetrennter Kopflunker		Incompletely removed pipe
2.3	Fehler bei Stahlverarbeitung		Defects during steel processing
2.3.1	Herstellung von Halbzeug durch plastische Verformung		Production of semi-finished products by plastic forming
3.	Formgießen und Gussfehler		Mold casting and casting defects
3.1	Vorwort		Foreword
3.2	Gießen als Herstellungsverfahren		Casting as a manufacturing process
3.2.1	Sandguss		Sand casting
3.2.2	Druckguss		Die Casting
3.2.3	Schleuderguss		Centrifugal casting
3.3	Entstehung von Gussfehlern		Development of casting defects
3.3.1	Fehlerkatalog Formguss		Defect catalogue for mold casting
3.3.2	Gaseinschlüsse		Gas inclusions
3.3.3	Feststoffeinschlüsse		Solid inclusions
3.3.4	Schwindungshohlräume (Lunker)		Shrinkage cavities (blowholes)
3.3.5	Kaltrisse		Cold cracks
3.3.6	Heissrisse		Hot cracks
3.3.7	Kernstützen / Einbauten		Chaplets / inserts
4	Schmieden und Schmiedefehler		Forging and forging defects
4.1	Einleitung		Introduction
4.2	Techniken, Fertigungsfolge und Prüfzeitpunkte		Techniques, production sequence and testing stages
4.2.1	Schmiedetechniken		Forging techniques
4.2.2	Fertigungsablauf		Production sequence

	Grundlagenkenntnisse für Stufe 3		Basic knowledge for Level 3
Nr./No	Themen	Dauer Duration	Subjects
4.2.3	Prüfzeitpunkte		Testing stages
4.3	Fehler im Vormaterial		Defects in the starting material
4.3.1	Definition		Definition
4.3.2	Lunker und Gaseinschlüsse		Shrinkage cavity and gas inclusions
4.3.3	Feststoffeinschlüsse		Solid inclusions
4.4	Materialfehler beim Umformen		Material defects during forming
4.4.1	Allgemeines		General information
4.4.2	Oberflächenrisse und -falten		Surface cracks and laps
4.4.3	Innen- und Kernrisse		Internal and core cracks
4.5	Trennungen bei mechanischer Bearbeitung		Defects during mechanical processing
4.5.1	Schleifrisse		Grinding cracks
4.5.2	Innenliegende Anrisse		Interior cracks
4.6	Materialtrennungen bei der Wärmebehandlung		Defects during heat treatment
4.6.1	Allgemeines		General information
4.6.2	Spannungsrisse		Stress cracks
4.6.3	Flockenrisse		Flakes
5	Schmelzschweißverfahren und Schweißnahtfehler		Fusion welding methods and weld defects
5.1	Schweißen und Schweißverfahren		Welding and welding methods
5.2	Aufbau von Schmelzschweißnähten		Structure of fusion welds
5.3	Stoß- und Fugenformen von Schweißnähten		Joint and fusion shapes of welds
5.4	Schweißverfahren		Welding methods
5.4.1	Lichtbogen-Hand-Schweißen (E-Hand)		Manual arc welding
5.4.2	Unter-Pulver-Schweißen (UP)		Submerged arc welding (SAW)
5.4.3	Metall-Schutzgas-Schweißen (MIG/MAG)		Metal inert gas welding (MIG/MAG)
5.4.4	Wolframinertgas-Schweißen (WIG)		Tungsten inert gas welding (TIG)
5.5	Unregelmäßigkeiten in Schweißnähten		Imperfections in welds
5.5.1	Fehlerentstehung beim Schweißen		Development of welding defects
5.5.2	Risse		Cracks
5.5.3	Hohlräume		Cavities
5.5.4	Feste Einschlüsse		Solid inclusions
5.5.5	Bindefehler und ungenügende Durchschweißung		Lack of fusion and incomplete penetration
5.5.6	Form- und Maß-Abweichungen		Shape and dimensional deviations
6	Rohrherstellung und Fehler in Rohren		Tube production and defects in tubes
6.1	Fertigungsverfahren		Manufacturing processes
6.1.1	Herstellung nahtloser Rohre		Production of seamless tubes
6.1.2	Herstellung UP-geschweißter Rohre		Production of SAW-welded pipes

	Grundlagenkenntnisse für Stufe 3		Basic knowledge for Level 3
Nr./No	Themen	Dauer Duration	Subjects
6.1.3	Herstellung widerstandspressgeschweißter Rohre		Production of resistance welded tubes
6.2	Fehler in Rohren		Defects in tubes
6.2.1	Fehler in nahtlosen Rohren		Defects in seamless tubes
6.2.2	Fehler in UP-Nähten		Defects in SAW welds
6.2.3	Fehler in Hochfrequenz-Pressschweißungen		Defects in high-frequency pressure welds
A3	Betriebsbedingte Unvollkommenheiten	4 h	Service-induced discontinuities
1	Betriebsbedingte Unvollkommenheiten		Service-induced discontinuities
2	Schäden durch mechanische Beanspruchung		Damage caused by mechanical stress
2.1	Grundbelastungsfälle und Versagensarten		Basic load cases and failure modes
2.2	Festigkeitsberechnung		Strength calculation
2.3	Schäden durch mechanische Beanspruchung		Damage caused by mechanical stress
2.3.1	Gewaltbruch		Fracture
2.3.2	Schwingungsbruch		Fatigue failure
3	Schäden durch Korrosion		Damage by corrosion
3.1	Einleitung		Introduction
3.2	Korrosionsarten		Types of corrosion
3.2.1	Korrosionsarten ohne mechanische Beanspruchung		Types of corrosion without mechanical stress
3.2.1.1	<i>Gleichmäßige Flächenkorrosion</i>		<i>Uniform surface corrosion</i>
3.2.1.2	<i>Örtlich begrenzte Korrosion</i>		<i>Local corrosion</i>
3.2.1.3	<i>Selektive Korrosion</i>		<i>Selective corrosion</i>
3.2.2	Korrosionsarten mit mechanischer Beanspruchung		Types of corrosion with mechanical stress
3.2.2.1	<i>Spannungsrisskorrosion (SPRK)</i>		<i>Stress corrosion cracking (SCC)</i>
3.2.2.2	<i>Schwingungsrisskorrosion</i>		<i>Corrosion fatigue</i>
3.2.3	Wasserstoffinduzierte Korrosion		Hydrogen induced corrosion
3.3	Maßnahmen zum Korrosionsschutz		Measures for corrosion protection
3.3.1	Vermeidung kondensierter Feuchtigkeit		Avoiding condensed moisture
3.3.2	Wasseraufbereitung		Water treatment
3.3.3	Einsatz von korrosionsbeständigen Legierungen		Use of corrosion-resistant alloys
3.3.4	Überzüge und Beschichtungen		Covers and coatings
3.3.5	Kathodischer Korrosionsschutz		Cathodic corrosion protection
4	Schäden durch thermische Beanspruchungen		Damage by thermal stresses
4.1	Hochtemperaturbruch		High temperature failure

	Grundlagenkenntnisse für Stufe 3		Basic knowledge for Level 3
Nr./No	Themen	Dauer Duration	Subjects
4.1.1	Zeitstandverhalten / Kriechen		Creep behavior / Creep
4.2	Risse durch thermische Beeinflussung des Gefüges		Cracks caused by thermal effects on the microstructure
4.2.1	Heißrisse		Hot cracks
4.2.2	Temperaturwechselrisse		Temperature cycling cracks
4.2.3	Sonstige Risse durch thermische Gefügebeeinflussung		Miscellaneous cracks by thermal effects on microstructure
4.3	Korrosive Schädigungen (Hochtemperaturkorrosion)		Corrosive defects (high temperature corrosion)
4.3.1	Verzunderung		Scaling
5	Schäden durch tribologische Beanspruchungen		Damage by tribological stress
5.1	Definitionen und Einleitung		Definitions and introduction
5.2	Gleitverschleiß		Sliding wear
5.3	Wälzverschleiß		Rolling wear
5.4	Schwingungsverschleiß		Vibration wear
5.5	Forschungsverschleiß (Abrasiveverschleiß)		Abrasive wear
5.6	Strömungsverschleiß (Erosion)		Flow wear (erosion)
5.6.1	Erosion		Erosion
5.6.2	Erosionskorrosion		Erosion corrosion
5.6.3	Kavitationserosion		Cavitation erosion
B	Personalzertifizierung	8h	Personnel certification
1	Produkthaftung & Organisationsverschulden		Product Liability & Organizational Liabilities
2	Umweltschutz / Arbeitssicherheit		Environmental protection / occupational safety
3	Geschichte der Personalzertifizierung		History of personnel certification
4	Zertifizierung des ZfP-Personals durch den Arbeitgeber: SNT-TC-1A		Certification of NDT personnel by the employer: SNT-TC-1A
5	Das Qualifizierungs- und Zertifizierungssystem nach DIN EN ISO 9712		The qualification and certification system according to DIN EN ISO 9712
6	Billigung der ZfP-Personals nach 2014/68/EU Druckgeräterichtlinie		Approval of NDT personnel according to 2014/68/EU Pressure Equipment Directive
C	Allgemeine Kenntnisse aus ZfP-Verfahren	1 h	General knowledge of NDT methods
0	ZfP-Verfahren im Überblick		An overview of NDT Methods
0.1	Einführung in die ZfP Verfahren		Introduction to the NDT methods
0.2	Übersicht der ZfP Verfahren		Overview of the NDT methods
0.3	Auswahl der ZfP Verfahren nach Fehlertypen		Selection of NDT methods according to defect types

	Grundlagenkenntnisse für Stufe 3		Basic knowledge for Level 3
Nr./No	Themen	Dauer Duration	Subjects
0.4	Anwendung der ZfP Verfahren		Application of the NDT methods
0.5	Anforderung des Prüfpersonals		Requirements for testing personnel
1	Durchstrahlungsprüfung (RT)	10 h	Radiographic Testing (RT)
1.1	Funktionsprinzip - Physikalische Grundlagen		Principle of operation - Physical basics
1.1.1	Das Prinzip der Röntgenprüfung		The principle of X-ray inspection
1.1.2	Strahlenenergie und Strahlenquellen		Radiation energy and radiation sources
1.1.3	Das Schwächungsgesetz		The law of attenuation
1.1.3.1	Allgemeines		General information
1.1.3.2	Dickeneinfluss		Thickness influence
1.1.3.3	Werkstoffeinfluss		Material influence
1.1.3.4	Energieeinfluss		Energy influence
1.2	Bildkontrast		Image Contrast
1.2.1	Definition von Kontrast		Definition of contrast
1.2.2	Bildkontrast		Image Contrast
1.2.3	Objektkontrast		Object Contrast
1.2.4	Optimierung des Objektkontrastes		Optimization of the object contrast
1.3	Arbeitstechniken - Geräte		Working techniques - Equipment
1.3.1	Röntgenfilm und Filmkontrast		X-ray film and film contrast
1.3.1.1	Aufbau von Röntgenfilmen		Structure of X-ray films
1.3.1.2	Filmtypen und Filmklassifizierung		Film types and film classification
1.3.1.3	Filmauswahl		Film selection
1.3.1.4	Aufnahmefolien		Intensifying screens
1.3.1.5	Schwärzungskurven		Blackening curves
1.3.1.6	Optimierung des Filmkontrastes		Optimization of the film contrast
1.	Unschärfe und Bildauflösung		Unsharpness and image resolution
1.4.1	Definition der Bildauflösung		Definition of the image resolution
1.4.2	Einflussgrößen auf die Auflösung		Influencing variables on the resolution
1.4.3	Innere Unschärfe		Inherent unsharpness
1.4.4	Geometrische Unschärfe		Geometric unsharpness
1.4.5	Bewegungsunschärfe		Movement unsharpness
1.4.6	Filmkörnigkeit		Film graininess
1.5	Verzerrung, Aufnahmeanordnung und auswertbare Filmlänge		Distortion, exposure arrangement and evaluable film length
1.5.1	Begriff der Verzerrung		Concept of distortion
1.5.2	Einfluss der Verzerrung auf die Erkennbarkeit von Objektdetails		Influence of the distortion on the recognizability of object details
1.5.3	Verzerrungswinkel und auswertbare Filmlänge		Distortion angle and evaluable film length
1.5.4	Definition der Aufnahmeanordnung		Definition of the exposure arrangement
1.5.5	Aufnahmeanordnung und auswertbare Filmlänge		Exposure arrangement and evaluable film length

	Grundlagenkenntnisse für Stufe 3		Basic knowledge for Level 3
Nr./No	Themen	Dauer Duration	Subjects
1.5.6	Maximaler Bereich für eine einzelne Belichtung		Maximum range for a single exposure
1.6	Kontrolle der Aufnahmetechnik		Control of the exposure technique
1.6.1	Zweck der Filmbetrachtung		Purpose of viewing the film
1.6.2	Kennzeichnung und Protokollierung		Marking and logging
1.6.3	Filmfehler (Artefakte)		Film errors (artifacts)
1.6.4	Betrachtungsgeräte		Illuminators
1.6.5	Schwärzung		Blackening
1.7	Detailerkennbarkeit und Bildgüte		Detail recognition and image quality
1.7.1	Detailerkennbarkeit		Detail recognition
1.7.1.1	<i>Einführung</i>		<i>Introduction</i>
1.7.1.2	<i>Zusammenwirken von Kontrast und Unschärfe</i>		<i>Interaction of contrast and unsharpness</i>
1.7.1.3	<i>Zusammenwirken von Körnigkeit und Kontrast</i>		<i>Interaction of granularity and contrast</i>
1.7.2	Allgemeines		General information
1.7.3	Auswahl von Bildgüteprüfkörpern		Selection of image quality indicators
1.7.4	Anwendung von Bildgüteprüfkörpern		Application of image quality indicators
1.7.5	Streustrahlungsindikatoren		Scattered radiation indicators
1.8	Umsetzungen – Einsatzgebiete – Regelwerke		Implementations – Fields of application – Regulations
1.8.1	Einführung		Introduction
1.8.2	Auswerteniveaus		Evaluation levels
1.8.3	Interpretation und Bewertung		Interpretation and evaluation
1.8.3.1	<i>Relevante und irrelevante Anzeigen</i>		<i>Relevant and nonrelevant indications</i>
1.8.3.2	<i>Schwerwiegende, unzulässige Anzeigentypen (nominal)</i>		<i>Serious, unacceptable types of indications (nominal)</i>
1.8.3.3	<i>Klassifizierung und Analyse von Anzeigen</i>		<i>Classification and analysis of indications</i>
1.8.3.4	<i>Klassifizieren mit Vergleichskatalogen (ordinal)</i>		<i>Classification with comparison catalogs (ordinal)</i>
1.8.3.5	<i>Anzeigenanalyse (metrisch)</i>		<i>Indication analysis (metric)</i>
1.9	Vor- und Nachteile der Durchstrahlungsprüfung		Advantages and disadvantages of radiographic testing
2	Magnetische Prüfung (MT)	4 h	Magnetic Testing (MT)
2.1	Funktionsprinzip – Physikalische Grundlagen		Principle of operation – Physical basics
2.1.1	Prinzip der Magnetpulverprüfung		Principle of magnetic particle testing
2.1.2	Magnetische Kraftwirkung		Magnetic force effect
2.1.3	Permeabilität und magnetischer Fluss		Permeability and magnetic flux
2.1.4	Der magnetische Streufluss		The magnetic leakage flux
2.1.5	Bedingungen für die Bildung von Magnetpulver-Anzeigen		Conditions for the formation of magnetic particle indications
2.1.6	Magnetisierung und Entmagnetisierung		Magnetization and demagnetization

	Grundlagenkenntnisse für Stufe 3		Basic knowledge for Level 3
Nr./No	Themen	Dauer Duration	Subjects
2.1.6.1	Das Modell der Elementarmagnete		The model of the elementary magnets
2.1.6.2	Die Magnetisierungskurve		The magnetization curve
2.1.6.3	Wechsel- und Gleichfeldmagnetisierung		Alternating and direct field magnetization
2.1.6.4	Entmagnetisierung		Demagnetization
2.1.6.5	Beeinflussung von elektrischen Instrumenten		Influencing electrical instruments
2.2	Arbeitstechniken, Geräte und Prüfmittel		Working techniques, equipment and detection media
2.2.1	Stromarten und ihre Wirkung		Current types and their effects
2.2.2	Magnetische Wirkungen des elektrischen Stromes		Magnetic effects of the electric current
2.2.3	Magnetisierungstechniken		Magnetization techniques
2.2.4	Prüfmittel		Detection media
2.2.4.1	Definition		Definition
2.2.4.2	Magnetpulver		Magnetic particle
2.2.4.3	Trägermittel		Carrier liquid
2.2.4.4	Kontrolle des Prüfmittels		Control of the detection media
2.3	Umsetzung / Einsatzgebiet / Regelwerke		Implementations - Fields of application - Regulations
2.3.1	Magnetpulverprüfung an Schweißverbindungen		Magnetic particle testing of welds
2.3.2	Magnetpulverprüfung an Gussteilen		Magnetic particle testing of castings
2.3.3	Magnetpulverprüfung an Schmiedeteilen		Magnetic particle testing of forgings
2.4	Bewertung der Ergebnisse – Regelwerke		Evaluation of the results - regulations
2.4.1	Grundlagen der Bewertung		Basis of the evaluation
2.4.2	Bewertung von Schweißnähten nach der EN ISO 23278		Evaluation of weld according to EN ISO 23278
2.4.3	Bewertung von Gussteilen nach der EN 1369		Evaluation of castings according to EN 1369
2.4.4	Bewertung von Schmiedeteilen nach der EN 10228-1		Evaluation of forgings according to EN 10228-1
2.5	Vorteile – Nachteile der Magnetpulverprüfung		Advantages - disadvantages of magnetic particle testing
3	Ultraschallprüfung (UT)	10 h	Ultrasonic Testing (UT)
3.1	Funktionsprinzip - Physikalische Grundlagen		Principle of operation - Physical basics
3.1.1	Einleitung		Introduction
3.1.2	Physik der Schwingungen und Wellen		Physics of oscillations and waves
3.1.2.1	Die Schwingung		The vibration
3.1.2.2	Die Welle		The wave
3.1.2.3	Wellenarten		Wave types
3.1.3	Reflexion und Brechung von Ultraschallwellen		Reflection and refraction of ultrasonic waves
3.1.3.1	Schallausbreitung		Sound propagation

	Grundlagenkenntnisse für Stufe 3		Basic knowledge for Level 3
Nr./No	Themen	Dauer Duration	Subjects
3.1.3.2	Snelliussches Gesetz		Snellius' law
3.1.3.3	Reflexion und Echoentstehung		Reflection and echo generation
3.2	Ultraschall – Geräteausrüstung		Ultrasound - Equipment
3.2.1	Erzeugung von Ultraschall mit Piezoelementen		Generation of ultrasound with piezo elements
3.2.2	Bauprinzipien von Prüfköpfen		Principles of probe design
3.2.2.1	Senkrechtprüfkopf		Normal probe
3.2.2.2	Winkelprüfkopf		Angle probe
3.2.3	Prüfkopfeigenschaften		Probe characteristics
3.2.3	Auflösungs- und Eindringvermögen		Resolution and penetrating power
3.2.3.1	Schallfeld		Sound field
3.2.4	Besonderheiten des SE-Prüfkopfes		Special features of the TR probes
3.2.5	Betriebstechniken des Ultraschallgerätes		Operating techniques of the ultrasonic device
3.2.5.1	Resonanztechnik		Resonance technique
3.2.5.2	Durchschallungstechnik		Sound transmission technique
3.2.5.3	Impuls-Echo-Technik		Pulse Echo technique
3.3	Ausbreitung von Ultraschallwellen		Propagation of ultrasonic waves
3.3.1	Der Dezibel-Maßstab		The decibel scale
3.3.2	Abstands- und Größengesetze idealer Reflektoren		Distance and size laws of ideal reflectors
3.3.2.1	Allgemeines		General information
3.3.2.2	Rückwandreflektor		Back wall reflector
3.3.2.3	Kreisscheibenreflektor		Circular disk reflector
3.3.3	Zylinderreflektor		Cylinder reflector
3.3.3.1	Kreisbogen		Arc
3.3.3.2	Nuten		Notches
3.3.3.3	Vergleich		Comparison
3.3.4	Schallschwächung		Sound attenuation
3.3.4.1	Ursachen der Schallschwächung		Causes of sound attenuation
3.3.4.2	Streuung		Scattering
3.3.4.3	Absorption		Absorption
3.4	Justierung		Adjustment
3.4.1	Entfernungsjustierung		Distance adjustment
3.4.1.1	Justierkörper		Calibration block
3.4.1.2	Justiertechniken		Adjustment techniques
3.4.1.3	Justierarten für die Schrägeinschallung		Adjustment modes for angle-beam scanning
3.4.2	Empfindlichkeitsjustierung		Sensitivity adjustment
3.4.2.1	Problematik der Empfindlichkeitsjustierung		Problems of sensitivity adjustment
3.4.2.2	Vergleichskörpermethode		Reference block method
3.4.2.3	AVG-Methode		DGS method
3.5	Grenzen der Ultraschallprüfung		Limits of ultrasonic testing

	Grundlagenkenntnisse für Stufe 3		Basic knowledge for Level 3
Nr./No	Themen	Dauer Duration	Subjects
3.5.1	Definition		Definition
3.5.2	Nahauflösung (tote Zone)		Near (to scanning surface) resolution (dead zone)
3.5.3	Gefügerauschen (Grasanzeige)		Structural noise (grass indication)
3.5.4	Schallschwächungskurve (Eindringtiefe)		Sound attenuation curve (penetration depth)
3.5.5	Rückwandkurve (Reflektor größer als Schallbündel)		Back wall curve (reflector larger than sound beam)
3.6	Bewertung von Ultraschallbefunden		Evaluation of ultrasound findings
3.6.1	Allgemeines		General information
3.6.2	Größenbestimmung aus der Echohöhe		Size determination from the echo height
3.6.2.1	Direkte Technik: Echohöhenbestimmung		Direct technique: Echo amplitude determination
3.6.2.2	Indirekte Technik: Rückwandecho-Schwächung		Indirect technique: Back wall echo attenuation
3.6.3	Größenbestimmung durch Messen der Ausdehnung		Size determination by measuring the extension
3.6.3.1	Registrierenausdehnung (RA)		Registration extent
3.6.3.2	Halbwertausdehnung (HWA)		6 dB drop extent
3.7	Vor- und Nachteile der Ultraschallprüfung		Advantages and disadvantages of ultrasonic testing
4	Eindringprüfung (PT)	4 h	Penetrant Testing
4.1	Funktionsprinzip - Physikalische Grundlagen		Principle of operation - Physical basics
4.1.1	Das Prinzip der Eindringprüfung		The principle of the penetration test
4.1.2	Anwendungsgebiete und Anwendungsgrenzen der Eindringprüfung		Fields of application and application limits of the liquid penetrant test
4.1.3	Kapillarwirkung und Eindringvermögen		Capillary action and penetration
4.1.4	Viskosität und Eindringdauer		Viscosity and penetration time
4.1.5	Emulsion und Lösung		Emulsion and solution
4.2	Arbeitstechniken - Geräte		Working techniques - Equipment
4.2.1	Verfahrensschritte und Prüfsystem		Method steps and test system
4.2.2	Beschreibung der Verfahrensschritte und des Begriffes eines Prüfsystem		Description of the procedural steps and the concept of a test system
4.2.3	Vorbereitung der Prüffläche		Preparation of the test surface
4.2.3.1	Mechanische Vorbereitung		Mechanical preparation
4.2.3.2	Physikalisch-chemische Vorbereitung		Physical-chemical preparation
4.2.4	Der Eindringvorgang, Fluoreszierende und Farbeindringmittel		The penetrant, fluorescent and dye penetrant
4.2.4.1	Auftragstechniken		Application techniques
4.2.4.2	Eindringdauer		Penetration time
4.2.5	Zwischenreinigung		Excess penetrant removal
4.2.5.1	Zwischenreinigung lösemittelentfernbarer Eindringmittel		Excess penetrant removal of solvent-removable penetrants

	Grundlagenkenntnisse für Stufe 3		Basic knowledge for Level 3
Nr./No	Themen	Dauer Duration	Subjects
4.2.5.2	Zwischenreinigung wasserabwaschbarer Eindringmittel		Excess penetrant removal of water-washable penetrant
4.5.2.3	Zwischenreinigung nachemulgierbarer Eindringmittel		Excess penetrant removal of post-emulsifiable penetrants
4.5.2.4	Trocknung nach dem Abwaschen mit Wasser		Drying after washing with water
4.2.6	Entwicklung		Development
4.2.6.1	Auftrag von Trockenentwicklern		Application of dry developers
4.2.6.2	Nassentwickler auf Lösemittelbasis		Solvent based wet developer
4.2.6.3	Nassentwickler auf Wasserbasis		Water-based wet developer
4.2.6.4	Entwicklungsdauer		Development dwell
4.2.7	Inspektion und Protokollierung		Inspection and logging
4.2.7.1	Zweck der Inspektion		Purpose of the inspection
4.2.7.2	Inspektionsbedingungen		Inspection conditions
4.2.8	Die Endreinigung		The final cleaning
4.2.9	Inspektionshilfsmittel/UV-Lampen		Inspection aids/UV lamps
4.2.10	Erhebliche und unerhebliche Anzeigen		Significant and insignificant indications
4.3	Umsetzungen – Einsatzgebiete – Regelwerke		Implementations – Fields of application – Regulations
4.3.1	Farbeindringprüfung an Schweißverbindungen		Dye penetrant testing on welded joints
4.3.2	Farbeindringprüfung an Gussteilen		Dye penetrant testing on castings
4.3.3	Farbeindringprüfung an Schmiedeteilen		Dye penetrant testing on forged parts
4.4	Bewertung der Ergebnisse – Regelwerke		Evaluation of the results – regulations
4.5	Vor- und Nachteile der Eindringprüfung		Advantages and disadvantages of penetrant testing
5	Sichtprüfung (VT)	4 h	Visual Testing (VT)
5.1	Funktionsweise / Physikalische Grundlagen der Sichtprüfung		Principle of operation – Physical basics of visual testing
5.1.1	Optische Strahlung		Optical radiation
5.1.2	Fotometrische Größen		Photometric quantities
5.1.2.1	Farbwahrnehmung		Color perception
5.1.2.2	Beleuchtungsgesetz, Beleuchtungsstärke		Lighting law, illuminance
5.1.2.3	Leuchtdichte		Luminance
5.1.2.4	Leuchtdichtekontrast		Luminance contrast
5.2	Arbeitstechniken / Geräte / Hilfsmittel		Working techniques / devices / aids
5.2.1	Beleuchtungstechniken		Lighting technologies
5.2.2	Arbeitstechniken der Sichtprüfung		Visual inspection techniques
5.2.2.1	Übersichtsprüfung		General testing
5.2.2.2	Detailprüfung		Detail testing
5.2.2.3	Direkte Sichtprüfung		Direct visual testing
5.2.2.4	Indirekte Sichtprüfung		Indirect visual testing
5.2.3	Augen, Sehwinkel und Auflösungsgrenze		Eye, angle of vision and resolution limit

	Grundlagenkenntnisse für Stufe 3		Basic knowledge for Level 3
Nr./No	Themen	Dauer Duration	Subjects
5.2.4	Kontrollen		Controls
5.3	Umsetzung, Einsatzgebiete und Bewertung der Ergebnisse		Implementation, fields of application and evaluation of the results
5.3.1	Auswertetechniken		Evaluation techniques
5.3.2	Sichtprüfung von Gussstücken		Visual testing of castings
5.3.2.1	Klassifizieren mit Vergleichskatalogen		Classification with comparison catalogs
5.3.2.2	Bewertung der Guss Oberfläche nach EN 1370		Evaluation of the cast surface according to EN 1370
5.3.2.3	Bewertung der Rauheit		Roughness assessment
5.3.2.4	Bewertung von Ungängen		Assessment of imperfections
5.3.3	Sichtprüfung von Umformprodukten		Visual testing of formed products
5.3.4	Sichtprüfung von Schweißverbindungen		Visual testing of welded joints
5.3.4.1	Durchführung Sichtprüfung von Schweißverbindungen		Performance of visual testing of welded joints
5.3.4.2	Definition von Schweißnahtunregelmäßigkeiten nach EN ISO 6520-1		Definition of weld imperfections according to EN ISO 6520-1
5.3.4.3	Bewertung von Schweißnahtunregelmäßigkeiten nach EN ISO 5817		Evaluation of weld imperfections according to EN ISO 5817
5.4	Vor- und Nachteile der Sichtprüfung		Advantages and disadvantages of visual inspection
6	Dichtheitsprüfung (LT)	4 h	Leak Testing (LT)
6.1	Einleitung		Introduction
6.2	Der „Leck-Kanal“		The "Leakage path"
6.2.1	Strömungsverhältnisse im Leck-Kanal		Flow conditions in the leakage path
6.2.2	Leckrate und Lochgröße		Leakage rate and hole size
6.3	Leckarten und Fehlerstellen, weshalb Lecksuche?		Leakage types and defect areas, why leak detection?
6.3.1	Fehlerbehebung		Troubleshooting
6.3.2	Abnahmeprotokolle		Acceptance protocols
6.4	Begriffe und Definitionen		Terms and definitions
6.5	Lecksuchverfahren im Überblick		Overview of leak detection methods
6.6	Die wichtigsten angewendeten Lecksuchverfahren		The most important leak detection methods used
6.6.1	Druckänderungsverfahren		Pressure change method
6.6.1.1	Einleitung		Introduction
6.6.1.2	Messanordnung		Measuring arrangement
6.6.2	Blasentest (bubble test)		Bubble test
6.6.2.1	Tauchtest		Immersion test
6.6.2.2	Film/Sprühtest (offen)		Film/spray test (open)
6.6.2.3	Film-Box-Test		Film box test
6.6.3	Lecksuche mit Leckdetektoren		Leak detection with leak detectors

	Grundlagenkenntnisse für Stufe 3		Basic knowledge for Level 3
Nr./No	Themen	Dauer Duration	Subjects
6.6.3.1	Leckdetektoren mit Massenspektrometern (MS)		Leak detectors with mass spectrometers (MS)
6.6.3.2	Funktionsweise eines Leckdetektors mit MS		How a leak detector works with MS
6.6.3.3	Nachweisgrenze, Untergrund		Detection limit, background
6.6.3.4	Kalibrieren von Leckdetektoren, Prüfflecks		Calibrating leak detectors, calibration leak
6.6.3.5	Lecksuchtechniken mit Helium-Leckdetektoren		Leak detection techniques with helium leak detectors
6.6.3.5.1	Sprühtechnik (Lokale Dichtheitsprüfung)		Spraying technique (local leak testing)
6.6.3.5.2	Schnüffeltechnik		Sniffing technique
6.6.3.5.3	Hüllentest		Hood test
6.6.3.5.4	Hüllentest mit Helium-Überdruck im Prüfgegenstand		Hood test with helium gauge pressure in the test object
6.6.3.5.5	Hüllen-Test mit Prüfgegenstand unter Vakuum		Hood test with test object under vacuum
6.6.3.5.6	„Bombing“-Test, „Drucklagerung“		Bombing test, "pressurizing-evacuation test"
6.6.4	Der Halogenleckdetektor		The halogen leak detector
7	Wirbelstromprüfung (ET)	4 h	Eddy current testing (ET)
7.1	Physikalische Grundlagen der Wirbelstromprüfung		Physical basics of eddy current testing
7.1.1	Grundprinzip der Wirbelstromprüfung		Basic principle of eddy current testing
7.1.2	Induktiver Blindwiderstand		Inductive reactive resistance
7.1.3	Induktivität einer Spule		Inductance of a coil
7.1.4	Induktion		Induction
7.1.5	Die Impedanzebene als Darstellungsform		The impedance plane as a form of representation
7.1.6	Wirbelstromanzeigen		Eddy current indications
7.2	Technische Ausrüstung zur Wirbelstromprüfung		Technical equipment for eddy current testing
7.2.1	Sensorentechnik		Probe technology
7.2.1.1	Spulenanordnung zum Prüfgegenstand		Coil arrangement to the test object
7.2.1.2	Spulenschaltungen		Coil circuits
7.2.2	Gerätetechnik		Equipment technology
7.2.3	Signaldarstellung		Signal display
7.3	Auswahl der Prüfparameter		Selection of test parameters
7.3.1	Einleitung		Introduction
7.3.2	Festlegung der Stromstärke		Determination of current
7.3.3	Das Schwächungsgesetz		The law of attenuation
7.3.3.1	Wirbelstromverteilung bei Tastsonden		Eddy current distribution with surface probes
7.3.3.2	Füllfaktor bei Durchlaufsonden		Filling factor for encircling probes
7.3.4	Einfluss der Frequenz auf das Wirbelstromsignal		Influence of the frequency on the eddy current signal
7.3.4.1	Die Standard Eindringtiefe		The standard penetration depth
7.3.4.2	Phasenverschiebung		Phase shift

	Grundlagenkenntnisse für Stufe 3		Basic knowledge for Level 3
Nr./No	Themen	Dauer Duration	Subjects
7.4	Anwendungen der Wirbelstromprüfung		Applications of eddy current testing
7.4.1	Einleitung		Introduction
7.4.2	Kontrolle von Materialeigenschaften		Control of material properties
7.4.2.1	Sortierprüfung		Sorting test
7.4.3	Dimensionskontrolle		Dimension control
7.4.3.1	Allgemeines		General
7.4.3.2	Schichtdickenmessung		Coating thickness measurement
7.4.4	Prüfung mit Außendurchlaufsonden		Testing with encircling probes
7.4.5	Prüfung mit Innendurchlaufsonden		Testing with bobbin probes
7.5	Bewertung der Wirbelstromprüfung Ergebnisse		Evaluation of eddy current testing results
7.5.1	Vorteile der Wirbelstromprüfung		Advantages of eddy current testing
7.5.2	Nachteile der Wirbelstromprüfung		Disadvantages of eddy current testing
8	Infrarotthermografieprüfung (TT)	4 h	Infrared thermographic testing (TT)
8.1	Einleitung		Introduction
8.2	Strahlungsphysik		Radiation physics
8.2.1	Einsatz der Thermografie		Use of thermography
8.2.2	Temperaturstrahlung		Thermal radiation
8.2.3	Transmission, Reflexion und Absorption		Transmission, reflection and absorption
8.2.4	Kirchhoffsche Strahlungsgesetz		Kirchhoff's law of thermal radiation
8.2.5	Stefan-Boltzmann-Gesetz		Stefan Boltzmann Law
8.2.6	Spektrale Verteilung der Temperaturstrahlung		Spectral distribution of temperature radiation
8.2.7	Temperaturmessung durch Strahlung		Temperature measurement by radiation
8.3	Messtechnik		Measurement technology
8.3.1	Abbildende Optik		Imaging optics
8.3.2	Detektoren		Detectors
8.3.3	Bildabtastsysteme (Scanner)		Image scanning systems
8.3.4	Wellenlängenabhängigkeit		Wavelength dependency
8.3.5	Kühlung		Cooling
8.3.6	Temperaturbereiche und thermische Auflösung		Temperature ranges and thermal resolution
8.3.7	Bildverarbeitung und Auswertung		Image processing and evaluation
8.4	Methoden der thermografischen Prüfung		Methods of thermographic testing
8.4.1	Passive Thermografie		Passive thermography
8.4.2	Aktive Thermografie		Active thermography
8.5	Bestimmung des Emissionsgrades		Determination of the emissivity
8.5.1	Emissionsgradbestimmung mit einer Thermografiekamera		Emissivity determination with a thermography camera
8.5.2	Emissionsgradbestimmung über den Reflexionsgrad		Emissivity determination by the degree of reflection

	Grundlagenkenntnisse für Stufe 3		Basic knowledge for Level 3
Nr./No	Themen	Dauer Duration	Subjects
8.6	Beispiele aus der Praxis		Examples from practice
8.6.1	Metall-Honeycomb		Metal Honeycomb
8.6.2	Untersuchung von Basaltrohren		Investigation of basalt pipes
8.6.3	Wärmeausdehnung an Industriewaagen		Thermal expansion on industrial scales
9	Schallemissionsanalyse (AT)	1 h	Acoustic emission analysis (AT)
9.1	Einleitung		Introduction
9.2	Schallquellen		Sound sources
9.3	Schallemission und Belastung		Acoustic emission and pollution
9.4	Signalbildung		Signal formation
9.5	Ortung der Schallquelle		Locating the sound source
9.6	Auswertung		Assessment
9.7	Anwendungen		Applications
9.8	Vorteile - Nachteile		Advantages - disadvantages
10	Dehnungsmessstreifenprüfung (ST)	1 h	Strain Gauge Testing (ST)
10.1	Grundlagen der Prüfung mit Dehnungsmessstreifen		Basics of testing with strain gauges
10.1.1	Einleitung		Introduction
10.1.2	Grundprinzip der Prüfung mit Dehnungsmessstreifen		Basic principle of testing with strain gauges
10.1.3	Funktionsweise von Dehnungsmessstreifen		Functionality of strain gauges
10.2	Aufbau und Arten von Dehnungsmessstreifen		Design and types of strain gauges
10.2.1	Arten von Dehnungsmessstreifen		Types of strain gauges
10.2.1.1	Halbleiter DMS		Semiconductor
10.2.1.2	Metallische DMS		Metallic strain gauges
10.2.2	Bauformen von Dehnungsmessstreifen		Strain gauge designs
10.2.2.1	Folien-DMS		Foil strain gauges
10.2.2.2	Rosetten-DMS		Rosette strain gages
10.2.2.3	Sonstige Sensoren		Other sensors
10.3	Messwerterfassung		Measured value acquisition
10.3.1	Messschaltungen		Measuring circuits
10.3.1.1	Viertelbrückenschaltung		Quarter bridge circuit
10.3.1.2	Halbbrückenschaltung		Half-bridge circuit
10.3.1.3	Vollbrückenschaltung		Full bridge circuit
10.3.2	Messverstärker		Measuring amplifier
10.4	Anwendungen		Applications
10.4.1	Typische Einsatzfelder		Typical fields of application
10.4.2	Beispiele		Examples
11	Neutronenradiografie (NRT)	1 h	Neutron radiography (NRT)

	Grundlagenkenntnisse für Stufe 3		Basic knowledge for Level 3
Nr./No	Themen	Dauer Duration	Subjects
11.1	Einleitung		Introduction
11.2	Wechselwirkung von Neutronen mit Materie		Interaction of neutrons with matter
11.3	Bildgebende Neutronentypen		Imaging neutron types
11.4	Neutronenquellen		Neutron sources
11.5	Strahlungsnachweis durch Filme		Radiation detection by films
11.6	Praktische Durchführung		Practical implementation
11.7	Anwendungen		Applications
11.8	Nachteile der Neutronenradiografie		Disadvantages of neutron radiography
12	Pflichtliteratur		Required reading *
12.1	DIN EN ISO 9712:2022-09		EN ISO 9712:2022
13.	Referenzliteratur		Recommended reading *
13.1	DIN EN 1330-1:2015-05		EN 1330-1:2014
13.2	DIN EN 1330-2:1998-12		EN 1330-2:1998
13.3	Recommended Practice No. SNT-TC-1A, 2011, 2016, 2020		Recommended Practice No. SNT-TC-1A, 2011, 2016, 2020
13.4	DIN EN ISO 18490:2015-10		EN ISO 18490:2015
			* or national equivalent of the cited standards