

1. Übersicht naturwissenschaftlich-technischer Basiskompetenzen

Um die naturwissenschaftlich-technischen Basiskompetenzen handwerklicher und industrieller Metallberufe abbilden zu können, ist eine Analyse der Kernlehrpläne und der Bildungsstandards für Nordrhein-Westfalen in den naturwissenschaftlich-technischen Schulfächern Chemie, Physik und Technik, jeweils für den Mittleren Schulabschluss erforderlich (KMK, 2004; Ingenieure, 2007; KMK, 2004a; Nordrhein-Westfalen, Kernlehrplan für die Realschule in Nordrhein-Westfalen Physik, 2011; Nordrhein-Westfalen, Kernlehrplan für die Realschule in Nordrhein-Westfalen Chemie, 2015; Nordrhein-Westfalen, Kernlehrplan für die Realschule in Nordrhein-Westfalen Technik, 2015).

Der Fokus liegt hierbei auf den ersten vier Lernfeldern handwerklicher und industrieller Metallberufe, welche für all diese Ausbildungsberufe identisch sind. Exemplarisch werden die Lernfelder des Ausbildungsberufs „*Industriemechaniker/-in*“ (KMK, 2018) betrachtet.

- **Lernfeld 1 (LF1):** Fertigen von Bauelementen mit handgeführten Werkzeugen
- **Lernfeld 2 (LF2):** Fertigen von Bauelementen mit Maschinen
- **Lernfeld 3 (LF3):** Herstellen von einfachen Baugruppen
- **Lernfeld 4 (LF4):** Warten technischer Systeme

Eine genaue Studie der einzelnen Inhalte mit Hilfe der Fachliteratur (siehe Tabelle 1) ermöglicht es, den Grundbegriffen der Lernfelder ihre spezifischen Ausbildungsinhalte zuzuordnen (Dillinger et al., 2010; Lindner & Blome, 2014; Haffer et al., 2008).

Die gemeinsamen Schnittmengen zwischen den Kernlehrplänen der einzelnen Fächer und dem Rahmenlehrplan („*Industriemechaniker/-in*“) sind in Tabelle 2 dargestellt.

Tabelle 1: Inhalte der Lernfelder (LF) 1-4 handwerklicher und industrieller Metallberufe

LF	Grundbegriffe	Inhalte
1	[1.1] Teilzeichnungen	Enthält alle für die Fertigung des Werkstückes notwendigen Angaben wie Benennung, Form, Maße, Toleranzen Oberflächenangaben, Werkstoff und Vorgaben für die Wärmebehandlung.
	[1.2] Gruppen- oder Montagezeichnungen	Zeigen die Anordnung und das Zusammenwirken von Einzelteilen in einer Baugruppe. Aus ihnen werden die Teilzeichnungen erstellt.
	[1.3] Technische Unterlagen und Informationsquellen	Normen und Richtlinien, Technische Zeichnungen, Tabellen, Diagramme, Schaltpläne, Arbeitspläne, Montagepläne, Wartungspläne, Protokolle
	[1.4] Funktionsbeschreibungen	Allgemeiner Einsatz, Bewegungsablauf, sichere Handhabung, Sprache
	[1.5] Fertigungspläne	siehe [1.2]
	[1.6] Eisen- und Nichteisenmetalle	Eisenmetalle: Stahl, Gusseisen, Reineisen Nichteisenmetalle: Schwermetalle, Leichtmetalle
	[1.7] Eigenschaften metallischer Werkstoffe	Physikalische Eigenschaften: Dichte, Schmelztemperatur, elektrische Leitfähigkeit, Wärmeleitfähigkeit Mechanische Eigenschaften: elastische und plastische Verformung, Zugfestigkeit, Streckgrenze, Dehnung, Bruchdehnung

		Fertigungstechnische Eigenschaften: Gießbarkeit, Umformbarkeit, Zerspanbarkeit, Schweißbarkeit, Härbarkeit
	[1.8] Kunststoffe	Gruppen: Thermoplaste, Duroplaste, Elastomere Eigenschaften und Verwendung: Dichte, hart, weich, elektrisch isolierend Formgebung der Kunststoffe: Extrahieren, Spritzgießen, Formpressen
	[1.9] Allgmeintoleranzen	Längenmaße, Form und Lage
	[1.10] Halbzeuge und Normteile	Norm-Kurzbezeichnungen von: Kronenmutter, Sechskantmutter, Scheibe, Sicherungsring, Spannstift, Splint, Sechskantschraube
	[1.11] Bankwerkzeuge, Elektrowerkzeuge	Aufbau und Funktion
	[1.12] Hilfsstoffe	Kühlschmierstoffe (KSS) & Schmierstoffe: Aufgaben, Arten und Auswahl
	[1.13] Grundlagen und Verfahren des Trennens und des Umformens	Verfahren des Trennens: Meißeln, Sägen, Feilen, Bohren, Senken, Reiben, Drehen, Fräsen Verfahren des Umformens: Biegen, Schmieden, Fließpressen, Tiefziehen Grundlagen über: Werkzeuge, Prüfwerkzeuge
	[1.14] Prüfen	Größen und Einheiten: Länge, Winkel, Masse, Kraft, Druck, Temperatur, Zeit, Frequenz und Drehzahl Grundbegriffe: Prüfarten, Prüfmittel, messtechnische Begriffe, Messabweichungen
	[1.15] Material-, Lohn- und Werkzeugkosten	Dreisatz, Verhältnis, Prozentrechnung
	[1.16] Masse von Bauteilen, Stückzahlberechnung	Berechnung der Masse: allgemein, längenbezogene Masse, flächenbezogene Masse
	[1.17] Präsentationstechniken	Tafel, Whiteboard, Flipchart, Tageslichtprojektor, Beamer, freie Rede
	[1.18] Normen	Normen: DIN, DIN EN, DIN ISO, DIN EN ISO Richtlinien: VDI, VDE
LF	Grundbegriffe	Inhalte
	[2.1] Technische Zeichnungen und Informationsquellen, auch in digitaler Form.	siehe [1.1],[1.3]
	[2.2] Fertigungspläne	siehe [1.5]
	[2.3] Funktionsbeschreibungen	siehe [1.4]
	[2.4] Auswahlkriterien für Prüfmittel und Anwendungen	siehe [1.14]
	[2.5] ISO – Toleranzen	Bohrungen & Wellen: Grundmaß und Toleranzgrad
	[2.6] Oberflächenangaben	Angabe von Sinnbildern und ihrer Bedeutung auf technischen Zeichnungen der ISO- Rauheitskenngrößen Ra, Rz
	[2.7] Messfehler	Ursachen und Arten von Messabweichungen
2	[2.8] Bohren, Senken, Reiben, Fräsen, Drehen	Allgemein: Unfallverhütung Bohren: Bohrerwahl, Auswahl der Schnittgeschwindigkeit, Bestimmung der Umdrehungsfrequenz, Wahl der Bohrmaschine Senken: Aufgaben des Senkens, Senkarten Reiben: Aufgaben des Reibens, Unterscheidung zwischen Handreibahlen und Maschinenreibahlen Fräsen: Fräswerkzeuge, Fräsverfahren, Bestimmung der Zerspangrößen, Arten von Fräsmaschinen Drehen: Drehverfahren, Drehwerkzeuge, Auswahl der Schnittdaten, Bestimmung der Kräfte und Leistungen, Arten von Drehmaschinen

	[2.9] Funktionseinheiten von Maschinen und deren Wirkungsweise	Einteilung der Maschinen: Kraftmaschine, Arbeitsmaschine, Datenverarbeitungsanlagen, Fertigungsanlagen Physikalische Grundlagen: Arbeit, Energie, Leistung, Wirkungsgrad Funktionseinheiten: Antriebseinheiten, Übertragungseinheiten, Verbindungseinheiten, Mess-, Steuer- und Regeleinheiten
	[2.10] Standzeiten von Werkzeugen	Ursachen des Verschleißes, Verschleißarten
	[2.11] Fertigungsdaten und deren Berechnungen	siehe [2.8]
	[2.12] Kühl- und Schmiermittel	Schmierstoffarten: Kühlschmierstoff, flüssige Schmierstoffe, Schmierfette, Festschmierstoff. Kurzbezeichnung und Aufgaben der Kühl- und Schmierstoffe, Sicherheitsdatenblätter und deren Inhalt
	[2.13] Grundlagen des Qualitätsmanagements	Qualitätsbegriffe, Ziele des Qualitätsmanagements, Qualitätssicherung
	[2.14] Werkzeug- und Maschinenkosten, Materialverbrauch, Arbeitszeit	siehe [1.15]
LF	Grundbegriffe	Inhalte
3	[3.1] Teil-, Gruppen- und Gesamtzeichnungen, Anordnungspläne, auch in digitaler Form	siehe [1.1], [1.2]
	[3.2] Technische Informationsquellen	siehe [1.3]
	[3.3] Funktionsbeschreibungen	siehe [1.4]
	[3.4] Stückliste und Montagepläne	Bestandteile des Montageplans: Reihenfolge des Zusammenbaues, erforderliche Werkzeuge und Hilfsmittel, Mess- und Prüfmittel, Vorgabezeiten für die Montage
	[3.5] Montagebeschreibungen	siehe [3.4]
	[3.6] Werkzeuge, Vorrichtungen	Werkzeuge ohne Maschinenunterstützung, Werkzeuge mit Maschinenunterstützung Montagehilfsmittel: Schraubstock, Zangen, Spannzangen
	[3.7] Werk-, Hilfs- und Zusatzstoffe	siehe [2.12], [3.6]
	[3.8] Grundlagen des kraft-, form- und stoffschlüssigen Fügens	Kraftschluss: Schraubverbindung, Schraubensicherung Formschluss: Bolzenverbindungen, Stiftverbindungen, Nietverbindungen Stoffschluss: Klebstoffverbindungen, Lötverbindungen, Schweißen
	[3.9] Normteile	siehe [1.10]
	[3.10] Grundlagen des Qualitätsmanagements	siehe [2.13]
	[3.11] Funktionsprüfung	siehe [1.14]
	[3.12] Kraft- und Drehmomentberechnungen	Einheiten umrechnen, Formel umstellen
	[3.13] Grundlagen der Steuerungstechnik	Steuerungsarten, steuertechnische Begriffe, Planung, Grundlagen der Pneumatik und Hydraulik
	[3.14] Arbeitsorganisation und Arbeitsplanung	Ressourcen: Zeit, Personen, Etat Organisation: Zuständigkeit, Vorgehensweise, Dokumentation, Verantwortlichkeit Arbeitsauftrag: zeitliche Begrenzung, klare Definition, Aufteilung auf Teammitglieder
	[3.15] Montagekosten	siehe [1.15]

LF	Grundbegriffe	Inhalte
4	[4.1] Grundbegriffe der Instandhaltung	Definition von: Abnutzung, Nutzungszeit, Ausfall, Wartung, Inspektion, Instandsetzung, Verbesserung
	[4.2] Wartungspläne	Erstellen von Wartungsplänen (Inhalt): die zu wartenden Anlagenkomponenten, Zeitpunkt der Wartung und die auszuführende Tätigkeit
	[4.3] Anordnungspläne	siehe [1.2], [1.3]
	[4.4] Betriebsanleitungen	Montage, Betreiben, Warten und Reparieren von technischen Anlagen oder Maschinen
	[4.5] Betriebsorganisation	Abteilungen: Einkauf, Konstruktion, Versuch, Arbeitsvorbereitung, Einzelteillfertigung, Montage, Verkauf, Versand, Kundendienst
	[4.6] Verschleißursachen, Störungsursachen	Definition von Reibungsarten: Haftreibung, Gleitreibung, Rollreibung Berechnung von: Reibungskraft, Reibungsmoment, Reibungsarbeit Schadensanalyse: ungeeigneter Werkstoff, Fehler bei der Fertigung, Beschädigung bei der Montage Schadensvermeidung: Veränderung von Wartung, Belastung, Konstruktion, Werkstoff
	[4.7] Schmier- und Kühlschmierstoffe, Entsorgung	siehe [2.12] Vorschriftsmäßige Sammlung und Entsorgung von umweltbelastenden Abfällen wie Altöle, Reinigungsmitteln
	[4.8] Korrosionsschutz und Korrosionsschutzmittel	Korrosionsschäden wie: Risse, Löcher, Mulden, Flächenkorrosion Schülerinnen und Schüler kennen die Korrosionsursachen: chemische/elektrochemische Korrosion Schülerinnen und Schüler kennen Maßnahmen des Korrosionsschutzes: richtige Lagerung, richtige Auswahl von Werkstoffen etc.
	[4.9] Funktionsprüfung	siehe [1.14]
	[4.10] Instandhaltungs- und Ausfallkosten, Störungsfolgen	Schülerinnen und Schüler kennen die Kosten der Instandhaltungsmaßnahmen in Abhängigkeit vom Instandhaltungsaufwand
	[4.11] Schadensanalyse	siehe [4.6]
	[4.12] Größen im elektrischen Stromkreis, Ohmsches Gesetz	Schülerinnen und Schüler kennen die Grundzusammenhänge des elektrischen Stromkreises von: Spannung, Strom, Widerstand Schülerinnen und Schüler führen über das Ohm'sche Gesetz Berechnungen durch Anschluss von elektrischen Anlagen: Parallelschaltung, Reihenschaltung
	[4.13] Gefahren des elektrischen Stroms, elektrische Sicherheit	Kennzeichnung elektrischer Gefahrenbereiche: Darstellung und deren Bedeutung
	[4.14] Normen und Verordnungen	siehe [1.18]

Tabelle 2: Anbindungen zwischen Kernlehrplänen und KMK-Rahmenlehrplan (Industriemechaniker/-in)

Kompetenzbereich	Schulfach: Chemie	Lernfeldanbindung
Fachwissen	chemische Reaktionen, bei denen Sauerstoff aufgenommen wird, als Oxidation einordnen	[4.8]
	wichtige Gebrauchsmetalle und Legierungen benennen, deren typische Eigenschaften beschreiben und Metalle von Nichtmetallen unterscheiden	[1.6], [1.7]
	den Weg der Metallgewinnung vom Erz zum Roheisen und Stahl beschreiben	[1.6]
	Korrosion als Oxidation von Metallen erklären und einfache Maßnahmen zum Korrosionsschutz erläutern	[4.8]
Kompetenzbereich	Schulfach: Physik	Lernfeldanbindung
Fachwissen	verschiedene Materialien als Leiter oder Nichtleiter einordnen	[4.12]
	notwendige Elemente eines elektrischen Stromkreises nennen und zwischen einfachen Reihen- und Parallelschaltungen unterscheiden	[4.12]
	die Abhängigkeit des elektrischen Widerstands eines Leiters von dessen Eigenschaften erläutern (Länge, Querschnitt, Material, Temperatur)	[4.12]
	bei elektrischen Stromkreisen begründet Reihenschaltungen und Parallelschaltungen identifizieren und die Aufteilung von Strömen und Spannungen erläutern	[4.12]
	für eine Masse die wirkende Gewichtskraft angeben	[1.16], [3.12]
	an Beispielen Beziehungen zwischen Kräften, Arbeit, Energie und Leistung darstellen	[3.12], [4.12]
	Kraftwirkungen verschiedener Antriebe (Verbrennungsmotor, Elektromotor, Düsentriebwerk) beschreiben und vergleichen	[2.9]
Erkenntnisgewinnung	einfache elektrische Schaltungen (u.a. UND/ ODER Schaltungen) nach dem Stromkreiskonzept planen, aufbauen und auf Fehler überprüfen	[4.12]
	Vorgänge in einem Stromkreis mithilfe einfacher Modelle erklären	[4.12]
	Spannungs- und Stromstärkemessungen planen und unter sachgerechter Verwendung der Messgeräte durchführen	[4.12]
	die Leistung sowie den Widerstand in elektrischen Stromkreisen aus den Werten für Spannung und Stromstärke bestimmen	[4.12]
	Messdaten zu Stromstärke und Spannung in Reihen- und Parallelschaltungen auswerten und Gesetzmäßigkeiten formulieren	[4.12]
	bei Versuchen (u.a. mit Kraftwandlern und einfachen Maschinen wie Hebel und Flaschenzug) die zu messenden Größen selbstständig benennen und systematisch den Einfluss dieser Größen untersuchen	[2.9]
Kommunikation	einfache Schaltpläne erläutern und die Funktionszusammenhänge in einer Schaltung begründen	[4.12]
	mit Hilfe von Funktions- und Sicherheitshinweisen in Gebrauchsanweisungen elektrische Geräte sachgerecht bedienen	[1.4], [4.4]

	für eine Messreihe mit mehreren Variablen (u.a. zu elektrischen Schaltungen) selbstständig eine geeignete Tabelle anlegen	[4.12]
	bei der Auswertung technischer Daten von Elektrogeräten die für die Ermittlung des Energiebedarfs wesentlichen Angaben identifizieren	[2.9]
	in Zeichnungen die Wirkung und das Zusammenwirken von Kräften durch Vektorpfeile darstellen	[2.8]
	aus Gebrauchsanleitungen notwendige Informationen zur Nutzung von Kommunikationsgeräten entnehmen	[4.4]
Bewertung	Sicherheitsregeln für den Umgang mit Elektrizität begründen und zum Schutz der Gesundheit einhalten	[4.12], [4.13]
	Sicherheitsregeln und Schutzmaßnahmen bei der Nutzung elektrischer Anlagen und bei Gewittern begründen und diese verantwortungsvoll anwenden	[4.13]
Kompetenzbereich	Schulfach: Technik	Lernfeldanbindung
Sachkompetenz	unterscheiden unterschiedliche Werkzeuge, Werkstücke, Werkstoffe und Werkzeugmaschinen	[1.6], [1.7], [1.11]
	unterscheiden Gefahrstoffe und deren Gefährdungspotential anhand ihrer Kennzeichnung	[2.11], [4.13]
	beschreiben Arbeitsschritte und Sicherheitsmaßnahmen beim Bohren mit der elektrischen Bohrmaschine und beim Lötén	[2.8]
	erläutern technische Kommunikationsmittel (u.a. Skizzen, technische Zeichnungen und Baupläne)	[1.1], [1.2], [1.3]
	beschreiben die Dimensionen und die Funktion eines Werkstücks anhand technischer Darstellungen	[1.1], [1.2], [1.3]
	erläutern die Handhabung und Funktion eingesetzter Werkzeuge, Geräte und Werkstoffe	[1.11], [2.9]
	ordnen Werkstoffen und Halbzeugen geeignete Be- und Verarbeitungsverfahren sowie hierzu erforderliche Mess- und Werkzeuge zu	[1.13], [2.8]
	benennen Verfahren und Kriterien zur Überprüfung der Qualität angefertigter Werkstücke	[1.14]
	beschreiben die Funktion elektrischer Bauteile	[1.11]
	ordnen Schaltzeichen den entsprechenden Bauteilen zu	[4.12]
	beschreiben den Aufbau und die Wirkungsweise einfacher elektrischer Schaltungen	[4.12]
	unterscheiden Geräte und Maschinen hinsichtlich ihrer Funktionen und Einsatzbereiche	[2.9]
	unterscheiden Mess-, Steuerungs- und Regelungsaufgaben	[3.13]
	erläutern eine Bauzeichnung	[1.2]
erklären die Berechnung des Wirkungsgrads eines technischen Energieumwandlungsprozesses	[2.9]	

2. Bedeutung naturwissenschaftlich-technischer Basiskompetenzen für berufliche Kompetenzen handwerklicher und industrieller Metallberufe

2.1 Naturwissenschaftlich-technische Basiskompetenzen metalltechnischer Ausbildungsberufe

Tabelle 3 stellt auf Grundlage der in Tabelle 2 zusammengefassten Schnittmenge die Defizite bezüglich der Basiskompetenzen von Auszubildenden in handwerklichen und industriellen Metallberufen dar. Hierfür wurde die Übersicht der Kompetenzbereiche, der Schulfächer sowie deren Anbindung an den Rahmenlehrplan Lehrkräften vorgelegt. Die Lehrkräfte unterrichteten im Bildungsgang Metall die Ausbildungsberufe „Maschinen- und Anlagenführer/-in“, „Zerspanungsmechaniker/-in“, „Werkzeugmechaniker/-in“ und „Industriemechaniker/-in“.

Tabelle 3: Defizite in den Basiskompetenzen metalltechnischer Auszubildenden

Kompetenzbereich	Schulfach: Chemie	Lernfeldanbindung
Fachwissen	<ul style="list-style-type: none"> wichtige Gebrauchsmetalle und Legierungen benennen deren typische Eigenschaften beschreiben Metalle von Nichtmetallen unterscheiden 	[1.6], [1.7]
Kompetenzbereich	Schulfach: Physik	Lernfeldanbindung
Fachwissen	<ul style="list-style-type: none"> notwendige Elemente eines elektrischen Stromkreises nennen zwischen einfachen Reihen- und Parallelschaltungen unterscheiden 	[4.12]
	<ul style="list-style-type: none"> Abhängigkeit des elektrischen Widerstands eines Leiters von dessen Eigenschaften erläutern (Länge, Querschnitt, Temperatur) 	[4.12]
	<ul style="list-style-type: none"> für eine Masse die wirkende Gewichtskraft angeben 	[1.16], [3.12]
	<ul style="list-style-type: none"> an Beispielen Beziehungen zwischen: <ul style="list-style-type: none"> Kräften Energie und Leistung darstellen 	[3.12], [4.12]
	<ul style="list-style-type: none"> die Leistung sowie den Widerstand in elektrischen Stromkreisen aus den Werten für Spannung und Stromstärke bestimmen 	[4.12]
Kompetenzbereich	Schulfach: Technik	Lernfeldanbindung
Sachkompetenz	<ul style="list-style-type: none"> erläutern technische Kommunikationsmittel (u.a. Skizzen, technische Zeichnungen und Baupläne) 	[1.1], [1.2], [1.3]
	<ul style="list-style-type: none"> beschreiben die Dimensionen und die Funktion eines Werkstücks anhand technischer Darstellungen 	[1.1], [1.2], [1.3]
	<ul style="list-style-type: none"> erläutern eine Bauzeichnung 	[1.2]

2.2 Beschreibung der wichtigsten Basiskompetenzen

Die Befragung der Lehrkräfte ergab, dass die größten Defizite im Bereich der technischen Kommunikation sowie bei der Bestimmung von physikalischen Größen vorliegen. Es stellt Lernende vor Herausforderungen eine technische Skizze richtig zu deuten, um aus ihr weitere Handlungsschritte abzuleiten. Der Umgang mit physikalischen Größen wie Kraft, Arbeit, Energie und Leistung erwies sich ebenfalls als problematisch. In handwerklichen und industriellen Metallberufen nehmen physikalische Größen einen hohen Stellenwert ein, da sie im Arbeitsalltag essentiell sind. Nicht nur die Beziehungen physikalischer Größen zueinander, sondern auch die Angabe der physikalischen Größen in den richtigen SI-Einheiten stellt ein Defizit dar.

Hinzu kommt, dass von den Lehrkräften angemerkt wurde, dass die in den Kernlehrplänen aufgeführten Kompetenzen in einigen Bereichen höher einzustufen sind, als die im KMK-Rahmenlehrplan aufgeführten. Trotzdem sind in diesen Bereichen auf Niveau der KMK-Rahmenlehrpläne oft Defizite auszumachen. Als signifikantes und wichtiges Beispiel, gerade im Hinblick auf die industriellen Metallberufe, ist hier der Kernlehrplan des Schulfachs Physik hervorzuheben (Nordrhein-Westfalen, Kernlehrplan für die Realschule in Nordrhein-Westfalen Physik, 2011). Laut diesem sind die Lernenden in der Lage für eine Masse die wirkende Gewichtskraft anzugeben (siehe Tabelle 3). Die Befragung ergab jedoch, dass dies oft nur unzureichend der Fall ist. Vielmehr haben die Lernenden bereits Probleme für ein dargestelltes Bauteil die Masse zu ermitteln. Dies ist gerade in den industriellen Metallberufen eine essentielle Basiskompetenz und findet in vielen späteren Berufssituationen Anwendung.