

Orientierungshilfe des PAL-Fachausschusses

**Chemielaborant/-in
Teil 2**

**zum schriftlichen Teil der gestreckten Abschlussprüfung
(Änderungsverordnung vom 10. Februar 2022)**

Stand: April 2023 – Version 1
(Alle Änderungen zur Vorversion **rot und gelb hinterlegt!**)

**Die folgende Zusammenstellung dient nur zur Orientierung und wird durch den zuständigen PAL-Fachausschuss ständig aktualisiert.
Sie stellt keinen rechtsverbindlichen Anspruch auf Vollständigkeit dar.**

	<ul style="list-style-type: none"> - Auswahl von Elutionsmitteln für Säulen- und Dünnschichtchromatografie, Entwicklung von Dünnschicht-Chromatogrammen - Prinzip der wichtigsten chromatografischen Trennverfahren (Dünnschicht-, Gas-, Hochleistungs-Flüssigkeits-Chromatografie) - Gaschromatografie (GC): Methode, Aufbau, Anwendung - Hochleistungs-Flüssigkeits-Chromatografie (HPLC): Methode, Aufbau, Anwendung - Hochleistungsdünnschichtchromatografie (HPTLC): Methode, Aufbau, Anwendung - Arbeitsgebiete der Maßanalyse: Acidimetrie, Alkalimetrie, Komplextometrie, Redoxanalysen, Konduktometrie, Potenziometrie - Elektrogravimetrie - Säure-Base-Reaktionen, Puffersysteme pH-Wert und Indikatorenauswahl, pK_s- und pK_b-Werte - Adsorption, Desorption, Verteilung, Verteilungsgleichgewichte, Nernstscher Verteilungssatz - Kommunikations- und Informationssysteme, elektronische Auswertung
2 Stoffkonstanten und physikalische Größen	<ul style="list-style-type: none"> - Physikalische Größen messen, insbesondere pH-Wert, Dichte, Temperatur, Drehwinkel, Brechzahl, Schmelz- und Siedepunkt, Viskosität - Volumenmessgeräte und Waagen auswählen und einsetzen - Lösemittel unterschiedlicher Polarität auswählen - Spektroskopische Stoffkonstanten - Lösungs- und Verteilungsgleichgewichte (Konstanten) - Eigenschaften von Elutionsmitteln - Chromatografische Stoffkonstanten
3 Reaktionskinetik und Thermodynamik, chemisches Gleichgewicht	<ul style="list-style-type: none"> - Verfahrensoptimierung durch den Einsatz chemisch-physikalischer Maßnahmen - Reaktionsenthalpie, exotherme und endotherme Reaktionen - Reaktionsgeschwindigkeit, Einflussgrößen - Maßnahmen zum Verschieben des Reaktionsgleichgewichts - Katalyse - Berechnungen zum Massenwirkungsgesetz (MWG)

<p>4 Auswerten von Messergebnissen unter Berücksichtigung stöchiometrischer Berechnungen</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Berechnungen bei maßanalytischen Bestimmungen, insbesondere bei Neutralisations-, Redox- und komplexometrischen Titrationsen - Berechnungen bei gravimetrischen Bestimmungen - Berechnungen bei spektroskopischen Bestimmungen, insbesondere Bouguer-Lambert-Beersches Gesetz - Einfache statistische Berechnungen (Mittelwert, Median, Standardabweichung, Variationskoeffizient)
<p>5 Wichtige großtechnische Herstellungsverfahren</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Herstellungsverfahren, wichtige physikalisch-chemische Grundlagen beschreiben (Reaktionsgleichungen): <ul style="list-style-type: none"> - Ammoniaksynthese (insbesondere das Gleichgewicht) - Salpetersäuresynthese - Methanolsynthese - Schwefelsäuresynthese (insbesondere die Ab- und Adsorption) - Chlor-Alkali-Elektrolyse - Wasserelektrolyse zur Herstellung von Wasserstoff

2. Wahlqualifikationen

Nachfolgend sind nur detaillierte Gliederungen für diejenigen Wahlqualifikationen aufgeführt, die der PAL-Fachausschuss überregional entwickelt.

Prüfungsgebiet nach Änd.-VO 2022	Detaillierte Inhalte (durch Festlegung des PAL-Fachausschusses)
Wahlqualifikation Nr. 1: Präparative Chemie: Reaktionstypen und -führung	<ul style="list-style-type: none">- Amine: Einteilung, Herstellung, Reaktionen (z. B. Diazotierung) - Additions- und Kondensationsreaktionen bei Carbonylverbindungen:<ul style="list-style-type: none">- Acetal- und Ketalbildung- Cyanhydrinbildung und Hydrolyse zu α-Hydroxycarbonsäuren- Imin, Oxim und Hydrazonebildung- Aldol- und Cannizzaro-Reaktion - Substituierte Carbonsäuren:<ul style="list-style-type: none">- Halogen-, Hydroxy-, Keto-, Aminocarbonsäuren - Aromatische Verbindungen:<ul style="list-style-type: none">- Aromatische Amine- Aromatische Alkohole, Aldehyde, Ketone, Carbonsäuren- Aromatische Carbonsäurederivate, substituierte Carbonsäuren - Zweitsubstitution - Polymerisation, Polyaddition, Polykondensation - Stereoisomerie: Enantiomerie, Diastereomerie, Racemat, D-/L-Nomenklatur (Zucker, Aminosäuren) - Formulierung mehrstufiger Synthesen - Metallorganische Reaktionen - Untersuchung von Reaktionen unter Berücksichtigung der Reaktionsmechanismen - Berechnungen (Umsatz, chemisches Gleichgewicht, Mischung, etc.) - Aufarbeitung von Reaktionsprodukten

Prüfungsgebiet nach Änd.-VO 2022	Detaillierte Inhalte (durch Festlegung des PAL-Fachausschusses)
Wahlqualifikation Nr. 3: Durchführen verfahrenstechnischer Arbeiten	<ul style="list-style-type: none"> - Chemische Herstellungsverfahren, mechanische und thermische Trennverfahren wie: Fällen, Umfällen, Filtrieren, Zentrifugieren, Destillieren, Rektifizieren, Extrahieren, Ab- und Adsorption - Verfahrenstechnische Rohrleitungs- und Instrumentenfließbilder mit folgenden Bauteilen kennen: Behälter, Kolonnen, chemische Reaktoren mit Einbauten, Wärmetauscher, Öfen, Filterapparate, Abscheider, Zentrifugen, Trockner, Zerkleinerungsmaschinen, Rührer, Flüssigkeitspumpen, Kompressoren, Verdichter, Vakuumpumpen, Absperrarmaturen, Rückschlagarmaturen, Armaturen mit stetigem Stellverhalten, Sicherheitsarmaturen, Rohrleitungsteile - Funktion und Einsatz der verfahrenstechnischen Bauteile kennen - Messtechnik und Sensoren wie: <ul style="list-style-type: none"> - Temperatur: Widerstandsthermometer, Thermoelement - Druck: Rohrfedermanometer, Plattenfedermanometer - Füllstand: Bodendruck - Durchfluss: Messblende, Schwebekörperdurchflussmesser, magnetisch-induktive Durchflussmessung, Ultraschallmessung - Mengemessung: Ovalradzähler, Woltmannzähler, Ringkolbenzähler - Qualität: pH-Wert, Leitfähigkeit, ... - Messstellenbezeichnung nach DIN für: Grafische Symbole, Kennbuchstaben, Messort, Anzeigeort Anzeige Registrierung Regelung Schaltung Alarm (oberer, unterer Grenzwert) Durchfluss Stand (auch Trennschicht) Druck Temperatur Qualität Differenz - Unterscheidung zwischen Steuern und Regeln Regelkreis: Führungsgröße, Stellgröße, Regelgröße, Störgröße Stellglied, Stellantrieb, Stellort - Berechnungen: <ul style="list-style-type: none"> - Kraft, Arbeit, Leistung, Wirkungsgrad - Gasgesetze - Volumenstrom, Volumenstromverhältnis, Massenstrom - Wärmemenge (Schmelz-, Verdampfungs- und Temperiervorgänge) - Ausbeute

Prüfungsgebiet nach Änd.-VO 2022	Detaillierte Inhalte (durch Festlegung des PAL-Fachausschusses)
Wahlqualifikation Nr. 4: Anwenden probenah- metechnischer und ana- lytischer Verfahren	<ul style="list-style-type: none"> - Probenahmeverfahren auswählen, insbesondere <ul style="list-style-type: none"> - unter Beachtung des Aggregatzustandes - mit dem Ziel des Erhaltes der Spezies, u. a. unter Beachtung eines geeigneten Probentransportes - unter Berücksichtigung von Einflüssen auf die Repräsentativität und die analytische Aussagefähigkeit - mit Unterscheidung zwischen manueller und automatisierter Probenahme - unter Beachtung der notwendigen Daten eines Probenahme-Protokolls - Auswahl geeigneter Verfahren zur Probenkonservierung, insbesondere <ul style="list-style-type: none"> - physikalische Verfahren (z. B. Kühlen, Tiefgefrieren) - chemische Verfahren (Schutzgas, Zugabe fester Chemikalien und Lösungen von Chemikalien) - Proben stoff- und analysenspezifisch vorbereiten, insbesondere durch <ul style="list-style-type: none"> - Auswahl und Anwendung von Verfahren zur Herstellung einer repräsentativen Analyseprobe - Auswahl geeigneter Aufschlussverfahren, -mittel und -geräte, insbesondere saure und alkalische Nass-, Schmelz- und oxidierende Aufschlüsse - Auswahl geeigneter Verfahren zur Abtrennung störender Matrixbestandteile, zur Reinigung des Analyten und zur Anreicherung des Analyten, insbesondere unter Anwendung der Verfahren <ul style="list-style-type: none"> - Extraktion - Säulenchromatografie oder SPE - Fällung - Adsorption und Absorption - Umfällung oder Umkristallisation - Analyseverfahren gemäß § 4, Abs. 2 Nr. 7 der Änderungsverordnung vom 10. Februar 2022 auswählen und gegebenenfalls validieren unter Berücksichtigung von <ul style="list-style-type: none"> - Selektivität und Sensitivität - wesentlichen statistischen Kenngrößen, insbesondere Richtigkeit, Präzision, Robustheit, Wiederfindung - Verfahrensschritte optimieren durch <ul style="list-style-type: none"> - Integration der Arbeitsschutzmaßnahmen, Auswahl der PSA, Gefährdungsbeurteilung - Minimierung des Chemikalieneinsatzes - Darstellung und Vereinfachung von Arbeitsabläufen - Integration von Qualitätssicherung - Nutzung von Möglichkeiten zur Automatisierung - Statistik der Probenahme <ul style="list-style-type: none"> - Stichprobenauswahl - Stichprobenumfang

Prüfungsgebiet nach Änd.-VO 2022	Detaillierte Inhalte (durch Festlegung des PAL-Fachausschusses)
Wahlqualifikation Nr. 5: Anwenden chromatografischer Verfahren	<ul style="list-style-type: none"> - Chromatografische Trennmechanismen <ul style="list-style-type: none"> - Verteilungschromatografie - Adsorptionschromatografie - DC-Methoden und deren Phasen (polar bzw. unpolar) - GC-Methoden und deren Phasen (polar bzw. unpolar) - HPLC-Methoden und deren Phasen, insbesondere Umkehrphasen- und Normalphasen-HPLC, Ionenchromatografie mit Suppression, eluotrope Reihe - Dünnschichtchromatografie Aufbau, Durchführung, Fehlerquellen, Detektion Stationäre Phasen, eluotrope Reihe - HPLC und GC Aufbau und Prinzip von Geräten der Gaschromatografie (GC inklusive Headspace) und der Hochleistungs-Flüssigkeits-Chromatografie (HPLC, inklusive IC), Bauteile und deren Funktionen (insbesondere Detektortypen) - Parameter eines Chromatogramms und daraus abgeleitete Größen, insbesondere Durchflusszeit, Fließgeschwindigkeit, Retentionszeiten, Retentionsfaktor k, Auflösung R, Selektivität α, Trennstufenzahl, Trennstufenhöhe, inneres und äußeres Chromatogramm, Van-Deemter-Gleichung - Chromatografische Analysen durchführen <ul style="list-style-type: none"> - Analysenproben vorbereiten - Probendosierung/ Probeneinlass - Parameter des chromatografischen Systems optimieren - Fließmittel/Trärgas, Trennphase auswählen - Detektionsmethode auswählen - Erkennung chromatografischer Fehler - Grundsätzliche Vorgehensweisen zur Beseitigung chromatografischer Fehler, insbesondere unaufgelöster und unsymmetrischer Trennergebnisse (DC, GC, HPLC) - Chromatografische Analysen auswerten <ul style="list-style-type: none"> - Qualitative Auswertung von Chromatogrammen - Quantitative Auswertung von Chromatogrammen durch <ul style="list-style-type: none"> - externen Standard - internen Standard - Normprozent - Standardaddition - mit anschließender Berechnung des Analytgehalts - Erstellung einer Kalibrierstrategie

Prüfungsgebiet nach Änd.-VO 2022	Detaillierte Inhalte (durch Festlegung des PAL-Fachausschusses)
Wahlqualifikation Nr. 6: Anwenden spektroskopischer Verfahren	<ul style="list-style-type: none"> - Unterscheidung von Analysetechniken <ul style="list-style-type: none"> - UV/VIS Spektroskopie - Infrarot-Spektroskopie (IR, FTIR, IR-ATR) - Massenspektrometrie (MS) - Magnetische Kernresonanzspektroskopie (¹H-NMR) - Atomabsorptions-/Atomemissionsspektroskopie (AAS/ AES/ ICP-OES) - Grundlagen und Probenvorbereitung <ul style="list-style-type: none"> - Elektromagnetisches Spektrum - Elektromagnetische Strahlung - Bouguer-Lambert-Beersches Gesetz und seine Anwendung - Analyseproben vorbereiten - Optimierung spektroskopischer Verfahren - Syntheseverfolgung durch spektroskopische Methoden - UV-VIS Spektroskopie <ul style="list-style-type: none"> - Grundlagen, Aufbau und Prinzip von Geräten (Bauteile und deren Funktionen) - IR-Spektroskopie (IR, FTIR, IR-ATR) <ul style="list-style-type: none"> - Grundlagen, Aufbau und Prinzip von Geräten (Bauteile und deren Funktionen) - Einteilung der Molekülschwingungen (Valenz- und Deformationsschwingung) - Interpretation grundlegender IR-Spektren: Alkane, Alkene, Alkine, Alkohole, Amine, Aromaten, Carbonylverbindungen - Massenspektrometrie (MS) <ul style="list-style-type: none"> - Grundlagen, Aufbau und Prinzip von Geräten (Bauteile und deren Funktionen) - Interpretation grundlegender MS-Spektren - Magnetische Kernresonanzspektroskopie (¹H-NMR) <ul style="list-style-type: none"> - Grundlagen, Aufbau und Prinzip von Geräten (Bauteile und deren Funktionen) - Interpretation grundlegender ¹H-NMR-Spektren - AAS/ AES/ ICP-OES <ul style="list-style-type: none"> - Grundlagen, Aufbau und Prinzip von Geräten (Bauteile und deren Funktionen) - Strukturaufklärung <ul style="list-style-type: none"> - Auf Basis der Interpretation von IR-, MS- und ¹H-NMR- Spektren Herleitung der Verbindung - Berechnungen <ul style="list-style-type: none"> - Quantitative Auswertung spektroskopischer Messergebnisse - Erstellung von Kalibrierstrategien bzw. Verdünnungsstrategien unter Berücksichtigung von Matrixeinflüssen

Prüfungsgebiet nach Änd.-VO 2022	Detaillierte Inhalte (durch Festlegung des PAL-Fachausschusses)
Wahlqualifikation Nr. 7: Durchführen mikrobiologischer Arbeiten	<ul style="list-style-type: none"> - Steriles Arbeiten – Sicherheit im Labor <ul style="list-style-type: none"> - Arbeitssicherheit beim Umgang mit biologischem Material - Berufsbezogene Inhalte – Biostoffverordnung - Arbeit unter Sterilwerkbänken - Entsorgung von kontaminiertem Material - Räumliche Voraussetzungen - Methoden der Sterilisation und Desinfektion <ul style="list-style-type: none"> - Wirkungsweise und Umgang mit den Geräten - Sterilisationsverfahren - Desinfektionslösungen - Kultivierung von Mikroorganismen <ul style="list-style-type: none"> - Nährmedien und Kulturgefäße <ul style="list-style-type: none"> - Zusammensetzung und Herstellung - Feste und flüssige Nährmedien - Entnahme von Zellmaterial, Impftechniken - Bebrütung - Mikroorganismen und deren Nachweis <ul style="list-style-type: none"> - Zellarten und Zellbestandteile - Wachstumsbedingungen - Anreicherung und Isolierung von Mikroorganismen - Nachweis von Mikroorganismen in der Umwelt - Aufbewahrung und Beschaffung von Reinkulturen - Lichtmikroskopische Untersuchung von Mikroorganismen <ul style="list-style-type: none"> - Baugruppen des Mikroskops - Hell- und Dunkelfeldmikroskopie - Größenbestimmung (Okularmikrometer, Zählkammer) - Phasenkontrastmikroskopie - Untersuchung fixierter und gefärbter Bakterien - Untersuchung lebender Bakterien und Hefen - Bestimmung der Zellzahl und Zellmasse in einzelligen Mikroorganismen <ul style="list-style-type: none"> - Morphologische Differenzierung - Biologische Stoffumwandlung und biotechnologische Verfahren <ul style="list-style-type: none"> - Atmung als aerober und Gärung als anaerober Vorgang - Arten von Gärungen - Einsatzmöglichkeiten biotechnologischer Verfahren - Fachtypische mathematische Berechnungen z.B. <ul style="list-style-type: none"> - Keimgehalt - Verdünnungen - Bakterienvermehrung - Viren

Prüfungsgebiet nach Änd.-VO 2022	Detaillierte Inhalte (durch Festlegung des PAL-Fachausschusses)
Wahlqualifikation Nr. 15: Qualitätsmanagement	<ul style="list-style-type: none"> - Regulative Vorgaben <ul style="list-style-type: none"> - Qualitätsbegriff, -ziele - Qualitätsmanagement und –systeme, insbesondere DIN EN ISO 9000 ff und GLP - Unterscheidung von Akkreditierung nach DIN EN ISO/IEC 17025 und Zertifizierung - Methodenqualifizierung (Validierung analytischer Verfahren) <ul style="list-style-type: none"> - Selektivität und Sensitivität - Arbeitsbereich, insbesondere Linearität, Signal-Rausch-Verhältnis, Nachweisgrenze, Bestimmungsgrenze - Einflüsse auf die Unsicherheit von Mess- und Analyseergebnissen, insbesondere Anwendung von Qualitätswerkzeugen - Messunsicherheit und Unsicherheit von Analyseergebnissen, insbesondere Genauigkeit (Richtigkeit, Präzision), Vertrauensbereich, signifikante Stellen - Wiederholbarkeit und Vergleichbarkeit - Wiederfindungsrate, insbesondere Berechnungen - Fehlerarten und-quellen, insbesondere systematische und zufällige Fehler sowie Matrix- und Untergrundeffekte - Fehlererkennung und –abstellmaßnahmen, insbesondere Fehlerabschätzung bei Volumen- und Massenmessung und Fotometrie - Fehlerrechnung, insbesondere Fehlerfortpflanzung - Planung und Dokumentation einer Methodenqualifizierung - Labortechnisches Qualitätssicherungskonzept <ul style="list-style-type: none"> - Erstellung und Handhabung von Arbeitsanweisungen (SOPs) - Qualifizierung des Laborpersonals - Grundsätze der Dokumentation von Daten und Ergebnissen - Effizienz und in der Effektivität von Prüfprozessen beurteilen, insbesondere Auditvorbereitung - Kompetenznachweis von Prüflaboratorien, insbesondere Ringversuche - Durchführung einer Methodenqualifizierung - Durchführung einer Gerätequalifizierung, insbesondere Feststellung der Konformität sowie Prüfmittelüberwachung - Messtechnische Rückführbarkeit, insbesondere Referenzmaterialien, Absolut- und Relativverfahren - Erstellung von Kalibrierfunktionen - Kalibrieren, Justieren, Eichen - Erstellung von x-y-Regelkarten insbesondere Ermittlung von Mittelwert und Standardabweichung, Festlegung der Warn- und Eingriffsgrenzen - Auswertung von x-y-Regelkarten, insbesondere Erkennen von Außerkontrollsituationen - Statistische Auswertungen, Qualifizierung von Analyseergebnissen <ul style="list-style-type: none"> - Fehlerrechnung - Repräsentative Werte, insbesondere Mittelwert, Median, Modalwert - Streumaße, insbesondere Spannweite, Standardabweichung, Variationskoeffizient - Angabe von Ergebnissen aus mehreren Parametern, insbesondere signifikanten Ziffern/Stellen - Vertrauensbereich von Mittelwerten, insbesondere Bedeutung der Flächenanteile bei der Gauß-Normalverteilung - Statistische Testverfahren, insbesondere Ausreißertest nach Grubbs, t-Test, F-Test - Informationstechnische Anforderungen <ul style="list-style-type: none"> - Erfassung, Verarbeitung und Aufzeichnung sowie Lenkung von und Zugriff auf Daten - Qualifizierung von Formeln



PAL - Prüfungsaufgaben- und
Lehrmittelentwicklungsstelle
IHK Region Stuttgart

PAL – Prüfungsaufgaben- und Lehrmittelentwicklungsstelle
IHK Region Stuttgart

Jägerstraße 30, 70174 Stuttgart, Telefon +49 (711) 2005-1848, Telefax -1830
pal@stuttgart.ihk.de, www.ihk-pal.de