



Orientierungshilfe des PAL-Fachausschusses

**Chemielaborant/-in
Teil 2**

**zum schriftlichen Teil der gestreckten Abschlussprüfung
(zweite Änderungsverordnung vom 3. März 2020)**

Stand: Juni 2021 – Version 1

Die folgende Zusammenstellung dient nur zur Orientierung und wird durch den zuständigen PAL-Fachausschuss ständig aktualisiert.

Sie stellt keinen rechtsverbindlichen Anspruch auf Vollständigkeit dar.

Prüfungsbereich „Analytische Chemie und Wahlqualifikationen“ (195 Minuten)

Gemäß § 8 Abs. 4 Nr. 1 der Verordnung vom 3. März 2020 soll der Prüfling im Prüfungsbereich Analytische Chemie und Wahlqualifikationen nachweisen, dass er

- fachliche Aufgaben im Hinblick auf arbeitsorganisatorische, naturwissenschaftliche und technologische Sachverhalte und deren Verknüpfung analysieren, bewerten und geeignete Lösungswege darstellen,
- berufsbezogene Berechnungen durchführen sowie
- Maßnahmen zur Sicherheit und zum Gesundheitsschutz bei der Arbeit, zum Umweltschutz und Qualitätsmanagement einbeziehen

kann.

Diese rechtlichen Bestimmungen werden als übergeordnete Themenbereiche zu den nachfolgend aufgeführten „detaillierten Inhalten“ der Pflicht- bzw. Wahlqualifikationen gesehen.

Hinweis:

Bei den integrativen Inhalten zu Arbeitssicherheit, Qualitätssicherung, Umweltschutz und Entsorgung finden grundsätzlich Berücksichtigung

- Gefahrstoffverordnung
- Chemikaliengesetz
- Betriebsanweisung
- Hygieneplan im Umgang mit Gefahrstoffen und Biologischen Arbeitsstoffen
- Persönliche Schutzausrüstung im Umgang mit Gefahrstoffen und Biologischen Arbeitsstoffen
- Erste Hilfe
- Technische Regeln für Gefahrstoffe (TRGS)
- Unfallverhütungsvorschriften

1. Analytische Chemie (Pflichtqualifikationen)

In den Pflichtqualifikationen wird ab Sommer 2016 eine gebundene Frage (teilweise) in Englisch gestellt. Dies wird der Verordnungsvorgabe in §4 Abs. 2 Abschnitt A Nr. 4.5 „Anwenden von Fremdsprachen bei Fachaufgaben“ gerecht.

Prüfungsgebiet nach zweiter Änd.-VO 2020	Detaillierte Inhalte (durch Festlegung des PAL-Fachausschusses)
1 Analyseverfahren einschließlich Probenvorbereitung und Reaktionsgleichungen <i>Fortsetzung auf Seite 3</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Probenahme und Probenaufbereitung und Probenvorbereitung - Qualitative Analyse anorganischer Stoffe, insbesondere der Nachweis einfacher Anionen und Kationen - Fällungsreaktionen, Prinzip der Gravimetrie - Wellenlänge, Frequenz, Dispersion und Refraktion - Bouguer-Lambert-Beersches Gesetz: <ul style="list-style-type: none"> - Extinktion (spektrales Absorptionsmaß) - Transmissionsgrad - Absorptionsgrad - Aufbau und Funktionsweise von UV/VIS- und IR-Spektrometern, Zuordnung der IR- und UV/VIS-Spektroskopie zu Einsatzgebieten <p>Stoffe mit UV/VIS- und IR-Spektrometern qualitativ und quantitativ analysieren</p> <ul style="list-style-type: none"> - Prinzip der qualitativen und quantitativen Chromatografie

	<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 - Schwefelsäure (insbesondere die Ab- und Adsorption) - Chlor-Alkali-Elektrolyse

2. Wahlqualifikationen

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

Prüfungsgebiet nach zweiter Änd.-VO 2020	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 zweiter Änd.-VO 2020	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: Rohrfederanometer, Plattenfederanometer - 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 zweiter Änd.-VO 2020	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, oder 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 Verordnung vom 3. März 2020 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 zweiter Änd.-VO 2020	Detaillierte Inhalte (durch Festlegung des PAL-Fachausschusses)
Wahlqualifikation Nr. 5: Anwenden chromatografischer Verfahren	<ul style="list-style-type: none"> - Parameter eines Chromatogramms und daraus abgeleitete Größen, insbesondere <ul style="list-style-type: none"> - R_f-Wert, Retentionszeiten, Retentionsfaktor k, Auflösung, Trennfaktor, Trennstufenzahl, Bodenhöhe, Peaksymmetrie, Fließgeschwindigkeit, inneres und äußeres Chromatogramm, Van-Deemter-Gleichung - Aufbau und Prinzip der Dünnschichtchromatografie und deren Anwendungsmöglichkeiten, Kammertypen, Entwicklungsmöglichkeiten und Detektionsarten - Aufbau und Prinzip von Geräten der Gaschromatografie (GC) und der Hochleistungs-Flüssigkeits-Chromatografie (HPLC), Bauteile und deren Funktionen - HPLC-Methoden und deren Phasen: Umkehrphasen- und Normalphasen-HPLC, Ionenchromatografie mit Suppression - GC-Methoden und deren Phasen (polar bzw. unpolar) - Trennmechanismus der Verteilungs-, Adsorptions- und Ausschlusschromatografie - Analysenproben vorbereiten, Derivatisierungen - Optimierung chromatografischer Verfahren - Fehlererkennung anhand von Chromatogrammen (DC, GC, HPLC) - Vorschläge zur Fehlerbeseitigung, insbesondere unaufgelöster und unsymmetrischer Peaks (DC, GC, HPLC) - Erstellung von Kalibrierstrategien - Quantitative Auswertung von Chromatogrammen mit Hilfe des externen, internen Standards, Normprozentage und Standardaddition

Prüfungsgebiet nach zweiter Änd.-VO 2020	Detaillierte Inhalte (durch Festlegung des PAL-Fachausschusses)
Wahlqualifikation Nr. 6: Anwenden spektroskopischer Verfahren	<ul style="list-style-type: none"> - Grundlagen, Aufbau und Prinzip von Geräten (Bauteile und deren Funktionen) der: <ul style="list-style-type: none"> - Atomabsorptionsspektroskopie (AAS) - Atomemissionsspektroskopie (AES); ICP-OES - Infrarot-Spektroskopie (IR, FTIR, IR-ATR) - UV/VIS-Spektroskopie - Massenspektrometrie (MS) und - Magnetischen Resonanzspektroskopie (¹H-NMR) - Analysenproben vorbereiten - Optimierung spektroskopischer Verfahren - Elektromagnetisches Spektrum - Bouguer-Lambert-Beersches Gesetz und seine Anwendung - Erstellung von Kalibrierstrategien bzw. Verdünnungsstrategien unter Berücksichtigung von Matrixeinflüssen - Einteilung der Molekülschwingungen in der IR-Spektroskopie (Valenz- und Deformationsschwingung) - Interpretation grundlegender IR-Spektren: <ul style="list-style-type: none"> - Alkane, Alkene, Alkine, Alkohole, Amine, Aromaten, Carbonylverbindungen - Interpretation grundlegender MS- und ¹H-NMR-Spektren - Syntheseverfolgung durch spektroskopische Methoden - Quantitative Auswertung spektroskopischer Messergebnisse

Prüfungsgebiet nach zweiter Änd.-VO 2020	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 zweiter Änd.-VO 2020	Detaillierte Inhalte (durch Festlegung des PAL-Fachausschusses)
Wahlqualifikation Nr. 15: Qualitätsmanagement	<ol style="list-style-type: none"> 1. Regulative Vorgaben <ol style="list-style-type: none"> 1.1. Qualitätsbegriff, -ziele 1.2. Qualitätsmanagement und –systeme, insbesondere DIN EN ISO 9000 ff und GLP 1.3. Unterscheidung von Akkreditierung DIN EN ISO/IEC 17025 und Zertifizierung 2. Methodenqualifizierung (Validierung analytischer Verfahren) <ol style="list-style-type: none"> 2.1. Selektivität und Sensitivität 2.2. Arbeitsbereich, insbesondere Linearität, Signal-Rausch-Verhältnis, Nachweisgrenze, Bestimmungsgrenze 2.3. Einflüsse auf die Unsicherheit von Mess- und Analyseergebnissen, insbesondere Anwendung von Qualitätswerkzeugen 2.4. Messunsicherheit und Unsicherheit von Analyseergebnissen, insbesondere Genauigkeit (Richtigkeit, Präzision), Vertrauensbereich, signifikante Stellen 2.5. Wiederholbarkeit und Vergleichbarkeit 2.6. Wiederfindungsrate, insbesondere Berechnungen 2.7. Fehlerarten und-quellen, insbesondere systematische und zufällige Fehler sowie Matrix- und Untergrundeffekte 2.8. Fehlererkennung und –abstellmaßnahmen, insbesondere Fehlerabschätzung bei Volumen- und Massenmessung und Fotometrie 2.9. Fehlerrechnung, insbesondere Fehlerfortpflanzung 2.10. Planung und Dokumentation einer Methodenqualifizierung 3. Labortechnisches Qualitätssicherungskonzept <ol style="list-style-type: none"> 3.1. Erstellung und Handhabung von Arbeitsanweisungen (SOPs) 3.2. Qualifizierung des Laborpersonals 3.3. Grundsätze der Dokumentation von Daten und Ergebnissen 3.4. Effizienz und in der Effektivität von Prüfprozessen beurteilen, insbesondere Auditvorbereitung 3.5. Kompetenznachweis von Prüflaboratorien, insbesondere Ringversuche 3.6. Durchführung einer Methodenqualifizierung 3.7. Durchführung einer Gerätequalifizierung, insbesondere Feststellung der Konformität sowie Prüfmittelüberwachung 3.8. Messtechnische Rückführbarkeit, insbesondere Referenzmaterialien, Absolut- und Relativverfahren 3.9. Erstellung von Kalibrierfunktionen 3.10. Kalibrieren, Justieren, Eichen 3.11. Erstellung von x-y-Regelkarten insbesondere Ermittlung von Mittelwert und Standardabweichung, Festlegung der Warn- und Eingriffsgrenzen 3.12. Auswertung von x-y-Regelkarten, insbesondere Erkennen von Außerkontrollsituationen 4. Statistische Auswertungen, Qualifizierung von Analyseergebnissen <ol style="list-style-type: none"> 4.1. Fehlerrechnung 4.2. Repräsentative Werte, insbesondere Mittelwert, Median, Modalwert 4.3. Streumaße, insbesondere Spannweite, Standardabweichung, Variationskoeffizient 4.4. Angabe von Ergebnissen aus mehreren Parametern, insbesondere signifikanten Ziffern/Stellen 4.5. Vertrauensbereich von Mittelwerten, insbesondere Bedeutung der Flächenanteile bei der Gauß-Normalverteilung 4.6. Statistische Testverfahren, insbesondere Ausreißertest nach Grubbs, t-Test, F-Test 5. Informationstechnische Anforderungen <ol style="list-style-type: none"> 5.1. Erfassung, Verarbeitung und Aufzeichnung sowie Lenkung von und Zugriff auf Daten 5.2. 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