

Bildungspläne zur Erprobung

**für die Bildungsgänge, die zu einem Berufsabschluss nach Landesrecht
und zur allgemeinen Hochschulreife oder zu beruflichen Kenntnissen
und zur allgemeinen Hochschulreife führen**

Teil III: Fachlehrplan Chemietechnik

Herausgegeben vom Ministerium für Schule und Weiterbildung
des Landes Nordrhein-Westfalen
Völklinger Straße 49, 40221 Düsseldorf
45407/2006

**Auszug aus dem Amtsblatt
des Ministeriums für Schule und Weiterbildung
des Landes Nordrhein-Westfalen
Nr. 07/06**

**Berufskolleg;
1. Bildungspläne zur Erprobung
für die Bildungsgänge der Berufsfachschule
nach Anlage D (D1 bis D28)
der Verordnung über die Ausbildung und Prüfung
in den Bildungsgängen des Berufskollegs (APO-BK)
2. Vorgaben zu den unterrichtlichen Voraussetzungen
für die zentral gestellten schriftlichen Prüfungen
im Abitur in den Bildungsgängen des Berufskollegs, APO-BK Anlage D1 – D28 im Jahr 2008
(Vorgaben für die Abiturprüfung)
RdErl. d. Ministeriums für Schule und Weiterbildung
v. 30.6.2006 – 612-6.04.05-29042/05**

Bezug: § 2 Abs. 1 und 2 der Anlage D sowie D 1 bis D 28 der Verordnung über die Ausbildung und Prüfung in den Bildungsgängen des Berufskollegs (Ausbildungs- und Prüfungsordnung Berufskolleg – APO-BK) (**BASS 13 – 33 Nr. 1.1**)

Für die Bildungsgänge der Berufsfachschule nach Anlage D (D1 bis D28) der Verordnung über die Ausbildung und Prüfung in den Bildungsgängen des Berufskollegs (**BASS 13 – 33 Nr. 1.1**) wurden unter der verantwortlichen Leitung des Landesinstituts für Schule/Qualitätsagentur zunächst für die 15 Profil bildenden Fächer (siehe **Anlage 1**) Bildungspläne zur Erprobung und die Vorgaben für die Abiturprüfung 2008 entwickelt.

1. Die Bildungspläne für die in der **Anlage 1** aufgeführten Fächer werden hiermit gemäß § 6 Abs. 1 SchulG (**BASS 1 – 1**) mit Wirkung vom 1.8.2006 zur Erprobung in Kraft gesetzt.

Die Veröffentlichung erfolgt in der Schriftenreihe "Schule in NRW" (**Anlage 1**). Je ein Exemplar der Bildungspläne zur Erprobung erhalten die Berufskollegs in Papierform. Die Bildungspläne werden außerdem im Bildungsportal des Ministeriums veröffentlicht¹. Eine Bestellung über den Verlag ist nicht möglich.

Die Evaluation dieser Bildungspläne erfolgt nach dem ersten und ggf. nach dem zweiten Zentralabitur in diesen Fächern.

Die in der **Anlage 2** aufgeführten Bestimmungen treten mit Wirkung vom 1.8.2006 auslaufend außer Kraft.

2. Zur Vorbereitung der Schülerinnen und Schüler auf die schriftlichen Prüfungen in den Profil bildenden Fächern mit zentral gestellten Aufgaben im Abitur 2008 an Berufskollegs werden Vorgaben erlassen.

Diese Vorgaben für die Abiturprüfung stehen im Bildungsserver des Landes Nordrhein-Westfalen² zur Verfügung. Zentrale Hinweise zur Umsetzung dieser Vorgaben, die sich bezogen auf die einzelnen Fächer in den Bildungsgängen ergeben, werden ebenfalls kontinuierlich im Bildungsserver zugänglich gemacht. Bei Bedarf erfolgen Beratungen durch die Fachaufsicht der Bezirksregierungen.

Die Bildungspläne zur Erprobung und die Vorgaben für die Abiturprüfungen 2008 sind allen an der didaktischen Jahresplanung für den Bildungsgang Beteiligten zur Verfügung zu stellen und zusätzlich in der Schulbibliothek u. a. für die Mitwirkungsberechtigten zur Einsichtnahme bzw. zur Ausleihe verfügbar zu halten.

¹ www.bildungsportal.nrw.de/BP/Schule/System/Recht/RuLProbe/Bk/index.html

² www.learn-line.nrw.de/angebote/abitur-bk-08

Anlage 1

Folgende Bildungspläne treten zum 1.8.2006 in Kraft:

Heft-Nr.	Bereich / Fach
	Bildungsgänge der Berufsfachschule nach § 2 Abs. 1 und 2 Anlage D (D1 bis D28) der APO-BK
45001	Pädagogische Leitideen
45005	Sport
45101	Didaktische Organisation der Bildungsgänge im Fachbereich Erziehung und Soziales
45102	Erziehungswissenschaften
45103	Sport
	<i>Fachbereich Informatik³</i>
45202	Informatik
	<i>Fachbereich Kunst und Gestaltung</i>
45302	Gestaltungstechnik
45303	Kunst
45304	Englisch
45401	Didaktische Organisation der Bildungsgänge im Fachbereich Technik
45402	Bautechnik
45403	Elektrotechnik
45404	Datenverarbeitungstechnik
45405	Maschinenbautechnik
45406	Biologie
45407	Chemietechnik
45408	Physiktechnik
45409	Ernährungslehre
45601	Didaktische Organisation der Bildungsgänge im Fachbereich Wirtschaft und Verwaltung
45602	Betriebswirtschaftslehre mit Rechnungswesen

³ Die kursiv gesetzten Zeilen dienen zur Strukturierung der Bildungspläne.

Anlage 2

Außer Kraft tretende Bestimmungen

Folgende Lehrpläne treten auslaufend mit dem 1.8.2006 außer Kraft:

Bereich / Fach	Heft. Nr.	Datum des Einführungserlasses und Fundstelle
Höhere Berufsfachschule mit gymnasialer Oberstufe		
Genereller Einführungserlass für alle Vorläufigen Richtlinien Der RdErl. wird nur bezüglich der Fächer (Profil bildende Leistungskursfächer), soweit sie in der Anlage 1 aufgeführt sind, aufgehoben.		RdErl. v. 18. 8. 1987 (BASS 15 – 34 Nr. 700)
Ergänzung zum generellen Einführungserlass Der RdErl. wird nur bezüglich der Fächer (Profil bildende Leistungskursfächer), soweit sie in der Anlage 1 aufgeführt sind, aufgehoben.		RdErl. v. 13. 11. 1990 (BASS 15 – 34 Nr. 700.1)
Betriebswirtschaftslehre mit Rechnungswesen	4616	RdErl. v. 18. 8. 1987 (BASS 15 – 34 Nr. 717)
Maschinentechnik	4635	RdErl v. 18. 8. 1987 (BASS 15 – 34 Nr. 756)
Elektrotechnik	4636	RdErl. v. 18. 8. 1987 (BASS 15-34 Nr. 757)
Bautechnik	4640	RdErl. v. 16. 2. 1989 (BASS 15 – 34 Nr. 761)
Chemietechnik	4641	RdErl. v. 11. 6. 1990 (BASS 15 – 34 Nr. 762)
Ernährungslehre mit Chemie	4660	RdErl. v. 13. 11. 1990 (BASS 15 – 34 Nr. 816)
Erziehungswissenschaft	4680	RdErl. v. 13. 11. 1990 (BASS 15 – 34 Nr. 831)

Unterrichtsvorgaben Kollegschnle		
Einführungserlass Vorläufige Richtlinien und Lehrpläne (19 Fächer) (Bildungsgang allgemeine Hochschulreife und Berufsabschluss / allgemeine Hochschulreife in Verbindung mit beruflichen Qualifikationen Der RdErl. wird nur bezüglich der Fächer (Profil bildende Leistungskursfächer), soweit sie in der Anlage 1 aufgeführt sind, aufgehoben.	-	2.4.1992 (BASS 98/99 S. 721) Bis zur Abfassung neuer Richtlinien für das Berufskolleg sind diese Richtlinien auslaufend weiter gültig.

Inhalt	Seite
1 Gültigkeitsbereich.....	7
2 Konzeption des Faches Chemietechnik.....	7
3 Themen und Inhalte der Kurshalbjahre.....	9
3.1 Leitideen und Lerngebiete des Faches Chemietechnik.....	10
3.2 Kurshalbjahr 11.1.....	11
3.3 Kurshalbjahr 11.2.....	15
3.4 Kurshalbjahr 12.1.....	19
3.5 Kurshalbjahr 12.2.....	24
3.6 Kurshalbjahr 13.1.....	27
3.7 Kurshalbjahr 13.2.....	31
4 Lernerfolgsüberprüfung	32
5 Abiturprüfung	34
5.1 Schriftliche Abiturprüfung	34
5.2 Mündliche Abiturprüfung	34

1 Gültigkeitsbereich

Die Vorgaben für das Fach Chemietechnik gelten für folgende Bildungsgänge:

Chemisch-technische Assistentin / AHR Chemisch-technischer Assistent / AHR	APO-BK, Anlage D 8
Allgemeine Hochschulreife (Chemie, Chemietechnik)	APO-BK, Anlage D 23

Diese Bildungsgänge sind im Fachbereich „Technik“ dem fachlichen Schwerpunkt „Naturwissenschaften“ zugeordnet.

2 Konzeption des Faches Chemietechnik

Das Fach Chemietechnik vermittelt den Schülerinnen und Schülern die erforderliche Handlungskompetenz, um mit der großen Vielfalt chemietechnischer Systeme und Verfahren in entsprechenden industriellen, ingenieurwissenschaftlichen Arbeitsfeldern tätig zu werden.

Im Vordergrund stehen anwendungsorientierte Aspekte, wobei neben den fachlichen auch die ökonomischen und ökologischen Gesichtspunkte eines Produktionsprozesses berücksichtigt werden.

Die Analyse der Beziehungen zwischen Mensch und Technik, eingebettet in die gesellschaftlichen und wirtschaftlichen Prozesse, ist eine übergreifende Thematik des Bildungsganges.

Hierbei wird von folgendem Technikverständnis ausgegangen:

- Technik ist zielorientierte Veränderung durch den Menschen.
- Technik vollzieht sich mit wissenschaftlichen Methoden unter konkreten gesellschaftlichen und wirtschaftlichen Bedingungen.
- Technik nutzt vorhandene Stoffe, Energien und Informationen.
- Technik wird realisiert in der Form technischer Gegenstände, Systeme und Verfahren.

Eine wissenschaftliche Ausbildung verlangt die Beherrschung von Prinzipien und Formen selbstständigen Arbeitens, die Einübung grundlegender Verfahrensweisen und die Einführung in spezielle Technikwissenschaft. Der interdisziplinäre Bezug zu Mathematik und den Naturwissenschaften Physik, Chemie, Biologie ist unverzichtbar.

Die Einübung grundlegender wissenschaftlicher Verfahren, Arbeits- und Erkenntnisweisen im Rahmen des Faches Chemietechnik führt bei den Schülerinnen und Schülern zur Erweiterung ihrer Fachkompetenz in Bezug auf

- die Kenntnisse wesentlicher Strukturen und Methoden der Natur- und Ingenieurwissenschaften sowie Verständnis ihrer komplexen Denkformen,

- das Erkennen von Grenzen wissenschaftlicher Aussagen,
- die Einsicht in Zusammenhänge und Zusammenwirken von Natur- und Ingenieurwissenschaften,
- das Verstehen grundlegender wissenschaftstheoretischer Fragestellungen im Bereich der Natur- und Ingenieurwissenschaften zur Analyse komplexer chemietechnischer Systeme,
- die Fähigkeit, technikwissenschaftliche Kenntnisse sprachlich zu verdeutlichen, zu dokumentieren und anzuwenden.

Neben der Vermittlung fachwissenschaftlicher Inhalte ist die Weiterentwicklung persönlicher Kompetenzen wie Genauigkeit, Zuverlässigkeit, Verantwortungsbewusstsein, wesentliches Bildungsziel.

Dadurch ergeben sich für die didaktische Konzeption folgende Merkmale:

- Sie hat Bezug zur beruflichen Praxis;
- sie beschreibt typische Situationen der Wirklichkeit, in der sich chemisch-technische Probleme ergeben;
- sie ist interdisziplinär, komplex und jahrgangsübergreifend;
- sie entspricht dem oben beschriebenen Technikverständnis;
- sie vermittelt durch ihre Inhalte Methodenkompetenz, Sachkompetenz, Sozialkompetenz und Humankompetenz.

Als Beispiel sei der Herstellungsprozess der Schwefelsäure angeführt, der unter zielgerichteter Anwendung wissenschaftlicher Kenntnisse eine optimierte ökonomische und ökologische Produktion ermöglicht.

3 Themen und Inhalte der Kurshalbjahre

Übersicht über die Kursthemen im Fach Chemietechnik	
Kurshalbjahr	Kursthemen
11.1	Mechanische Grundoperationen – Aufbereitung von Feststoffen
11.2	Thermische Grundoperationen – Trennung von Flüssigkeitsgemischen
12.1	Wärme- und Stofftransport – Wärmeübertragung und Wärmetauscher
	Wärme- und Stofftransport – Experimentelle und theoretische Bestimmung von Wärmedurchgangszahlen
	Wärme- und Stofftransport – Stofftransport von Flüssigkeiten und Gasen
12.2	Steuerungs- und Regelungstechnik als wichtiger Bestandteil chemietechnischer Anlagen
	Reaktionskinetik (Katalyse)
13.1	Thermodynamische und kinetische Aspekte in großtechnischen Verfahren am Beispiel der Schwefelsäureherstellung
	Grundlagen der technischen Reaktionsführung
13.2	Anwendung chemietechnischer Operationen in der Umwelttechnologie

3.1 Leitideen und Lerngebiete des Faches Chemietechnik

Ein chemietechnischer Prozess ist gekennzeichnet durch die Gewinnung und Aufbereitung von Ausgangsstoffen, die dann in einem Reaktionssystem zu Endprodukten umgesetzt werden. Um den fachlichen, sozioökonomischen und ökologischen Kriterien zur Steuerung eines solchen Prozesses gerecht zu werden, sind Kenntnisse im Einsatz von Energie sowie grundlegende Kenntnisse in Physik, Chemie und Mathematik erforderlich. Unterrichtsprinzipien sind das Arbeiten mit und an Modellen sowie das Experimentieren.

Aus diesem Ansatz ergeben sich die Themen der einzelnen Kurshalbjahre – siehe Tabelle „Übersicht über die Kursthemen im Fach Chemietechnik“.

Die verbindlich zu bearbeitenden Inhalte sind in den folgenden Tabellen als „Themen“ festgelegt. Unter „Hinweise“ finden sich Anregungen zur Vertiefung und Erweiterung, die nicht Inhalte der Abiturprüfungen sind und als optional gekennzeichnet sind. Darunter finden sich Vorschläge zu möglichen Versuchen.

3.2 Kurshalbjahr 11.1

Kursthema: Mechanische Grundoperationen – Aufbereitung von Feststoffen	
Themen	Hinweise
– Inhalte	(Berufs- und Bildungsgangbezüge, Anwendungsmodelle, Projekte, Hilfsmittel etc.)
Zerkleinerung von Feststoffen, Zerkleinerungsapparate – Erörterung der Gründe für die Zerkleinerung unterschiedlicher Materialien – Erarbeitung der physikalischen Grundlagen für Zerkleinerungsprozesse – Erläuterung unterschiedlicher Zerkleinerungsverfahren Illustration der Funktionsweise von: a) Backenbrecher, Kegelschneckenbrecher, Walzenbrecher, Hammerbrecher b) Kollergang, Wälzmühlen, Stiftmühlen, Kugelmühlen, Strahlmühlen, Schneid- und Schermühlen, Granulatoren	Unterschiedliche Funktionsweisen von Brechern und Mühlen sind verbindlich zu bearbeiten. Optional: Grundlagen der Statik, Kräftebilanzen – <i>Erörterung der Wirkung parallel angreifender Kräfte und nicht parallel angreifender Kräfte</i> – <i>Anleiten zu zeichnerischen und rechnerischen Lösungsverfahren mit Hilfe von Beispielaufgaben</i> <i>Erarbeitung optional in LK Chemietechnik oder im GK Physik</i>

Mechanische Trennverfahren für Feststoffgemische Differenzierung zwischen Sortieren und Klassieren Sortieren: – Erläuterung des Dichtesortierens, der Prinzipien von Setzapparat, Herdsortierer und Schwertrübesortierer/Hydrozyklon – Flotation, illustriert an einem Flotationsapparat – Erläuterung des Magnetsortierens am Prinzip des Magnettrommelabscheiders – Erstellen einer Kräftebilanz zur Schwertrübesortierung eines Partikels in schleichender Strömung	Optional: Mathematische Modellbildung am Beispiel einer Kugelmühle durch Erstellen einer Kräftebilanz Anleitung zur Vorgehensweise für die Modellbildung, wie: – Annahmen und Vereinfachungen – Berechnung des Ablösewinkels der Mahlkugel in Abhängigkeit von der Drehzahl beim Mahlvorgang Berechnen der kritischen Drehzahlen (Bei welcher Drehzahl löst sich die Mahlkugel nicht mehr von der Wand?) Erarbeitung der Kräftebilanzen optional im LK Chemietechnik oder im GK Physik
---	--

Klassieren: – Erläuterung des Siebklassierens – Erörterung der Prinzipien von Siebmaschinen und der Arbeitsweisen von Siebrost, Vibrationssiebbahn, Schwingsiebmaschine, Trommelsiebmaschine, Taumelsiebmaschine Sichten: – Vergleichende Betrachtung von großen und kleinen Teilchen im Windkanal und Erstellung einer Kräftebilanz zum Verständnis ihres Bewegungsverhaltens – Erörterung der Arbeitsweise von Zickzacksichter und Streutellersichter – Erörterung des Prinzips des Hydroklassierens illustriert an der Funktionsweise von Absetzklassierer und Aufstromklassierer Körnungsanalyse – Darstellung der Probenahme und die Bedeutung der Arbeitsschritte – Darstellung des Verfahrens der Körnungsanalyse – Auswertung des Ergebnisses einer fraktionierten Siebung unter Zuhilfenahme eines gängigen Tabellenkalkulationsprogramms – Erstellung des Verteilungsdichtediagramms, des Rückstandssummen- diagramms, des Durchgangssummen- diagramms – Üben des Umgangs mit dem RRSB-Körnungsnetz, Erörterung der Ableitung aus der Kornklassenverteilung und Diskussion seines Einsatzbereiches	Versuch zur Grobzerkleinerung (z. B. mit Hämmern), anschließender Siebanalyse mit Hilfe eines gängigen Tabellenkalkulationsprogramms Bestimmen der Feinheitparameter mit Hilfe des RRSB-Verteilungsgesetzes Versuch zur Feinzerkleinerung (z. B. mit Reibschalen) und anschließender Siebanalyse mit Hilfe eines gängigen Tabellenkalkulationsprogramms Bestimmen der Feinheitparameter mit Hilfe des RRSB-Verteilungsgesetzes. Bestimmen des Zerkleinerungsgrads anhand der experimentellen Daten
---	---

Trocknen – Erarbeiten der physikalischen Grundlagen, darunter fallen die Feuchtigkeitsarten in einem Partikel, Ableiten eines Trocknungsgeschwindigkeit-Zeit-Diagramms aus einem Massen(verlust)-Zeit-Diagramm – Erörterung von Trocknungsverfahren, wie Konvektionstrocknung, Kontakttrocknung, Strahlungstrocknung – Beschreiben von Trocknerbauarten: Kammertrockner, Bandtrockner, Etagentrockner, Drehrohtrockner, Schaufeltrockner, Wirbelschichttrockner, Zerstäubungstrockner, Walzentrockner – Erläuterung spezieller Trockenverfahren wie Vakuumtrocknen, Vakuumgefriertrocknen – Arbeiten mit dem Mollier h-x-Diagramm: Ermittlung ungesättigter, gesättigter und übersättigter Luft in der Darstellung sowie Taupunkttemperatur, relative Feuchte, Wassergehalt, Isenthalpen, Isothermen, Isochoren – Deutung von Zustandspunkten im Diagramm, Trocknungsprozesse (ideale und reale Trocknungsprozesse, Kondensationsluftentfeuchter, Mischen von feuchter Luft / Hebelgesetz)	Versuch: Strahlungstrocknen (z. B. mit Rotlichtlampe) und/oder Konvektionstrocknung (z. B. Heißluftföhn), Aufnehmen eines m-t-Diagramms, Bestimmen eines v-t-Diagramms mit Hilfe eines gängigen Tabellenkalkulationsprogramms, Interpretation des Kurvenverlaufs bezüglich der Feuchtigkeitsarten, die ausgetrieben wurden Übungsaufgaben: Trocknungsprozesse im Mollier h-x-Diagramm
---	---

3.3 Kurshalbjahr 11.2

Kursthema: Thermische Grundoperationen – Trennung von Flüssigkeitsgemischen	
Themen	Hinweise
– Inhalte	(Berufs- und Bildungsgangbezüge, Anwendungsmodelle, Projekte, Hilfsmittel etc.)
Physikalische Grundlagen von Destillation und Rektifikation – Erläuterung des Daltonschen Gesetzes und des Raoultischen Gesetzes (ideales und reales Verhalten von Flüssigkeitsgemischen) – Deutung von Siede-Tau-Diagrammen – Ableitung von Gleichgewichtsdiagrammen aus Siede-Tau-Diagrammen Destillation Beschreibung des Aufbaus und der Funktionsweise einer Destillationsanlage und Erörterung der Kriterien für eine nutzbringende Durchführung der Destillation bezogen auf eine absatzweise einfache Destillation: – Erörterung des Gleichgewichtsdiagramms einschließlich des Gleichgewichtsdiagramms der absatzweisen fraktionierten Destillation – Darstellung des Temperatur-Zeit-Verlaufs einer Destillation theoretisch und aus experimentellem Befund bei einer kontinuierlichen einfachen Destillation – Erörterung des allgemeinen Wirkungsprinzips der Wasserdampfdestillation	Experimentelle Erstellung des Siede-Tau-Diagramms mit Hilfe einer Gleichgewichtsapparatur Experimentelle Ermittlung der Trennwirkung einer einfachen Destillation am Beispiel eines Ethanol-Wasser-Gemisches

Rektifikation

Darlegung der grundlegenden Wirkungsprinzipien der Rektifikation wie Energie- und Stoffaustausch

- Erläuterung der Komponenten einer technischen Rektifikationsanlage
- Prozess-Abläufe innerhalb einer Rektifikationssäule mit Austauschböden
- Ermittlung der theoretischen Trennstufenzahl sowie der theoretischen minimalen Trennstufenzahl, Ermittlung von Verstärkungsverhältnis, Bodewirkungsgrad und Rücklaufverhältnis sowie Diskussion der Begriffe
- Vorstellen unterschiedlicher Austauschböden, Diskussion ihrer speziellen Eigenschaften, ihrer Vor- und Nachteile
- Diskussion der Eigenheiten von Rektifikationssäulen mit Füllkörpern und Packungen (Apparatebeschreibung sowie Funktion der Säule, Bachbildung, Randgängigkeit, Füllkörperarten, Packungen, Trennwirkung von Füllkörperschüttungen und Packungen)
- Vorstellen unterschiedlicher Rektifikationsverfahren, Beschreibung unterschiedlicher Anlagentypen und deren Betriebsweisen, wie
- Absatzweise Rektifikation
- Kontinuierliche Rektifikation von Zweistoffgemischen
- Rektifizieren von Mehrstoff- und Vielstoffgemischen
- Rektifizieren von temperaturempfindlichen Gemischen
- Erdölraffination

Experimentelle Bestimmung des Bodewirkungsgrads einer Rektifikationskolonne am Beispiel eines Ethanol-Wasser-Gemisches

– Rectifikation azeotroper und engsiedender Gemische – Erörterung von Stufenkonstruktionen im Gleichgewichtsdiagramm, Feed-Zulauf im Sumpf bzw. in der Mitte der Kolonne Feststoffextraktion – Erläuterung der Grundlagen der Feststoffextraktion mit Hinweis auf die Bedeutung des Lösungsmittels und anderer Einflüsse auf die Extraktionsleistung – Erörterung der Verfahrensweisen bei der Stoffführung einer technischen Extraktion – Erläuterung der technischen Ausführung unterschiedlicher Extraktionsapparate sowie deren Betriebsweisen. Zu erörternde Extraktoren sind: Einkörper-Extraktor, Batterie-Extraktionsanlage, Karussell-Extraktor	Optional: – Herleitung der Verstärkungsgeraden über Stoffbilanz und Kontinuitätsgleichung – Herleitung der Abtriebsgeraden über Stoffbilanz und Kontinuitätsgleichung – Herleitung der Schnittpunktgeraden über Energie, Stoffbilanz und Kontinuitätsgleichung – Lage der Schnittpunktgeraden im Gleichgewichtsdiagramm in Abhängigkeit vom Energiezustand des Feed-Stroms
---	---

3.4 Kurshalbjahr 12.1

Kursthema: Wärme- und Stofftransport – Wärmeübertragung und Wärmetauscher	
Themen	Hinweise
– Inhalte	(Berufs- und Bildungsgangbezüge, Anwendungsmodelle, Projekte, Hilfsmittel etc.)
Grundlagen der Wärmeübertragung – Sensible und latente Wärme (Phasenübergangsenthalpien) – Differenzierung zwischen verschiedenen Arten der Wärmeübertragung (Wärmeleitung, Wärmestrahlung, natürliche und erzwungene Konvektion) – Berechnung der Wärmeleitung in Abhängigkeit von Aufbau und Geometrie (Beispiele: eine ebene Wand, eine mehrschichtige Wand, Rohrwände) – Erörterung der Begriffe: Wärmeübergang, Wärmedurchgang sowie Wärmestrahlung Stoffführung in Wärmetauschern – Betrachtung des Wärmeaustausches bei ortsgleicher Temperaturdifferenz, im Gleichstrom, im Gegenstrom, im Kreuzstrom – Vergleich der Stoffführung Gleich- und Gegenstrom Heizen und Kühlen in Rührbehältern mit Wärmetauschern Beschreibung von Aufbau und Funktionsweise, Erörterung von Vor- und Nachteilen unterschiedlicher Ausführungen von Wärmetauschern: – Rührbehälter mit aufgeschweißter Vollrohrschlange bzw. Halbrohrschlange oder Innenrohrschlange,	Unterschiedliche Bauarten von Wärmetauschern sind verbindlich darzustellen

– Doppelmantel Direkte Wärmeübertragung: – Rührbehälter – Rohrbündelwärmetauscher – Rohrbündelwärmetauscher mit U-Rohren – Rohrbündelwärmetauscher mit Schwimmkopf-Kondensator – Robert-Verdampfer/Durchflussverdampfer – Doppelrohrwärmetauscher – Spiral-Wärmetauscher – Plattenwärmetauscher – Rippenrohr-Luftkühler – Berieselungskühler – Kühltürme	
---	--

Kursthema: Wärme- und Stofftransport – Experimentelle und theoretische Bestimmung von Wärmedurchgangszahlen	
Themen – Inhalte	Hinweise (Berufs- und Bildungsgangbezüge, Anwendungsmodelle, Projekte, Hilfsmittel etc.)
Experimentelle Bestimmung von Wärmedurchgangszahlen an einem Doppelrohrwärmetauscher im Gegen- und Gleichstrom optional mit Hilfe des VDI-Wärmeatlas – Bestimmen der geometrischen Daten des Doppelrohrwärmetauschers – Bestimmen von Stoffdaten optional mit Hilfe eines Datenblatts (VDI) und linearer Interpolation – Ermitteln der übertragenen Wärmemenge aus den experimentellen Daten – Festlegen der Kriterien, die einen Vergleich zwischen Gleich- und Gegenstrom zulassen (Geometrie, Re-Zahl, Pr-Zahl) – Bestimmen der Re-Zahlen – Ermitteln der Wärmeverluste – Ermitteln der Wärmedurchgangszahl k – Vergleich der Wärmedurchgangszahlen im Gleich- und Gegenstrom	Ein Doppelrohrwärmetauscher kann leicht durch Hintereinanderschalten von Liebigkühlern erstellt werden

Themen	Hinweise
– Inhalte	(Berufs- und Bildungsgangbezüge, Anwendungsmodelle, Projekte, Hilfsmittel etc.)
	Optional: Theoretische Bestimmung von Wärmedurchgangszahlen an einem Doppelrohrwärmetauscher im Gegen- und Gleichstrom optional mit Hilfe des VDI-Wärmeatlas – <i>Iterative Bestimmung der Wärmeübergangszahl an der Tube-Innenwand mit Hilfe eines gängigen Tabellenkalkulationsprogramms</i> – <i>Iterative Bestimmung der Wärmeübergangszahl an der Tube-Außenwand mit Hilfe eines gängigen Tabellenkalkulationsprogramms</i> – <i>Bestimmung der Wärmedurchgangszahl bezogen auf die Tube-Außenwand</i> – <i>Vergleich der experimentellen Wärmedurchgangszahlen mit den theoretischen Werten</i>

Kursthema: Wärme- und Stofftransport – Stofftransport von Flüssigkeiten und Gasen	
Themen – Inhalte	Hinweise (Berufs- und Bildungsgangbezüge, Anwendungsmodelle, Projekte, Hilfsmittel etc.)
Stofftransport – Bauelemente von Rohrleitungen, Armaturen – Nennweiten und Nenndrücke – Gesetz von Bernoulli – Innere Reibung und Viskosität – Strömungsarten, Strömungen in Rohren – Rohrleitungskennlinie – Druckverlust in Rohrleitungen, Widerstandsbeiwerte – Hydrostatischer Druck, Förder-, Saug- und Druckhöhe – Pumpen: Aufbau und Arbeitsweisen von Pumpen (verbindlich Kreiselpumpe und Hubkolbenpumpe) – Pumpenkennlinien	Experimentelle Bestimmung des Druckverlustes unterschiedlicher Einbauten/Ventile Experimentelle Bestimmung des Widerstandsbeiwerts unterschiedlicher Einbauten Experimentelle Bestimmung der Kreiselpumpenkennlinie

3.5 Kurshalbjahr 12.2

Kursthema: Steuerungs- und Regelungstechnik als wichtiger Bestandteil chemietechnischer Anlagen	
Themen – Inhalte	Hinweise (Berufs- und Bildungsgangbezüge, Anwendungsmodelle, Projekte, Hilfsmittel etc.)
Grundlagen – Exemplarische Darstellung von Steuern und Regeln im Alltag und Steuern und Regeln in der Normung – Steuern, Steuerung – Regeln, Regelung – Steuerungs- und Regelungsarten – Wirkplan der Steuerung und Regelung – Grafische Symbole und Kennbuchstaben in der Prozessleittechnik Glieder des Regelkreises – Diskussion des Regelkreises im Wirkungsplan – Erörterung des Verhaltens von Regelstrecken – Dynamisches Verhalten und statisches Verhalten (lineare Kennlinie, nichtlineare Kennlinie sowie Arbeitspunkt/-Bereich, Linearisierung) – Ermitteln von Kenngrößen / Identifikation von Regelstrecken (Bestimmung der Verstärkung, 63%-Methode, Wendetangentenmethode) – Untersuchungen an reellen oder simulierten Regelstrecken	Untersuchungen an reellen oder simulierten Regelstrecken

Der Regelkreis – Darstellung von Normsignalen – Regelung mit unstetigen Reglern (Zweipunkt-Regler und Zweipunkt-Regelung) – Regelungen mit stetigen Reglern – P-Regler und P-Regelung – I-Regler und I-Regelung – PI-Regler und PI-Regelung – PD-Regler und PD-Regelung – PID-Regler und PID-Regelung	Untersuchungen an reellen oder simulierten Regelkreisen
--	---

Kursthema: Reaktionskinetik	
Themen	Hinweise
– Inhalte	(Berufs- und Bildungsgangbezüge, Anwendungsmodelle, Projekte, Hilfsmittel etc.)
Reaktionskinetik und Reaktionsordnung – Experimentelle Bestimmung der Reaktionsordnung und der Geschwindigkeitskonstanten – Herleitung der Geradengleichungen aus den Geschwindigkeitsgesetzen zur graphischen Ermittlung der Reaktionsordnung und Geschwindigkeitskonstanten – Übungsaufgaben zur Ermittlung der Reaktionsordnung und Geschwindigkeitskonstanten	Die Schülerinnen und Schüler besitzen Kenntnisse über Differenzial- und Integralrechnung Experimentelle Bestimmung der Reaktionsordnung und der Geschwindigkeitskonstanten einer Esterverseifung von Essigsäureethylester in einem Batch-Reaktor mit zwei unterschiedlichen Methoden der Messwerterfassung (z.B. pH-Wert Elektrode, Leitfähigkeitsmessung), Auswertung mit Hilfe eines gängigen Tabellenkalkulationsprogramms, Vergleich der Messwerterfassungsmethoden, Herausarbeitung der Unterschiede von Theorie und experimenteller Ermittlung

3.6 Kurshalbjahr 13.1

Kursthema: Thermodynamische und kinetische Aspekte in großtechnischen Verfahren am Beispiel der Schwefelsäureherstellung	
Themen – Inhalte	Hinweise (Berufs- und Bildungsgangbezüge, Anwendungsmodelle, Projekte, Hilfsmittel etc.)
Schwefelsäureherstellung – Vorstellung der Darstellungsarten von Schwefeldioxid – Experiment: Herstellung der Schwefelsäure im Labor – Bedeutung von Katalysatoren – Doppelkontaktverfahren – Erstellen eines Grundfließbildes – Erstellen eines Verfahrenfließbildes – Das Prinzip von Le Chatelier (MWG) – Gibb'sche Gleichung – Beziehung zwischen freier Enthalpie und chemischem Gleichgewicht – Umgang mit Gefahrstoffen bei der Schwefelsäureherstellung – Verwendung von Schwefelsäure – MAK, TRK – Erörterung von integriertem (z. B. Kontaktverfahren / Doppelkontaktverfahren) und additivem Umweltschutz (z. B. Rauchgasentschwefelung) – Darstellung der Eigenschaften der Schwefelsäure	Experiment: Herstellung der Schwefelsäure im Labor

Kursthema: Grundlagen der technischen Reaktionsführung	
Themen	Hinweise
– Inhalte	(Berufs- und Bildungsgangbezüge, Anwendungsmodelle, Projekte, Hilfsmittel etc.)
Grundlagen der Reaktionstechnik – Diskussion unterschiedlicher Reaktionsverfahren und der Einflussgrößen auf die Reaktion – Betrachtung von Batch-Reaktoren – Beschreibung und Funktion offener und geschlossener Rührbehälter – Beobachtung des örtlichen und zeitlichen Konzentrationsverlaufs für den idealen Reaktor – Darlegung der Vorteile und Nachteile des Chargenbetriebs – Erläuterung von Apparaten für den Fließbetrieb – Aufbau und Betriebsweise des Rohr-, des Schlaufen- und des Wirbelschichtreaktors – örtlicher und zeitlicher Konzentrationsverlauf für den idealen Reaktor – Diskussion von Vorteilen und Nachteilen des Fließbetriebs – Aufbau und Betriebsweise eines Semi-Batch-Reaktors – Darstellung des örtlichen und zeitlichen Konzentrationsverlaufs für den idealen Reaktor – Darlegung der Vorteile des Semi-Batch-Reaktors	

– Diskussion von Reaktorkombinationen im: - Kaskadenbetrieb - Batteriebetrieb – Diskussion von Vor- und Nachteilen der Fließbetriebsweise Stoffbilanzen in idealen chemischen Reaktoren – Erörterung von Stoffbilanzen idealer kontinuierlicher Rührkessel (KIK), idealer Rohrreaktoren (KIR) sowie Kaskadenschaltungen – Interpretation und Berechnung von Umsatz, Verweilzeit, differentieller und integraler Ausbeute – Bearbeiten von Übungsaufgaben zum Erstellen von Stoffbilanzen idealer chemischer Reaktoren, Umsatz, Verweilzeit, differentieller und integraler Ausbeute Experimentelle Bestimmung des Verweilzeitspektrums, der Summenkurve und der Verweilzeit sowie deren Varianz mit Hilfe eines gängigen Tabellenkalkulationsprogramms – Darstellung der Verteilung von Stoffen in einem idealen kontinuierlichen Rührkessel – Erstellen des Verweilzeitspektrums sowie der Summenkurve – Erstellen eines normierten Verweilzeitspektrums und einer Summenkurve – Bestimmung des Konzentrationsverlaufs eines KIK nach einer pulsartigen Tracer-Zugabe	
--	--

– Vergleichen und Deuten der normierten Verweilzeitverteilungen idealer Rührkesselkaskaden mit zunehmender Stufenzahl – Experimentelle Bestimmung des Verweilzeitspektrums, Summenkurve und der Verweilzeit – Messorte – Bearbeiten der Messdaten mit Hilfe eines gängigen Tabellenkalkulationsprogramms – Erzeugen von Verweilzeitspektren und Summenkurven mit Hilfe eines gängigen Tabellenkalkulationsprogramms – Erzeugen von normierten Verweilzeitspektren und Summenkurven mit Hilfe eines gängigen Tabellenkalkulationsprogramms – Berechnung des Umsatzes eines realen Reaktors	
---	--

3.7 Kurshalbjahr 13.2

Kursthema: Anwendung chemietechnischer Operationen in der Umwelttechnologie	
Themen	Hinweise
– Inhalte	(Berufs- und Bildungsgangbezüge, Anwendungsmodelle, Projekte, Hilfsmittel etc.)
Erarbeitung der Grundlagen der Abwasseraufbereitung Erörterung des schematischen Aufbaus einer Abwasseraufbereitungsanlage unter Berücksichtigung – mechanischer – chemisch/physikalischer – und biologischer Gesichtspunkte Techniken der Abgasbehandlung Erörterung der Wirkungsweise – einer Rauchgasentschwefelung – einer Denox-Anlage	Experimentelle Untersuchung von Regenwasser oder Flusswasser z. B. Sandfang, Absetzbecken z. B. Strippen, Neutralisation, Fällung, Flockung z. B. aerobe und anaerobe Abwasserbehandlung, Besuch einer Kläranlage Oxidation von Schwefeldioxid und Absorption in Kalkwasser, Gipsentsorgung, Feinstaubentsorgung Vertiefte Betrachtung der Wirkungsweise von Katalysatoren, Abgasbestimmung

4 Lernerfolgsüberprüfung

Die Lernerfolgsüberprüfung im Fach Chemietechnik richtet sich nach § 48 des Schulgesetzes NRW (SchulG) und wird durch § 8 der APO-BK, dessen Verwaltungsvorschrift und durch die §§ 8 – 13 der Anlage D in der APO-BK konkretisiert.

In der Lernerfolgsüberprüfung werden die im Zusammenhang mit dem Unterricht erworbenen Kenntnisse, Fähigkeiten und Fertigkeiten erfasst.

In den Bildungsgängen des Berufskollegs, die zu einem Berufsabschluss nach Landesrecht und zur allgemeinen Hochschulreife oder zu beruflichen Kenntnissen und zur allgemeinen Hochschulreife führen, wird die Vermittlung der umfassenden beruflichen Handlungskompetenz angestrebt, die auch zur Lernerfolgsüberprüfung gehört.

Lernerfolgsüberprüfungen erfüllen grundsätzlich drei Funktionen:

- Sie kennzeichnen und wahren die gesetzten Ansprüche an Fachlichkeit in der Domäne, Komplexität als Voraussetzung für selbstorganisiertes Handeln sowie verantwortlichem Handeln mit Gegenständen oder Prozessen des Berufsfelds in gesellschaftlichem Kontext;
- sie ermöglichen die diagnostische Einschätzung und die gezielte Unterstützung des Lehr-/Lernprozesses;
- sie schaffen die Voraussetzungen für den Vergleich von Lernleistungen.

Unter Berücksichtigung der Konzeption des Faches und der didaktischen Organisation im Bildungsgang gelten die Grundsätze der Lernerfolgsüberprüfung:

- Bezug zum Unterricht,
- Art der Aufgabenstellung als komplex strukturierte Anforderungssituation von soziotechnischen Systemen,
- Eindeutigkeit der Anforderungen,
- Berücksichtigung von Teilleistungen und alternativen Lösungen und Beachtung unterschiedlicher Bezugsnormen oder -größen.

Für Lehrerinnen und Lehrer ist die Feststellung des Lernerfolgs auch Anlass, die Zielsetzungen und die Methoden ihres Unterrichts zu überprüfen und ggf. zu modifizieren.

Für die Schülerinnen und Schüler dient die Feststellung und Bewertung des individuellen Lernerfolgs zur Verdeutlichung ihrer Lernfortschritte und Lernschwierigkeiten. Sie ist eine Hilfe für weiteres Lernen. Im Sinne eines pädagogischen Leistungsprinzips steht die Verbindung von Leistungsanforderungen mit individueller Förderung im Mittelpunkt schulischen Lernens.

Konkretisierungen für die Lernerfolgsüberprüfung werden in der Bildungsgangkonferenz festgelegt. Mit Klausuren und „Sonstigen Leistungen“ soll durch Progression und Komplexität in der Aufgabenstellung die Bewertung von Leistungen in den Anforderungsbereichen Reproduktion, Reorganisation und Transfer ermöglicht werden. Dabei ist nicht nur darauf zu achten, dass die Schülerinnen und Schüler Gelegenheit

zu problemlösendem Denken und zur Formulierung einer eigenen Position erhalten, sondern auch darauf, dass ihre sprachliche Richtigkeit und ihr Ausdrucksvermögen angemessen berücksichtigt wird. Neben der Qualität der Beiträge sind Kommunikationsfähigkeit, Kooperationsfähigkeit und Kontinuität des Engagements zu bewerten.

Spezifische Aspekte der Leistungsbewertung im Fach Chemietechnik sind:

Die Bereitschaft der Schülerinnen und Schüler,

- komplexe Problemzusammenhänge durch Formen des teamorientierten und fächerverbindenden Lernens zu bearbeiten,
- zu fachlichen Problemstellungen Stellung zu beziehen, das eigene Urteil anderen verständlich zu machen, rational zu begründen und argumentativ zu vertreten,
- eigenständig chemietechnische Zusammenhänge zu analysieren und auf andere Problemstellungen zu übertragen,
- zu sorgfältiger Arbeit, exakter Auswertung, vorurteilsfreier Bewertung und praxisgerechter Anwendung.

Die Fähigkeit,

- Begriffe zu klären, Kenntnisse zu erwerben und anzuwenden.

Für jeden Beurteilungsbereich (Klausuren / Sonstige Leistungen) werden Noten nach einem ersten Kursabschnitt sowie am Ende des Kurses ausgewiesen. Die Kursabschlussnote wird gleichrangig unter pädagogischen Gesichtspunkten aus den Endnoten beider Beurteilungsbereiche gebildet.

5 Abiturprüfung

Grundsätzlich gelten für die schriftliche und die mündliche Abiturprüfung die Bestimmungen der APO-BK, Anlage D. Zu beachten und im Unterricht zu berücksichtigen sind die für das jeweilige Fach erlassenen „Vorgaben zu den unterrichtlichen Voraussetzungen für die zentral gestellten schriftlichen Prüfungen im Abitur in den Bildungsgängen des Berufskollegs, Anlagen D 1 – D 28“ des jeweiligen Abiturjahres.

5.1 Schriftliche Abiturprüfung

Die Details für die schriftliche Abiturprüfung können für das jeweilige Abiturjahr den „Vorgaben für das Fach Chemietechnik“ entnommen werden.

Als Aufgabenarten kommen für das Fach Chemietechnik in Betracht:

Aufgaben, die an konkrete vorgelegte Materialien und/oder chemisch-technische Experimente gebunden sind.

Für die Durchführung des Zentralabiturs hat das Berufskolleg zu gewährleisten, dass die Aufgabenstellungen sowie die Medien, Materialien, Geräte und Hilfsmittel den Prüflingen als Vorgaben für die zentral gestellten schriftlichen Prüfungen zur Verfügung stehen. Sofern schülereigene Hilfsmittel erlaubt sind, müssen diese zur Vermeidung eines Täuschungsversuchs überprüft werden.

Bewertung der schriftlichen Prüfungsleistungen

Die Bewertung der Prüfungsleistung stellt eine kriterienorientierte Entscheidung dar, die gebunden ist an:

- die Vorgaben des Teils III der Bildungspläne (Fachlehrpläne),
- die „Vorgaben zu den unterrichtlichen Voraussetzungen für die zentral gestellten schriftlichen Prüfungen im Abitur in den Bildungsgängen des Berufskollegs, Anlagen D 1 – D 28“ des jeweiligen Abiturjahres für das Fach Chemietechnik,
- die mit Aufgabenart und Aufgabenstellung verbundenen Erwartungen, wie sie in den zentralen Prüfungsaufgaben vorgesehen sind.

5.2 Mündliche Abiturprüfung

Die mündliche Prüfung bezieht sich in der Regel schwerpunktmäßig auf eines der vier Halbjahre der Qualifikationsphase, muss aber Sachgebiete mindestens eines anderen Kurshalbjahres aufgreifen.

Die in der Abiturklausur behandelten Inhalte sowie Aufgaben, die in Klausuren gestellt worden sind, können nicht Gegenstand der Prüfung sein. Die mündliche Prüfung bezieht sich auf den Unterricht der Qualifikationsphase. Die Prüfungsaufgaben müssen so angelegt sein, dass es dem Prüfling grundsätzlich möglich ist, jede Notstufe zu erreichen.

Die mündliche Prüfung enthält in der Regel zwei gleichwertige Elemente, durch die einerseits die Fähigkeit zum Vortrag, andererseits die Fähigkeit zur Beteiligung am Prüfungsgespräch überprüft werden:

Der Schülervortrag

Für den Vortrag werden dem Prüfling ein bis zwei komplexe – zumindest für einen Teil textgestützte / mediengestützte – Aufgabenstellungen schriftlich vorgelegt. Für die Aufbereitung des Textes / Medienproduktes und für die Aufgabenstellung gelten dieselben Kriterien wie für die Texte der schriftlichen Abiturprüfung. Die Aufgabenstellungen müssen die drei Anforderungsbereiche umfassen und so angelegt sein, dass es den Prüflingen grundsätzlich möglich ist, jede Notenstufe zu erreichen. Für die Bearbeitung wird eine halbstündige Vorbereitungszeit gewährt.

Der Prüfling soll seine Ergebnisse in einem zusammenhängenden Vortrag präsentieren, der – gestützt auf Aufzeichnungen – frei gehalten wird.

Das Prüfungsgespräch

Die Prüferin/der Prüfer führt anschließend mit dem Prüfling ein Gespräch, das – ggf. an den Vortrag anknüpfend – größere fachliche Zusammenhänge und andere Sachgebiete erschließt. Das Wiederholen bzw. Aufzeigen etwaiger Lücken des Schülervortrags im ersten Teil ist nicht statthaft. Der geforderte Gesprächscharakter verbietet das zusammenhanglose Abfragen von Kenntnissen bzw. den kleinschrittigen Dialog.

Bewertung der mündlichen Prüfungsleistungen

Spezifische Anforderungen der mündlichen Prüfung sind darüber hinaus:

- die Fähigkeit, in der gegebenen Zeit für die gestellte Aufgabe ein Ergebnis zu finden und es in einem Kurzvortrag darzulegen,
- sich klar, differenziert und strukturiert auszudrücken,
- anhand von Aufzeichnungen frei und zusammenhängend in normen- und fachgerechter Sprache zu reden,
- ein themengebundenes Gespräch zu führen,
- eigene sach- und problemgerechte Beiträge einzubringen,
- sich klar und verständlich zu artikulieren.

Die Anforderungen werden insbesondere erfüllt durch:

- den Vortrag auf der Basis sicherer aufgabenbezogener Kenntnisse,
- den Gebrauch der Fachsprache und freie Darstellung chemisch-technischer Sachverhalte,
- das Erkennen, Verstehen und Bearbeiten chemisch-technischer Problemstellungen,
- die Wahl der für den Vortrag und das Gespräch angemessenen Darstellungs-/

Stilebene,

- die Fähigkeit zur Einordnung in größere fachliche Zusammenhänge,
- die eigenständige Auseinandersetzung mit Sachverhalten und Problemen,
- das Anwenden ingenieurwissenschaftlicher und naturwissenschaftlicher Lösungsverfahren,
- die begründete eigene Stellungnahme / Beurteilung / Wertung,
- die Beherrschung angemessener Argumentationsformen,
- die Fähigkeit zur flexiblen und angemessenen Reaktion auf Fragen und Impulse,
- das Urteilen über sinnvolle alternative Problemlösungen.