

Empfehlung zur Ausbildung
im Rahmen des Bologna Prozesses

Lehrprofil „Prozess- und Anlagensicherheit“



IMPRESSUM

© DECHEMA – Gesellschaft für Chemische Technik und Biotechnologie e.V.
Theodor-Heuss-Allee 25, 60486 Frankfurt am Main, 2012

Autoren

Prof. H. W. Brenig, Fachhochschule Köln
Prof. U. Hauptmanns, Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg
Dr. O. Klais, Sulzbach
Prof. J. Schmidt, BASF SE und Karlsruher Institut für Technologie
Prof. H.-U. Moritz, Universität Hamburg
Prof. A. Schönbacher, Universität Duisburg-Essen (Vorsitz)

Herausgeber

ProcessNet-Fachgemeinschaft „Anlagen- und Prozesssicherheit“
Vorsitzender: Prof. Dr. Norbert Pfeil, BAM Berlin

Redaktion

Dr.-Ing. K. Mitropetros, DECHEMA e.V.

Erschienen im Oktober 2012

ISBN: 978-3-89746-134-5.

	Vorwort	2
1	Einleitung	3
2	Lehrinhalte Prozess- und Anlagensicherheit	4
2.1	Ausbildungsabschnitte Bachelor und Master	4
2.1.1	Modularisierung	4
2.1.2	ECTS-Konzept	4
2.1.3	Kompetenzen	4
2.1.4	Bachelor	4
2.1.5	Master	5
2.2	Zielgruppen und Voraussetzungen	5
2.3	Zielsetzung	6
2.4	Aufbau und Struktur der Lehrveranstaltungen	6
2.5	Lehrinhalte	7
2.5.1	Bachelormodul	7
2.5.2	Mastermodul	10
3	Empfehlungen für die praktische Umsetzung	12
4	Anhang Literatur	13

Sicherheitstechnische Überlegungen sind über den gesamten Lebenszyklus technischer Anlagen für physikalische, chemische und biologische Prozesse erforderlich. Diese haben unmittelbar Bezug zum Umwelt- und Arbeitsschutz bis hin zur Produktsicherheit und sind Basis der Prozess- und Anlagensicherheit. Um für die entsprechenden Aufgaben die notwendigen Kompetenzen vorzuhalten, ist es erforderlich, dass an Hochschulen und Universitäten ein eigenständiges Modul „Prozess- und Anlagensicherheit“ angeboten wird. Für das ebenfalls notwendige Lehrangebot berufsbildender Einrichtungen auf dem Gebiet sollte das Modul zur Orientierung dienen.

Die ProzessNet-Fachgemeinschaft „Anlagen- und Prozesssicherheit“ hat, auch auf Empfehlung und mit Unterstützung des Ausschusses Ereignisauswertung (AS-ER) der Kommission für Anlagensicherheit (KAS) beim BMU, die Überarbeitung und Weiterentwicklung des DECHEMA Lehrprofils „Sicherheitstechnik“ (1. Auflage 1997) beschlossen.

Die Ausarbeitung des neuen Lehrprofils „Prozess- und Anlagensicherheit“ erfolgte unter Einbeziehung der Beiträge von Ch. Jochum (Bad Soden), N. Pfeil (Berlin) im Temporären Arbeitskreis (TAK) „Lehrprofil Sicherheitstechnik“ von ProcessNet. Das Lehrprofil orientiert sich an den Beschlüssen zum Bologna Prozess der Europäischen Kulturminister¹ sowie den Empfehlungen der EFCE² zum Werdegang Chemieingenieur. Der TAK bestand aus Fachvertretern von Hochschulen, Universitäten und Prozessindustrie: H. W. Brenig, (FH Köln), U. Hauptmanns (Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg), O. Klais (Sulzbach), J. Schmidt (BASF SE / Karlsruher Institut für Technologie), H.-U. Moritz (Universität Hamburg), und A. Schönbacher (Universität Duisburg-Essen, federführend).

Mit der Veröffentlichung des Lehrprofils „Prozess- und Anlagensicherheit“ stellt der TAK „Lehrprofil Sicherheitstechnik“ aktualisierte und überarbeitete Lehrinhalte vor. Das Lehrprofil soll allen an der Fortentwicklung der Sicherheit Interessierten als Diskussionsgrundlage zur Verfügung stehen.

Die Durchsicht und redaktionelle Bearbeitung lag bei Herrn K. Mitropetros (Frankfurt/Main).

¹ http://www.ond.vlaanderen.be/hogeronderwijs/bologna/conference/documents/Leuven_Louvain-la-Neuve_Communique%20Eg_April_2009.pdf

² http://www.efce.info/Bologna_Recommendation.html

1 Einleitung

Sicherheit ist ein Grundbedürfnis des Menschen. Viele Erfindungen in der Geschichte der Menschheit erwuchsen aus dem Verlangen nach Sicherheit. Dazu hat auch die chemische Industrie mit zahlreichen Produkten beigetragen.

Die sichere und umweltverträgliche Herstellung chemischer Produkte ist eine Herausforderung für Naturwissenschaftler und Ingenieure³. Sie sorgen dafür, dass Anlagen sicher geplant, erbaut, betrieben und rückgebaut werden und dass die Menschen einen sicheren Arbeitsplatz haben. Nur wenn dies erfüllt ist, lässt es sich ethisch vertreten, Industrieanlagen in der modernen Gesellschaft zu betreiben.

Der Schutz vor Gefahren durch Stoff- oder Energiefreisetzungen ist zu einem Schwerpunktthema des gesellschaftlichen Diskurses geworden. In einer Gesellschaft mit wachsendem Bewusstsein für mögliche Risiken von Technologien gehört es deshalb zu den Aufgaben der Sicherheitsfachleute, den Weg zu einer ausgewogenen Beurteilung von Chancen und Risiken industrieller Produktion aufzuzeigen und sachgerecht aufzuklären.

Die Prozess- und Anlagensicherheit dient der Vermeidung und Beherrschung von Störungen des bestimmungsgemäßen Betriebes sowie der Begrenzung ihrer Folgen. Sie hat unmittelbaren Bezug zu Arbeits- und Umweltschutz. Darüber hinaus trägt sie zur Zuverlässigkeit und damit auch zur Wirtschaftlichkeit der Produktion bei.

Europaweit und insbesondere in Deutschland gibt es eine umfangreiche Gesetzgebung zu Prozesssicherheit, Arbeits- und Umweltschutz. Trotz Erfüllung der gesetzlichen Bestimmungen und ständiger Bemühungen zur Verbesserung der technischen Sicherheit sowie der regelmäßigen Schulung von Menschen im Umgang mit der Technik lassen sich Störungen nicht gänzlich vermeiden, ihre Eintrittswahrscheinlichkeiten lassen sich lediglich reduzieren. Dies muss allen am Produktionsprozess Beteiligten und auch der Gesellschaft bewusst sein.

Die Prozess- und Anlagensicherheit in der stoff- und energieumwandelnden Industrie ist eine eigenständige Fachdisziplin, die mehr als andere Gebiete durch Interdisziplinarität und die Notwendigkeit fächerübergreifenden Wissens und Forschens gekennzeichnet ist. Die Prozess- und Anlagensicherheit ist neben Umweltschutz, Produktsicherheit, Qualität und Wirtschaftlichkeit ein gleichberechtigtes Unternehmensziel.

Das Lehrprofil trägt der dreiteiligen Aufteilung des Studiums in Bachelor, Master und Promotion Rechnung. Vorschläge werden für Vorlesungen im Bachelor- und Masterbereich gemacht, die Studierenden in Studiengängen mit Bezug zur Prozessindustrie angeboten werden sollten.

Neben dem Erwerb von Fachkompetenz in Prozess- und Anlagensicherheit gewinnt die Vermittlung fachübergreifender und nichttechnischer Inhalte zunehmend an Bedeutung. Dadurch soll der künftige Naturwissenschaftler und Ingenieur zu kreativem Problemlösen, zu kooperativem Sozialverhalten mit Führungs- und Kommunikationskompetenz, zu ganzheitlicher Betrachtung eines technischen Projektes in seinem Umfeld und zu europäischem und internationalem Einsatz befähigt werden⁴.

³ Alle personenbezogene Formulierungen dieses Dokumentes beziehen sich sowohl auf weibliche wie auch männliche Personen.

⁴ VDI: „Ingenieurausbildung im Umbruch“ (Mai 1995)

2 Lehrinhalte Prozess- und Anlagensicherheit

2.1 Ausbildungsabschnitte Bachelor und Master

Mit der Bologna-Erklärung von 1999 wurde in Europa die Basis für ein dreistufiges Hochschulausbildungssystem bis zum Abschluss der Promotion geschaffen. Für die beiden ersten Stufen Bachelor und Master ist eine Gesamtstudiendauer von 10 Semestern (Regelstudienzeit) vorgesehen. Damit verbunden ist,

- » die Einführung einer neuen Struktur der Curricula (Modularisierung),
- » die Bewertung der Studienleistungen mittels eines europaweit anerkannten Punktesystems „European Credit Transfer System“ (ECTS), sowie
- » die verstärkte Ausrichtung der Studiengänge auf den Erwerb von Kompetenzen, um auf die Herausforderungen durch die Fortentwicklung von Technik und Gesellschaft reagieren zu können.

2.1.1 Modularisierung

Ein Modul wird durch eine thematische Studieneinheit gebildet, die in der Regel 1-2 Semester dauert. Es kann aus mehreren Lehrveranstaltungen unterschiedlichen Typs, z.B. Vorlesung, Übung, Praktikum oder Seminar, bestehen und schließt mit einer Prüfung ab.

2.1.2 ECTS-Konzept

Das ECTS bewertet die Studienleistungen auf Grundlage der Arbeitsbelastung der Studierenden. In der Regel wird für 30 Arbeitsstunden ein Credit-Punkt vergeben; ein Semester umfasst 30 ECTS, das gesamte Studium (Bachelor und Master) 300 ECTS (davon 180 – 240 ECTS für den Bachelor und 60 – 120 ECTS für den Master).

2.1.3 Kompetenzen

Im Rahmen des Studiums erwerben die Studierenden neben der Fachkompetenz die Fähigkeiten „Wissen und Verstehen“ im Beruf anzuwenden (instrumentale Kompetenz), wissenschaftlich fundierte Entscheidungen abzuleiten (systemische Kompetenz), fachbezogene Positionen zu beziehen und gemäß ihrer gesellschaftlichen Verantwortung zu vertreten (kommunikative Kompetenz).

2.1.4 Bachelor⁵

- » Erster wissenschaftlicher, arbeitsmarktrelevanter Abschluss nach 3 - 4 Jahren (180 - 240 ECTS)
- » Eingangsvoraussetzungen: Hochschulreife (Uni), Fachhochschulreife (FH) oder Äquivalente
- » Ziel: Beschäftigungsfähigkeit, Vermittlung der Grundlagen einer wissenschaftlichen Ausbildung
- » Möglichkeiten für Bachelor-Absolventen:
 - Eintritt in den Arbeitsmarkt
 - Weiterführung des Studiums zum Master unter Vertiefung und Spezialisierung des Wissens an derselben oder einer anderen Hochschule im In- oder Ausland

⁵ Die Umsetzung der Bologna-Reform an den Hochschulen; HRK 25, 5, 2011

2.1.5 Master

- » Zweiter, wissenschaftlicher berufsqualifizierender Abschluss nach weiteren 1-2 Jahren (60 - 120 ECTS)
- » Voraussetzung: erster Hochschulabschluss, ggf. weitere von der Hochschule definierte Zulassungskriterien
- » Forschungs- oder Anwendungsorientierung
- » Anschließende Möglichkeiten:
 - Tätigkeit in Wissenschaft und Berufsfeldern, die vertiefte wissenschaftliche Ausbildung erfordern
 - Berechtigt zur Promotion

Für weitergehende Informationen zum Bologna-Prozess sowie zu Aufbau und Struktur der Bachelor- und Masterstudiengänge wird auf die Internetseiten der Kultusministerkonferenz⁶ und der Hochschulrektorenkonferenz⁷ verwiesen.

2.2 Zielgruppen und Voraussetzungen

Das nachfolgend vorgestellte Lehrprofil richtet sich an Lehrende und Studierende (Bachelor und Master) von Studiengängen, die fachlich mit der Prozessindustrie zu tun haben. Dazu gehören vor allem:

- » Chemieingenieurwesen und Technische Chemie,
- » Verfahrenstechnik,
- » Chemie,
- » Maschinenbau mit Ausrichtung auf Prozessindustrie,
- » Bioverfahrenstechnik/Bioingenieurwesen und
- » Wirtschaftsingenieurwesen

Die Ausbildung auf dem Gebiet setzt Kenntnisse voraus, die in den mathematisch/naturwissenschaftlichen und ingenieurspezifischen Grundlagenfächern der Studiengänge Chemie, Verfahrenstechnik oder Maschinenbau erworben werden.

Die Vermittlung des notwendigen Fachwissens sowie der Erwerb der zugeordneten Kompetenzen in den Bachelor- und Masterstudiengängen erfolgt in dem eigenständigen Modul „Prozess- und Anlagensicherheit“, das je nach Umfang des Lehrangebotes aus mehreren Veranstaltungen bestehen kann. Die Arbeitsbelastung je Modul sollte ca. 150 Arbeitsstunden einschließlich Vor- und Nachbereitungszeiten betragen.

Für die Bachelorstudiengänge „Chemieingenieurwesen“ und „Technische Chemie“ sowie „Verfahrenstechnik“ soll das Modul verpflichtend sein. In den Bachelorstudiengängen Chemie, Maschinenbau, Bioverfahrenstechnik/Bioingenieurwesen sowie Wirtschaftsingenieurwesen soll ein solches Modul als Wahlpflichtfach angeboten werden. Gleiches gilt für die entsprechenden Masterstudiengänge, falls das Modul nicht schon im Bachelorbereich angeboten wurde (nicht konsekutiver Master).

⁶ <http://www.kmk.org/>

⁷ <http://www.hrk.de>

Eine besonders intensive Beschäftigung mit dem Fach „Prozess- und Anlagensicherheit“ kann durch ein darauf aufbauendes oder ergänzendes Modul in einem konsekutiven Masterstudium erfolgen. Weitergehende Vertiefung und Schwerpunktbildung im Masterstudium sind durch entsprechende Angebote von Wahlpflichtfächern, in Form von Projekten und der Masterarbeit erforderlich. Ergänzende Praktika und Exkursionen, insbesondere zur Prozessindustrie, werden empfohlen.

Für Lehrende in diesen Studiengängen stellt das Lehrprofil einen Leitfaden bezüglich zu behandelnder Themen und Stoffumfang dar.

2.3 Zielsetzung

Das Lehrprofil „Prozess- und Anlagensicherheit“ baut auf dem aktuellen Stand von Wissenschaft und Technik auf und stellt für Lehrende und Studierende eine Empfehlung bezüglich der zu behandelnden Themen und des Stoffumfanges dar. Es bildet die Basis für die Nachwuchsförderung sowie für die Weiterentwicklung der Prozess- und Anlagensicherheit und legt die diesbezüglichen erforderlichen Kenntnisse aus Sicht von Wissenschaft und Praxis fest.

Mit den hier dargestellten Anforderungen sollen die Studierenden auf ihre zukünftigen Aufgaben an den Schnittstellen Anlage-Umwelt und Gesellschaft vorbereitet werden und die Fähigkeit erwerben, in einem sich fortentwickelnden Umfeld sachbezogen und verantwortungsbewusst zu arbeiten.

Mit dem Lehrprofil wird angestrebt, die Qualität der diesbezüglichen Studienangebote zu sichern sowie die sicherheitstechnische Kompetenz in Forschung und industrieller Praxis auch zukünftig zu gewährleisten und entsprechend dem Fortschritt in der Prozessindustrie weiterzuentwickeln.

2.4 Aufbau und Struktur der Lehrveranstaltungen

Das Lehrprofil „Prozess- und Anlagensicherheit“ muss von den Hochschulen entsprechend den jeweiligen Randbedingungen in konkrete Module für Bachelor- und Masterstudiengänge übertragen werden.

Das Bachelormodul „Prozess- und Anlagensicherheit“ soll sich über 1-2 Semester erstrecken und mit einer Prüfung abschließen. Das konsekutive Mastermodul kann in Form eines Seminars ergänzt um Übungen und Projektarbeiten angeboten werden.

Bei der Übertragung des Lehrprofils in konkrete Module sollen die mit dem Bologna-Prozess ausgelösten Veränderungen im hochschuldidaktischen Bereich berücksichtigt werden. Diese Veränderungen betreffen insbesondere die Lernkonzepte mit Blick auf fachbezogene und fachübergreifende Kompetenzen als „Learning Outcomes“, wie sie derzeit europaweit diskutiert werden⁸. Dazu bietet sich an, die Lehrinhalte begleitend zu einer fiktiven oder existierenden Prozessanlage aufzubauen, um den Praxisbezug hervorzuheben.

⁸ Wildt J.; Vom Lehren zum Lernen – Zum Wandel der Lernkultur in modularisierten Studienstrukturen; Neues Handbuch Hochschullehre (NHHL); Raabe Fachverlag;

2.5 Lehrinhalte

Die beschriebenen Lehrinhalte beziehen sich auf ein Bachelor-Modul und ein darauf aufbauendes Mastermodul. Die detaillierte Beschreibung der jeweiligen Lehrinhalte sowie die Ausgestaltung der jeweiligen Modulinhalte obliegen den dafür verantwortlichen Lehrenden.

2.5.1 Bachelormodul

(1) Einführung

- › Bestimmungsgemäßer Betrieb, Betriebsstörungen und Störfälle – Ursachen und technische sowie finanzielle Auswirkungen
- › Prinzipielle Möglichkeiten zur Absicherung von Anlagen
- › Prozess- und Anlagensicherheit als interdisziplinäres Arbeitsgebiet
- › Arbeitsschutz in Verbindung mit Anlagensicherheit
- › Anlagensicherheit und Security
- › Rechtlicher Rahmen (national und europäisch)

Zeiteinheiten: 1

(2) Sicherheits- und Risikomanagement

- › Begriffe/Definitionen: Gefahr, Risiko, Grenzkrisiko
- › Anlagensicherheitskonzept (Primäre und sekundäre Absicherungsmaßnahmen)
- › Methoden der Gefahrenidentifikation, -bewertung und -minimierung, z. B. PAAG, Ausfalleffektanalyse, Ereignisablauf- und Fehlerbaumanalyse, Layer of Protection Analysis (LOPA)
- › Risikoanalyse und -bewertung
- › Möglichkeiten der Gefahrenabwehr / Risikominimierung
- › integrierte HSE Managementsysteme

Zeiteinheiten: 4

(3) Sicherheitsbeurteilung von gefährlichen Stoffen

- › Gefahrstoffe/Zubereitungen, Erzeugnisse
- › Einstufung, Verpackung, Kennzeichnung gefährlicher Stoffe
 - Physikalisch-chemische Gefahren
 - Gesundheitsgefahren
 - Umweltgefahren
- › Gefährdungsbeurteilung des Arbeitsplatzes (Richt- und Grenzwerte für den Gesundheitsschutz)
- › Sicherheitsdatenblätter und deren Anwendung
- › Transport, Lagerung und Umgang mit Stoffen einschließlich Korrosion
- › Produktsicherheit

Zeiteinheiten: 3

(4) Sicherheitstechnische Beurteilung von chemischen Reaktionen

- › Durchgehende Reaktionen / Theorie der Wärmeexplosion / TRAS 410
- › Selbstentzündung von Feststoffen
- › Ermittlung und Bewertung von Gefahren
- › Sicherheitstechnische Kenngrößen (z.B. adiabate Temperaturerhöhung, adiabate Induktionszeit)

Zeiteinheiten: 4

(5) Anlagensicherheitskonzepte

- › Optimierung verfahrenstechnischer Prozesse
- › Sicherheitskonzepte (inhärent sicherere Anlagen)
- › Versagen von technischen Komponenten
- › Personalhandlungen (Human Factors)
- › Spezielle Sicherheitskonzepte (z.B. Biosicherheit, Umgang mit Nanopartikeln)

Zeiteinheiten: 2

(6) Absicherung von Apparaten (End-of-Pipe-Technology)

- › Aufbau und Funktion von Sicherheitseinrichtungen (z.B. Explosionssicherungen, Sicherheitsventile, Berstscheiben)
- › Aufwallen von Flüssigkeiten, abzuführender Massenstrom / Dampfanteil am Beispiel von Reaktornotentlastungen
- › Absicherung von großen Hold-Up-Mengen
- › Spezielle Anforderungen an Prozessapparate wie Destillationskolonnen, Wärmeübertrageranlagen
- › Schutzmaßnahmen beim Lagern von gefährlichen flüssigen und festen Stoffen (z.B. Inertisierung, Temperaturüberwachung)

Zeiteinheiten: 3

(7) Rückhaltesysteme

- › Typische Einsatzbereiche von Rückhalteeinrichtungen in der Prozessindustrie
- › Rückhaltung gefährlicher Flüssigkeiten / Dämpfe
 - Auffang- und Entsorgungssysteme
 - Notentlastungssysteme: z.B. Abscheider, Direktkondensation (Quenchung / Tauchung), Fackel

Zeiteinheiten: 2

(8) PLT-Schutzkonzepte

- › Aufbau von PLT-Einrichtungen einschließlich Signalkette
- › Klassifizierung von PLT-Einrichtungen (Steuerung, Überwachung/Absicherung)
- › Anforderungen an PLT-Schutzeinrichtungen, SIL-Konzept / PL-Level
- › Softwarebasierte Schutzkonzepte (Modellierung, Validierung, IT-Sicherheit)

Zeiteinheiten: 3

(9) Störungsbedingte atmosphärische Freisetzung gefährlicher Stoffe

- » Quellterme (Art der Freisetzung, Massen- und Energieströme)
- » Freisetzung unter Ausbildung eines Freistrahls (erhöhter Ausgangsdruck)
- » Atmosphärische Ausbreitung (Inversion, atmosphärische Temperaturschichtung, Turbulenz)
- » Bewertung der Ausbreitung toxischer Stoffe und Vergleich mit Störfallbeurteilungswerten (z.B. ERPG, AEGL, Probits)
- » Bewertung von Brand- und Explosionsgefahren (Grenzwerte)

Zeiteinheiten: 2

(10) Brand- und Explosionsschutz

- » Physikalisch chemische Vorgänge (Gas- / Staubexplosion)
- » Explosionen chemisch (Deflagration / Detonation) / physikalisch
- » Explosionsbereiche in Zweistoff- / Dreistoffsystemen
- » Einstufung in explosionsgefährliche Bereiche (Zoneneinteilung)
- » Primäre, sekundäre und konstruktive Maßnahmen des Explosionsschutzes
- » Brandschutz (vorbeugend, anlagentechnisch, abwehrend und organisatorisch)
- » Brandschutzkonzepte

Zeiteinheiten: 3

(11) Elektrostatik

- » Grundlagen der Elektrostatik / Physikalische Effekte (Influenz, Kontaktaufladung)
- » Entladungsmechanismen / Entladungsarten (Funken- / Schüttkegel- / Gleitstiel- / Gleitstielbüschel-Entladungen)
- » Schutzmaßnahmen gegen gefährliche Entladungen durch statische Elektrizität

Zeiteinheiten: 1

Insgesamt: 28 Zeiteinheiten (14 Wochen mit je 2 x 45 Minuten/Woche)

Empfohlen:

- I. **Übungen / Praktika (Umfang: ca. 28 Zeiteinheiten)**
- II. Exkursion
- III. Besichtigung einer Prozessanlage
- IV. Bewertung eines realen Anlagensicherheitskonzeptes

2.5.2 Mastermodul***Nicht konsekutiv***

Die oben genannten Lehrinhalte können auch in einem nicht konsekutiven Masterstudium angeboten werden. Sie sind dann inhaltlich wesentlich vertieft und erweitert zu präsentieren⁹, wobei auf die umfangreicheren Kenntnisse der Studierenden in Mathematik, Physik, Chemie sowie Thermo- und Fluidodynamik Bezug genommen wird.

Konsekutiv

Der Bachelor-Abschluss in den eingangs genannten Studiengängen einschließlich des Moduls „Prozess- und Anlagensicherheit“ wird vorausgesetzt. Kern des konsekutiven Masterstudiums ist das folgende Mastermodul. Zum Erwerb des erforderlichen Fachwissens sind ergänzende Fächer zu belegen, beispielsweise numerische Mathematik, Stochastik, Arbeitsschutz, Führung und Kommunikation, Risikomanagement, Recht und Wirtschaft.

a) Einarbeitung in die Prozessführung einer Anlage / Erwerb der Anlagenkenntnisse anhand von:

- » R & I Fließschemata
- » Anlagen und Prozessbeschreibungen
- » Beurteilung der Stoffeigenschaften, der chemischen Reaktionen und des Prozesses (sicherheitstechnische Kenngrößen)
- » Erarbeitung der wesentlichen Steuerparameter zur Kontrolle der gewünschten chemischen Umsetzung / des Prozesses
- » Bewertung des bestimmungsgemäßen Betriebes
- » Alternative Verfahrenswege zur Erhöhung der Sicherheit
- » Bestimmung des zulässigen Fehlbereichs (Alarmierung)

b) Gefahrenanalyse (Anwendung der Methoden) und Gefährdungsermittlung für eine fiktive / reale Anlage

- » Beurteilung von Fehlermöglichkeiten bei Technik und Mensch
- » Umgebungsbedingte Gefahrenquellen
- » Quantifizierung von Ereignisablaufdiagrammen und Fehlerbäumen
- » Bewertung der Ergebnisse - Diskussion von Auslegungsalternativen

c) Umsetzung von verschiedenen Sicherheitskonzepten

- » Erarbeitung und Bewertung alternativer Anlagensicherheitskonzepte anhand unabhängiger Sicherheitsbarrieren (independent layers of protection)
- » Auslegung einer PLT-Schutzeinrichtung
- » Auslegung mechanischer Sicherheits- und Rückhaltereinrichtung (Sicherheitsventil, Berstscheibe, Zyklonabscheider, Quenchung, Tauchung)

⁹ Qualifikationsrahmen für Deutschen Hochschulabschlüsse, Kultusministerkonferenz 2005

d) Störungsfolgenabschätzung

- › Ermittlung potentieller Störungsszenarien mit Stofffreisetzung
- › Entwicklung von Szenarien und Wahrscheinlichkeitsbewertung
- › Berechnung der zugehörigen Quellterme für eine Stofffreisetzung
- › Simulationsrechnungen für Ausbreitung von gefährlichen Stoffen
- › Simulationsrechnungen für Explosion/Brand: Druckwelle, thermische Strahlung, Trümmerwurf
- › Minderung durch sekundäre Schutzmaßnahmen

e) Ermittlung des ortsbezogenen Risikos, Individual- und Kollektivrisikos und Vergleich mit Risikogrenzwerten bzw. -kurven für ein ausgewähltes Fallbeispiel

f) Vertiefte Analyse von sicherheitstechnisch bedeutsamen Themen:

- › SIL-Schutzkonzepte, Analyse und Ermittlung von Zuverlässigkeitskenngrößen
- › Sicherheitstechnische Forderungen im Bereich Biotechnologie
- › Neue verfahrenstechnische Apparate wie mikrostrukturierte Reaktoren
- › Explosionsschutzkonzept komplexer Abgassysteme, Entstaubungsanlagen etc.
- › Berechnung zweiphasiger Druckentlastung
- › Grenzen der Aussagefähigkeiten von Simulation und Modellierung (Modellierungs- und Datenunsicherheiten)
- › Beitrag Sicherheitstechnik zur Nachhaltigkeit in der Prozessindustrie (eco-efficiency and sustainability assessment)

g) Risikobewertung und Risikokommunikation

h) Praktikum auf dem Gebiet der Prozesssicherheit, bevorzugt experimentell, z.B:

- › Reaktionskalorimetrische Versuche zur Charakterisierung von Stoffen und Stoffgemischen
- › Ermitteln von Brand- und Explosionskenngrößen
- › Messung von Mehrphasenströmungen
- › Numerische Modellierung von Reaktornotentlastungen, Stoff-, Explosions- oder Brandszenarien

i) Experimentalvortrag und/oder Exkursion zu Fachinstituten/Prüflabors

Masterarbeit auf dem Gebiet „Prozess- und Anlagensicherheit“

Das Masterstudium sollte um Wahlpflichtfächer nach individueller Schwerpunktbildung aus dem Angebot der Universität/Hochschule ergänzt werden.

3 Empfehlungen für die praktische Umsetzung

Es ist davon auszugehen, dass das gesamte Lehrspektrum in der Regel nicht von einem einzigen Lehrenden abgedeckt werden kann. Die Aufteilung auf mehrere Lehrende mit unterschiedlichen fachlichen Schwerpunkten, die Kooperation mit Lehrenden anderer Lehreinrichtungen bzw. das Hinzuziehen von Lehrbeauftragten mit Praxiserfahrung wird empfohlen.

Wegen der Bedeutung des Gebietes ist die Einrichtung weiterer entsprechender Ausbildungs- und Forschungseinrichtungen an Universitäten und Hochschulen notwendig. Die inhaltliche Ausrichtung der Forschung an den verschiedenen Institutionen sollte komplementär sein.

4 Anhang Literatur

Der Fortschritt in der Prozess- und Anlagensicherheit ist in Fachveröffentlichungen, Monographien und Fachbüchern dokumentiert. Im Folgenden sind ausgewählte Fachbücher und Standardwerke aufgelistet, die den Einstieg in die Thematik erleichtern können. Welche Änderungen in kurzer Zeit erfolgen können, belegt die Umstellung der Einstufung und Kennzeichnung von gefährlichen Stoffen im Rahmen der globalen Harmonisierung. Der Blick in die geltenden Gesetzes-/Verordnungstexte sowie der Dokumente der Kommission für Anlagensicherheit (KAS) ist daher dringend geboten.

Die Literatur ist nach den Lehrinhalten gegliedert.

(1) Einführung und (5) Anlagensicherheitskonzepte

Übersicht

- [1] Schäfer, H.-K., Jochum, Ch.: Sicherheit in der Chemie – Ein Leitfaden für die Praxis. Carl Hanser Verlag, ISBN 13:978-3446181595 (1997)
- [2] Berufsgenossenschaft Rohstoffe und chemische Industrie (BG RCI) und Verband Deutscher Sicherheitsingenieure e. V. (VDSI): RATGEBER ANLAGENSICHERHEIT Gefahrenfelder – Schutzkonzepte – Praxisbeispiele, Universum Verlag GmbH, Wiesbaden (Loseblattsammlung)

Vertiefung

- [3] TNO, Princetonlaan 6, NL-3584 CB Utrecht
 - Methods for the calculation of Physical Effects Due to releases of hazardous materials (liquids and gases) – Third edition Second revised print 2005
 - Methods for the determination of possible damage to people and objects resulting from releases of hazardous materials - First edition 1992, ISBN 90-5307-052-4
 - Guidelines for quantitative risk assessment – First edition 1999/2005
 - Methods for determining and processing probabilities - Second edition 1997/2005
- [4] Mannan, S. (Ed.), Lees' Loss Prevention in the Process Industries, Vol.1-3, Elsevier Butterworth-Heinemann, 3rd ed., Oxford, 2005.
- [5] Schmidt, J. (Ed.), Process and Plant Safety – Applying CFD, Wiley-VCH, Weinheim, 2012
- [6] Schönbacher, A. (Hrsg.), Quelltermberechnung bei störungsbedingten Stoff- und Energiefreisetzungen in der Prozessindustrie – Methodenübersicht und industrielle Anwendung, e-book, 250 Seiten, DECHEMA, 2012
- [7] Hauptmanns, U. (Ed.) Plant and Process Safety, in Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry, 8th edition (in print)
- [8] Hauptmanns, U., Prozess- und Anlagensicherheit, in Vorbereitung, Wiley-VCH, Weinheim
- [9] Center for Chemical Process Safety (CCPS) "Guideline for Engineering Design for Process Safety" Wiley 2012, ISBN 978-0-470-76772-6

(2) Sicherheits- und Risikomanagement

- [10] TRBS 1111: Gefährdungsbeurteilung und sicherheitstechnische Bewertung (2006)
- [11] Schönbacher, A.: Sicherheitstechnische Aspekte, in: „Thermische Verfahrenstechnik“, Grundlagen und Berechnungsmethoden für Ausrüstungen und Prozesse, Springer-Verlag, Berlin (2002)

- [12] Hauptmanns, U.; Hertrich, M.; Werner, W.: Technische Risiken. Ermittlung und Beurteilung, Springer-Verlag, Berlin (1987)
- [13] CHemGIVVS: Das PAAG-Verfahren, ISBN 92-843-7037-X (2000)
- [14] IVSS Sektion Chemie „Gefahrenermittlung und Gefahrenbewertung in der Anlagensicherheit“ 2. Auflage 2012, ISBN 92-843-7122-8
- [15] ProcessNet: Themenhefte Sicherheitstechnik, Gastherausgeber: Schönbacher A. und Schmidt J.
- Chemie Ingenieur Technik, Volume 81, Issue 1-2, Pages 3-186, February 2009, ISSN 0930-7516
 - Chemical Engineering & Technology, Volume 32, Issue 2, Pages 167-327, February, 2009, ISSN 0930-7516
 - Technische Überwachung, Ausgabe 1-2/2009, ISSN 2191-0073
 - Forschung im Ingenieurwesen, Volume 73, Number 1, April 2009, ISSN 0015-7899
 - Forschung im Ingenieurwesen, Volume 73, Number 2, June 2009, ISSN 0015-7899

(3) Sicherheitsbeurteilung von gefährlichen Stoffen

- [16] Verordnung (EG) Nr. 1272/2008 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 16. Dezember 2008 über die Einstufung, Kennzeichnung und Verpackung von Stoffen und Gemischen (CLP-Verordnung) und Anpassungsverordnungen (Harmonisiertes Einstufungs- und Kennzeichnungssystem)
- [17] Verordnung zum Schutz vor Gefahrstoffen (GefStoffV) (2010)
- [18] Technische Regeln Gefahrstoffverordnung, z.B.: TRGS 200: Einstufung und Kennzeichnung von Stoffen, Zubereitungen und Erzeugnissen (2006/2010); TRGS 400: Gefährdungsbeurteilung für Tätigkeiten mit Gefahrstoffen (2010); TRGS 510: Lagerung von Gefahrstoffen in ortsbeweglichen Behältern (2010); TRGS 900: Arbeitsplatzgrenzwerte (2006); Bekanntmachung 220: Sicherheitsdatenblatt (2007)
- [19] Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin, Neustadt, T.: Gefahrstoffe: Kennzeichnung -kein Problem!?. Richtig Kennzeichnen bringt Freu(n)de, 7. Auflage. Dortmund: 2007, ISBN: 978-3-88261-559-3
- [20] BG RCI, Merkblatt R 003: Sicherheitstechnische Kenngrößen – Ermitteln und Bewerten
- [21] Urben, P.G. (Ed.), Bretherick's Handbook of Reactive Chemical Hazards, Volume 1-2, Elsevier (2007)

(4) Sicherheitstechnische Beurteilung von chemischen Reaktionen

- [22] TRAS 410: Erkennen und Beherrschen exothermer chemischer Reaktionen (2007)
- [23] BG RCI: Merkblätter: R 001: Exotherme Chemische Reaktionen – Grundlagen; R 002: Exotherme chemische Reaktionen – Maßnahmen zur Beherrschung; R 004: Thermische Sicherheit chemischer Prozesse; R 006: Exotherme Reaktionen und instabile Stoffe – Antworten auf häufig gestellte Fragen; R 007: Lehren aus Ereignissen
- [24] Grever, Th.: Thermal Hazards of Chemical Reactions, Industrial Safety, Vol 4, Elsevier, Amsterdam (1994)
- [25] Steinbach, J.: Chemische Sicherheitstechnik, VCH-Verlagsgesellschaft mbH, Weinheim, ISBN 3-527-28710-8 (1995)
- [26] Stoessel F.: Thermal Safety of Chemical Processes: Risk Assessment and Process Design, Wiley-VCH Verlag GmbH & Co, Weinheim (2008)
- [27] Mitropetros K., Bazzanella A.: Leitfaden Mikroverfahrenstechnik, DECHEMA 2010, ISBN: 978-3-89746-114-7

- [28] Klais, O. et al, "Guidance on Safety/Health for Process Intensification Including MS Design" Part I: Reaction Hazards, Chem. Eng. Technol. 2009, 32, No. 11, 1831–1844; Part II: Explosion Hazards, Chem. Eng. Technol. 2009, 32, No. 12, 1966–1973; Part III: Risk Analysis, Chem. Eng. Technol. 2010, 33, No. 3, 444–454; Part IV: Case Studies, Chem. Eng. Technol. 2010, 33, No. 7, 1159–1168

(6) Absicherung von Apparaten (End-of-pipe-Technology) und (7) Rückhaltesysteme

**Explosionsentlastung, Explosionsunterdrückung, Explosionsfeste Bauart:
siehe auch Brand- und Explosionsschutz (10)**

- [29] VDI 3673 Blatt 1: Druckentlastung von Staubexplosionen (2002)
[30] Schmidt J.: Auslegung von Sicherheitsventilen für Mehrzweckanlagen nach ISO 4126-10, Chem. Ing. Techn. 83, No 6, 796-812 (2011)

(8) PLT-Schutzkonzepte

- [31] VDI/VDE 2180: Sicherung von Anlagen der Verfahrenstechnik mit Mitteln der Prozessleittechnik
[32] DIN IEC 61511 / VDE 0810: Sicherheitstechnische Systeme für die Prozessindustrie
[33] Publikationen der KAS (Kommission für Anlagensicherheit)

(9) Störungsbedingte atmosphärische Freisetzung gefährlicher Stoffe

- [34] Kommission für Anlagensicherheit: KAS-18: Empfehlungen für Abstände zwischen Betriebsbereichen nach der Störfall-Verordnung und schutzbedürftigen Gebieten im Rahmen der Bauleitplanung-Umsetzung § 50 BImSchG (Nov. 2010)
[35] VDI 3783 Blatt 1 "Ausbreitung von Luftverunreinigungen in der Atmosphäre; Ausbreitung von störfallbedingten Freisetzungen; Sicherheitsanalyse" (2004-08)
[36] VDI 3783 Blatt 2 "Umweltmeteorologie; Ausbreitung von störfallbedingten Freisetzungen schwerer Gase; Sicherheitsanalyse" (2004-08)
[37] VDI 3783 Blatt 4 "Umweltmeteorologie - Akute Stofffreisetzungen in die Atmosphäre - Anforderungen an ein optimales System zur Bestimmung und Bewertung der Schadstoffbelastung in der Atmosphäre" (2009-12)

(10) Brand- und Explosionsschutz

- [38] DIN-EN 1127: Explosionsfähige Atmosphären -Explosionsschutz -Teil 1: Grundlagen und Methodik (2009)
[39] DIN-EN 60079-10-1 Explosionsfähige Atmosphäre -Teil 10-1: Einteilung der Bereiche -Gasexplosionsgefährdete Bereiche (2009)
[40] DIN-EN 60079-10-2 Explosionsfähige Atmosphäre -Teil 10-2: Einteilung der Bereiche -Staubexplosionsgefährdete Bereiche (2009)
[41] TRBS 2152 Gefährliche explosionsfähige Atmosphäre, Teil 1 bis 4
[42] Brandes E. et. al. „Sicherheitstechnische Kenngrößen: Band 1: Brennbare Flüssigkeiten und Gase, Band 2: Explosionsbereiche von Gasgemischen“, Wirtschaftsverlag NW, Verlag für neue Wissenschaft GmbH
[43] Steen, H.: Handbuch des Explosionsschutzes, Wiley-VCH Verlag, Weinheim (2000)
[44] Bartknecht, W.: Explosionsschutz, Grundlagen und Anwendungen, Springer-Verlag; Berlin, Heidelberg

- [45] Eckhoff, R.-H.: Dust Explosions in the Process Industries, Butterworth-Heinemann, Oxford
- [46] Fire Protection Handbook, Eighteenth Edition, National Fire Protection Association, Quincy, Massachusetts
- [47] Warnatz, J., Maas, U.: Technische Verbrennung, Springer-Verlag Berlin, Heidelberg, New York (2006)
- [48] Bussenius, S.: Wissenschaftliche Grundlagen des Brand- und Explosionsschutzes, Verlag W. Kohlhammer, Stuttgart, Berlin, Köln, 1996
- [49] VFDB Leitfaden TB 04-01 „Ingenieurmethoden des Brandschutzes“ (Mai 2009)
- [50] Schneider, U., Ingenieurmethoden im Brandschutz; 2. Auflage, Werner Verlag 2009
- [51] SFPE, NFPA, The SFPE Handbook of Fire Protection Engineering, 2008

(11) Elektrostatik

- [52] TRBS 2153: Vermeidung von Zündgefahren infolge elektrostatischer Aufladungen (2009)
- [53] Lüttgens, G., Glor, M.: Statische Elektrizität begreifen - beherrschen – anwenden, Band 44 von Kontakt u. Studium, Expert-Verlag GmbH (2002)

Weitere Literatur listet die Website der ProcessNet Fachgemeinschaft „Anlagen- und Prozesssicherheit“:
<http://processnet.de/APS>



DECHEMA
Gesellschaft für Chemische Technik
und Biotechnologie e.V.
Theodor-Heuss Allee 25
60486 Frankfurt am Main

Telefon: 069 7564-0
Telefax: 069 7564-117
E-Mail: info@dechema.de