

Chemische Syntheseanlagen

Prozesse unter erschwerten Bedingungen sicher beherrschen

Die Herstellung von Chemikalien, Feinchemikalien und pharmazeutischen Wirkstoffen gehört zu den anspruchsvollsten Aufgaben der Prozessindustrie. Viele Syntheseprozesse laufen unter sicherheitstechnisch herausfordernden Bedingungen ab: Einsatz von brennbaren und toxischen Stoffen, chemisch instabile Produkte und Zwischenprodukte, hohe Temperaturen und Drücke, komplexe Verfahrensabläufe.

Ein sicherer Betrieb dieser Anlagen ist daher nicht erst durch Schutzmaßnahmen im laufenden Betrieb möglich, sondern beginnt bereits in der Planungsphase. Nur wenn potenzielle Gefahren frühzeitig erkannt, bewertet und durch geeignete technische, organisatorische und konstruktive Maßnahmen beherrscht werden, kann eine Syntheseanlage über ihren gesamten Lebenszyklus sicher betrieben werden.

Gefahren chemischer Syntheseanlagen

Brand- & Explosionsgefahren

In chemischen Syntheseanlagen kommen häufig brennbare Gase, Flüssigkeiten oder Stäube zum Einsatz. Mit Luft vermischt können explosionsfähige Atmosphären entstehen. Auch die Auswirkungen dadurch ausgelöster Druckwellen, thermischer Belastungen und Produktfreisetzungen müssen betrachtet werden. Bereits kleine Stofffreisetzungen können erhebliche Risiken für Mitarbeiter, Anlagen und angrenzende Bereiche verursachen.

Chemisch instabile & reaktive Stoffe

Eine besondere Herausforderung stellen instabile Zwischenprodukte oder hochreaktive Substanzen dar. Diese können sich unter bestimmten Bedingungen selbst zersetzen oder unkontrollierbare chemische Reaktionen eingehen. Gerade in mehrstufigen Synthesen treten oft Stoffe auf, die nur für kurze Zeit im Prozess vorhanden sind, deren Gefahrenpotenzial jedoch maßgeblich die gesamte Anlagenauslegung beeinflusst.

Toxische und gesundheitsgefährdende Stoffe

Viele Ausgangsstoffe, Zwischenprodukte und Endprodukte sind toxisch oder ätzend. Neben akuten Gesundheitsgefahren für Mitarbeiter können bei Freisetzungen Auswirkungen auf die Umwelt entstehen. Besonders sogenannte CMR-Stoffe (cancerogen, mutagen oder reproduktionstoxisch) können langfristige Gesundheitsschäden verursachen und erfordern ein konsequentes Expositionsmanagement und einen hohen Standard bei Containment- und Lüftungskonzepten.

Hohe Drücke und Temperaturen

Chemische Reaktionen werden häufig bei erhöhten Drücken und Temperaturen durchgeführt. Damit steigen die Anforderungen an das Design der Anlage. Versagen Druckbehälter, Rohrleitungen oder Sicherheitseinrichtungen, können die Folgen schwerwiegend sein.

Thermisches Durchgehen von Reaktionen
Viele chemische Reaktionen sind exotherm. Versagt die Temperaturkontrolle, kann die Reaktionsgeschwindigkeit ansteigen und es wird zusätzliche Wärme freigesetzt. Dieses sogenannte „Durchgehen" der Reaktion kann zu kritischen Druck- und Temperaturerhöhungen führen. Die Auslegung von Kühlsystemen und Notentlastungseinrichtungen sowie Prozessregelungen sind daher wesentliche Bestandteile der Anlagensicherheit.

Menschliche und organisatorische Faktoren
Neben den technischen Risiken spielen auch Bedienfehler oder Fehler in Steuerungs- und Automatisierungssystemen eine Rolle. Die zunehmende Komplexität moderner Syntheseanlagen erfordert klare Betriebsabläufe, qualifiziertes Personal und eine Sicherheitskultur, die Risiken systematisch adressiert.

Anlagensicherheit im Betrieb beginnt mit der Planung
Zur Beherrschung dieser Gefahren existiert ein umfangreiches Regelwerk aus europäischen Richtlinien, nationalen Gesetzen und technischen Regeln. Von der Betriebssicherheitsverordnung (BetrSichV), der Gefahrstoffverordnung (GefStoffV) oder den ATEX-Richtlinien (2014/34/EU & 1999/92/EG) über das Bundes-Immissionsschutzgesetz (BImSchG) bis zu Maschinenrichtlinien und Produktischerheitsgesetzen (ProdSG), müssen bei der Planung und im Betrieb einer Anlage zahlreiche Vorschriften beachtet und in Einklang gebracht werden.

Die gesetzlichen Vorgaben beschreiben nicht nur Anforderungen, sondern liefern auch bewährte Ansätze zur Risikominimierung. Die Qualifikation der Mitarbeitenden über regelmäßige Schulungen und Unterweisungen erhöhen das Sicherheitsbewusstsein. Regelmäßige Prüfungen durch Behörden und Sachverständige leisten einen wesentlichen Teil zur Anlagensicherheit. Aber bereits die Standort- und Raumplanung, also die Anordnung von Gebäuden und Produktionsbereichen beeinflusst das Sicherheitsniveau einer Anlage.

Besonders wichtig ist dabei die frühzeitige Durchführung interdisziplinärer Sicherheitsbetrachtungen. Fehler, die bereits in der Planungsphase erkannt werden, lassen sich deutlich effizienter und wirtschaftlicher beheben als während des späteren Betriebs.

Ganzheitlicher Ansatz
Bei mehrstufigen Syntheseanlage für pharmazeutische Wirkstoffe, treten häufig alle der genannten Gefährdungen auf. Durch die frühzeitige Durchführung systematischer Sicherheitsanalysen, die Berücksichtigung aller relevanten gesetzlichen Anforderungen sowie die enge Zusammenarbeit zwischen Betreiber, Verfahrenstechnik, Sicherheitsingenieuren und Betriebspersonal kann eine solche Anlage erfolgreich und sicher realisiert werden.

Fazit
Chemische Syntheseanlagen gehören zu den anspruchsvollsten und sicherheitskritischsten Anlagen der Prozessindustrie. Entscheidend für den sicheren Betrieb sind die konsequente Umsetzung gesetzlicher Vorgaben, fundierte Sicherheitsbetrachtungen und die Erfahrung aller beteiligten Fachdisziplinen. Bereits in der Planungsphase müssen potenzielle Risiken erkannt und geeignete Schutzmaßnahmen definiert werden.

Anlagensicherheit ist kein einzelnes Dokument und keine einzelne Prüfung – sie ist das Ergebnis einer ganzheitlichen, strukturierten, interdisziplinären Herangehensweise.

Chemgineering unterstützt Betreiber und Investoren mit erfahrenen Experten bei der Planung, Bewertung und Realisierung anspruchsvoller chemischer Syntheseanlagen – von der ersten Konzeptphase bis zum sicheren Betrieb.

chemgineering

info@chemgineering.com
www.chemgineering.com

2026 | Chemgineering Switzerland AG

Code scannen und mehr erfahren

LinkedIn