

Elektrotechnische Ausrüstung von Thermoprozessanlagen – Anforderungen aus EU-Richtlinien und Normen an die Konstruktion einer Steuerung

Electrial and electronic equipment for thermoprocessing installations – Requirements from EU directives and standards relating to control system

An die Steuerung einer Thermoprozessanlage werden hohe Anforderungen bezüglich Sicherheit, Verfügbarkeit und Wirtschaftlichkeit gestellt. Dabei gilt es für die elektrotechnische Ausrüstung dieser Anlagen eine Vielzahl relevanter EU-Richtlinien und Normen zu berücksichtigen, die auch konstruktiv in Schaltungstechnik, Hardware und Software umgesetzt werden müssen. Dieser Artikel beschreibt die notwendigen Schritte. Zudem erläutert er Zusammenhänge zwischen den EU-Richtlinien und Normen und befasst sich mit der konstruktiven Umsetzung der Anforderungen in eine Prozess-Steuerung. Darüber hinaus zeigt er beispielhaft Fehler und deren Vermeidung bei der Verschaltung von Sicherheitsfunktionen auf.

A control system for a thermoprocessing installation must meet stringent requirements in terms of safety, availability and cost-effectiveness. The electrotechnical equipment for these installations must comply with a number of relevant EU Directives and standards; these must also be incorporated in the design of the circuit engineering and the hardware and software. This article describes these required parameters. It also explains how the EU Directives and standards relate to one another and is concerned with the implementation of the requirements into the design of a process control system. Furthermore, it gives examples of errors and how to avoid them when integrating safety functions.

Klaus Kroner

G. Kromschroder AG, Osnabrück



Tel. 05 41/12 14-360
E-Mail: k.kroner@kromschroeder.com

- Welche Funktionen sind sicherheits-relevant?
- Welche Anforderungen gibt es an sicherheitsrelevante Funktionen wie z.B. Vorspülung/ Dichtheitskontrolle/Gemischregelung?
- Wie erfolgt die Verschaltung von Sicherheitsfunktionen?
- Dürfen Sicherheitsfunktionen mit einer SPS ausgeführt werden?
- Was ist zu berücksichtigen bei ggf. erforderlicher Abnahme der elektrotechnischen Ausrüstung?

Einleitung

Die elektrotechnische Ausrüstung einer Thermoprozessanlage besteht aus der übergeordneten Prozess-Steuerung (**Bild 1**) sowie den elektrisch angesteuerten Geräten (Sensoren/Aktoren), die dezentral verteilt an der Thermoprozessanlage (**Bild 2**) angeordnet sind.



Bild 1: Prozess-Steuerung
Fig. 1: Process control system

Die Prozess-Steuerung ist funktional verknüpft mit den Komponenten der Gas- und Lufteingangsstrecke, den Komponenten zur Brennerüberwachung, Steuerung des Leistungsteiles (Antriebe) sowie der Prozess-Regelung und Visualisierung. Der erforderliche Signalaustausch zwischen den beteiligten Steuerungskomponenten und der Feldebene unterscheidet dabei sicherheitsrelevante und nicht sicherheitsrelevante Signale.

Anforderungen an die Steuerung

An die Steuerung einer Thermoprozessanlage werden hohe Anforderungen bezüglich Sicherheit, Verfügbarkeit und Wirtschaftlichkeit gestellt. Die Anforderungen aus den EU-Richtlinien und Normen müssen konstruktiv in Schaltungstechnik, Hardware und Software umgesetzt werden (**Bild 3**). In diesem Zusammenhang werden von Konstrukteuren häufig folgende Fragen gestellt:

- Welche EU-Richtlinien sind zu beachten?
- Welche Normen müssen angewandt werden?
- Welcher Zusammenhang besteht zwischen Normen und Richtlinien?

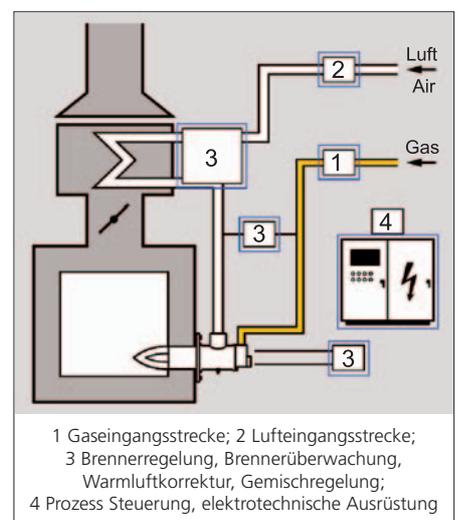


Bild 2: Symbolische Darstellung eines Industrieofens

Fig. 2: Symbolic representation of an industrial furnace

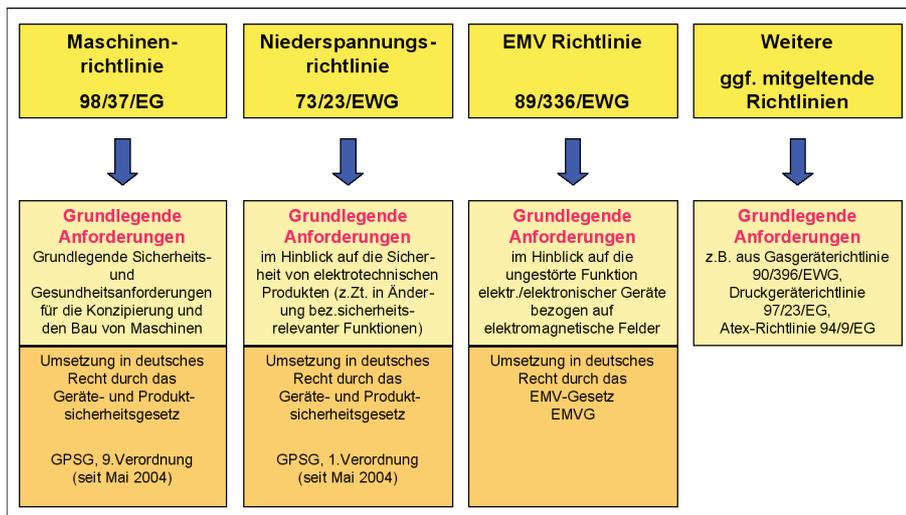


Bild 3: Relevante EU Richtlinien für die Elektrotechnische Ausrüstung von Thermoprossanlagen.

Fig. 3: Relevant EU Directives for electrotechnical equipment of thermoprocessing installations

Horizontale Anwendung der Europäischen Richtlinien

Die für die elektrotechnische Ausrüstung von Thermoprossanlagen relevanten Richtlinien sind die Maschinenrichtlinie 98/37/EG, die Niederspannungsrichtlinie 73/23/EWG und die EMV Richtlinie 89/336/EWG. Gegebenenfalls sind weitere

mitgeltende Richtlinien anzuwenden. Entscheidend hierbei ist die horizontale Anwendung der Richtlinien, d.h. alle für das Produkt zutreffenden Richtlinien sind nebeneinander anzuwenden. Die von den EU Richtlinien spezifizierten grundlegenden Anforderungen werden durch entsprechende Gesetze in deutsches Recht umgesetzt. Die grundlegenden Anforderungen

Tabelle 1: Relevante Normen für die elektrotechnische Ausrüstung von Thermoprossanlagen, Struktur nach Typ A, B und C gemäß EN ISO 12100-1, Beispiele

Table 1: Relevant standards for electrotechnical equipment of thermoprocessing installations, structure according to Type A, B and C in accordance with EN ISO 12100-1, examples

Typ A – Normen (Sicherheitsgrundnormen)	
DIN EN ISO 12100	Sicherheit von Maschinen – Grundbegriffe, allgemeine Gestaltungsleitsätze (Ersatz für DIN EN 292) Teil 1–2
DIN EN 1050	Sicherheit von Maschinen – Leitsätze zur Risikobeurteilung
DIN EN 61508 / VDE 0803	Funktionale Sicherheit sicherheitsbezogener elektrischer/elektronischer/programmierbarer elektronischer Systeme Teil 1–7
Typ B – Normen (Sicherheitsgrundnormen, Sicherheitsgruppennormen)	
Typ B1 Normen:	
DIN EN 60204-1/VDE 0113 Teil 1	Sicherheit von Maschinen – Elektrische Ausrüstung von Maschinen – Teil 1
EN 50156-1	Elektrische Ausrüstung von Feuerungsanlagen, Teil 1
DIN EN 954-1	Sicherheit von Maschinen – Sicherheitsbezogene Teile von Steuerungen, Teil 1
prEN ISO 13845-1 DIN EN ISO 13849-2	Sicherheit von Maschinen – Sicherheitsbezogene Teile von Steuerungen, Teil 1–2
(DIN EN 60439-1/ VDE 0660 Teil 500)	(Niederspannungs-Schaltgerätekombination; Teil 1 mit Typ B1 vergleichbar, jedoch in dieser Norm nicht spezifiziert)
Typ B2 Normen:	
DIN EN 418	Sicherheit von Maschinen; NOT-AUS-Einrichtungen, funktionelle Aspekte; Gestaltungsleitsätze
Typ C – Normen (Maschinensicherheitsnormen / Produktnormen)	
DIN EN 746 (DIN EN 298)	Industrielle Thermoprossanlagen – Teil 1, 2 und 3 (Feuerungsautomaten für Gasbrenner und Gasgeräte mit oder ohne Gebläse, mit Typ C vergleichbar, jedoch in dieser Norm nicht spezifiziert)

der Richtlinien müssen vom Steuerungs-bauer/Maschinenhersteller berücksichtigt und umgesetzt werden.

Vertragliche Vereinbarungen zwischen Hersteller und Betreiber einer Thermoprossanlage

Die in den EU-Richtlinien festgelegten grundlegenden Anforderungen stellen Mindestanforderungen an die elektrische Ausrüstung einer Thermoprossanlage dar. Entscheidend für die konkrete Umsetzung aller Anforderungen an die Ausführung der elektrischen Ausrüstung einer Thermoprossanlage sind die vertraglichen Vereinbarungen zwischen den Vertragspartnern Hersteller und Betreiber einer Thermoprossanlage. Über die grundlegenden Anforderungen hinausgehende betreiberspezifische Anforderungen können beispielsweise in Werksnormen spezifiziert werden, auf welche dann vertraglich verwiesen wird.

Normenstruktur nach EN ISO 12100, Sicherheit von Maschinen (Ersatz für DIN EN 292)

Der Hauptzweck von ISO 12100 besteht darin, Konstrukteuren einen Gesamtüberblick und einen Leitfaden zu geben, um ihnen die Herstellung von Maschinen zu ermöglichen, die für ihre bestimmungsgemäße Verwendung sicher sind. Der Begriff der Sicherheit von Maschinen betrachtet die Fähigkeit einer Maschine, ihre vorgesehenen Funktionen während ihrer Lebensdauer auszuführen, wobei das Risiko hinreichend verringert wurde. Für die elektrotechnische Ausrüstung von Thermoprossanlagen zeigt **Tabelle 1** relevante Normen

Verweise zwischen Normen

Verweise von der DIN EN 746-2 auf anderen Normen:

Die „DIN EN 746-2 Industrielle Thermoprossanlagen, Teil 2: Sicherheitsanforderungen an Feuerungen und Brennstoffführungssysteme“ verweist bezüglich der elektrischen Ausrüstung/Verdrahtung auf die „DIN EN 60204-1/VDE 0113 Teil 1 Sicherheit von Maschinen – Elektrische Ausrüstung von Maschinen“ und bezüglich der Ausführung der Flammenüberwachungseinrichtung auf die „DIN EN 298 Feuerungsautomaten für Gasbrenner und Gasgeräte mit oder ohne Gebläse“. Weitere Orientierung sowie wertvolle Hilfestellungen bezüglich der elektrotechnischen Ausrüstung von Thermoprossanlagen werden in der „EN 50156-1 Elektrische Ausrüstung von Feuerungsanlagen“ gegeben, da hier insbesondere auf die Anforderungen von Feuerungsanlagen eingegangen wird.

Verweise von anderen Normen auf die DIN EN 61508 Teil 1-7:

Einige neue Normen, die in letzter Zeit veröffentlicht worden sind, verweisen auf die „DIN EN 61508-Teil 1-7/VDE 0803 Teil 1-7 Funktionale Sicherheit sicherheitsbezogener elektrischer/elektronischer/programmierbarer elektronischer Systeme“. Diese internationale Norm, die aus den Teilen 1-7 besteht, behandelt jene Gesichtspunkte, die zu betrachten sind, wenn elektrische/elektronische/programmierbar elektronische Systeme (E/E/PES) zur Ausführung von Sicherheitsfunktionen eingesetzt werden. Die Norm verwendet als technischen Rahmen das Modell des gesamten Sicherheitslebenszyklus eines Produktes von der Herstellung über die Anwendung bis hin zur Entsorgung. Hardware und Software werden separat betrachtet. Diese internationale Norm verwendet einen auf dem Risiko basierenden Lösungsansatz für die Festlegung der Anforderungen der so genannten Sicherheits-Integritätslevel SIL.

Auf die DIN EN 61508 wird beispielsweise verwiesen in der „DIN EN ISO 12100-Teil 1-2 Sicherheit von Maschinen – Grundbegriffe, allgemeine Gestaltungsleitsätze“, der „DIN EN ISO 13849 Sicherheit von Maschinen – Sicherheitsbezogene Teile von Steuerungen“ sowie in der „EN 50156-1 Elektrische Ausrüstung von Feuerungsanlagen“.

Harmonisierte Normen

Europäische Normen bekommen nach der Veröffentlichung im Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaft den Status „Harmonisierte Norm“. Harmonisierte Normen sind danach ohne Änderungen in nationale Normen zu übernehmen. In harmonisierten Normen ist niedergelegt, wie nach dem derzeitigen Stand der Technik die grundlegenden Anforderungen der EU-Richtlinien erfüllt werden können (Tabelle 2). Die Übereinstimmung von Produkten mit harmonisierten Normen lässt die Übereinstimmung mit den grundlegenden Anforderungen der EU – Richtlinien vermuten.

Konformitätserklärung

Hersteller von Maschinen (Thermoprozessanlagen) müssen durch das Ausstellen einer Konformitätserklärung die Richtlinienkonformität und damit die Gesetzeskonformität (gemäß GPSG) ihrer Maschine bescheinigen. Normen haben keine Gesetzeskraft, ihre Anwendung ist freiwillig, aber dennoch empfehlenswert. Dem Hersteller steht es frei, ob er bei der Fertigung seiner Produkte auf harmonisierte Normen zurückgreift oder auf andere Art die festgelegten Anforderungen der EU-Richtlinien erfüllt. Der Vorteil der Herstellung von Produkten gemäß den harmonisierten europäischen Normen ist jedoch, dass damit automatisch eine Vermutung der Übereinstimmung mit den europäischen Richtlinien

Tabelle 2: Harmonisierte Normen für die Elektrotechnische Ausrüstung von Thermoprozessanlagen
Table 2: Harmonised standards for electrotechnical equipment of thermoprocessing installation

Harmonisierte Normen zur Maschinenrichtlinie:	
DIN EN 60204-1/ VDE 0113 Teil 1	Sicherheit von Maschinen – Elektrische Ausrüstung von Maschinen, Teil 1
DIN EN 954-1	Sicherheit von Maschinen – Sicherheitsbezogene Teile von Steuerungen, Teil 1
DIN EN 746	Industrielle Thermoprozessanlagen, Teil 1, 2 und 3
Harmonisierte Normen zur Niederspannungsrichtlinie:	
DIN EN 60204-1/ VDE 0113 Teil 1	Sicherheit von Maschinen – Elektrische Ausrüstung von Maschinen, Teil 1
DIN EN 60439-1/ VDE 0660 Teil 500	Niederspannungs-Schaltgerätekombinationen; Teil 1
Harmonisierte Normen zur Gasgeräte richtlinie:	
DIN EN 298	Feuerungsautomaten für Gasbrenner und Gasgeräte mit oder ohne Gebläse

entsteht (siehe GPSG, § 4 Abs. 2). Aus diesem Grund ist die Anwendung harmonisierter Normen immer ratsam. Das Heranziehen von harmonisierten EU Normen ist eine Teilrisikoanalyse.

Risikoanalyse, Risikobeurteilung

Maschinen und Anlagen beinhalten aufgrund ihres Aufbaus und ihrer Funktionalität Risiken. Die Maschinenrichtlinie verlangt von Herstellern für jede Maschine eine Risikobeurteilung und gegebenenfalls eine Risikominderung, bevor die Maschine gebaut wird (siehe Maschinenrichtlinie 98/37/EWG, Anhang 1). Zur Risikoanalyse und Risikobewertung sind unter anderem folgende Normen anzuwenden:

- DIN EN ISO 12100 Teil 1-2 Sicherheit von Maschinen – Grundbegriffe, allgemeine Gestaltungsleitsätze
- DIN EN 1050 Sicherheit von Maschinen – Leitsätze zur Risikobeurteilung

Steuerungskonstruktion, Sicherheit und Zuverlässigkeit

In der Maschinenrichtlinie 98/37/EG werden im Anhang 1 Grundlegende Sicherheits- und Gesundheitsanforderungen bei Konzipierung und Bau von Maschinen beschrieben. In Punkt 1.2.1 Sicherheit und Zuverlässigkeit von Steuerungen wird gefordert: Steuerungen sind so zu konzipieren und zu bauen, dass sie sicher und zuverlässig funktionieren und somit keine gefährlichen Situationen entstehen. Insbesondere müssen sie so konzipiert und gebaut sein, dass sie den zu erwartenden Betriebsbeanspruchungen und Fremdeinflüssen standhalten und Fehler in der Logik zu keiner gefährlichen Situation führen können.

Die hier zitierten grundlegenden Anforderungen legen fest, dass die elektrotechnische Ausrüstung einer Thermoprozessanlage Betriebsbeanspruchungen und Fremd-

einflüssen standhalten muss (Verfügbarkeit der Thermoprozessanlage) und Fehler in der Logik nicht zu gefährlichen Situationen führen dürfen (Sicherheit der Thermoprozessanlage). Für den Steuerungskonstrukteur stellt sich jedoch die Frage, wie diese Anforderungen praktisch in Schaltpläne, Hardwareauswahl und Softwareprogrammierung umgesetzt werden können.

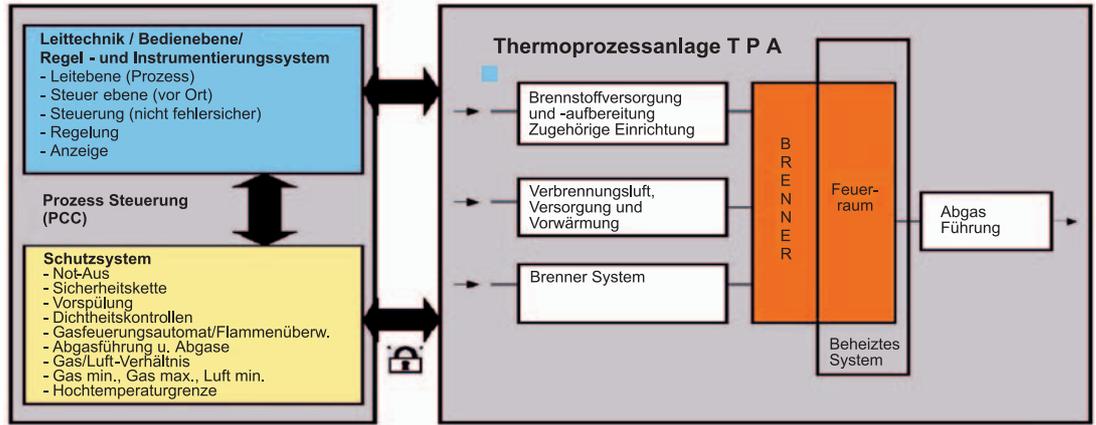
Alle die Sicherheit der Anlage bedingenden Systeme müssen so konstruiert sein, dass im Falle ihres Versagens ein sicherer Zustand erhalten bleibt (siehe DIN EN 746-2, 5.1 Allgemeines). Wertvolle Hilfestellungen bezüglich der Konstruktion der elektrotechnischen Ausrüstung von Thermoprozessanlagen werden in der „EN 50156-1 Elektrische Ausrüstung von Feuerungsanlagen“ gegeben, da hier insbesondere auf die Anforderungen von Feuerungsanlagen eingegangen wird. Gegenwärtig trägt die Veröffentlichung dieser Norm noch die Bezeichnung prEN einer Vor-Norm. Die Schlussabstimmung zu dieser Norm ist jedoch bereits im Jahre 2004 erfolgt, die Norm ist ratifiziert und damit als gültige EN-Norm angenommen worden. Die Veröffentlichung der EN 50156-1 wird in den nächsten Monaten erwartet.

In Bild 1 der EN 50156-1 wird ein Beispiel für den Zusammenhang von Feuerung mit zugehörigen Einrichtungen, beheiztem System, Leittechnik und Schutzsystem dargestellt. Dieses Bild zeigt den Signalaus-tausch zwischen den Komponenten der elektrischen Ausrüstung einer Thermoprozessanlage. Eine vereinfachte Darstellung der Zusammenhänge zeigt **Bild 4**.

Die Prozess-Steuerung der Thermoprozessanlage (PCC – Process Control Cabinet) besteht aus den beiden Steuerungsteilen Leittechnik (blau dargestellt) und Schutzsystem (gelb dargestellt). Diese Unterteilung ist eine funktionale. Die Steuerungsfunktionen Leittechnik und Schutzsystem sind sehr eng miteinander verzahnt und können entweder in separater, verteilter

Bild 4: Systemaufbau einer Thermo-prozessanlage

Fig. 4: System structure of a thermo-processing installation



Hardware/Geräten wie auch in einer gemeinsam genutzten Hardware ausgeführt werden.

Die **Thermoprozessanlage TPA** besteht aus Brennstoffversorgung, Verbrennungsluftversorgung, Brennersystem, Feuerraum / Beheiztes System und Abgasführung. Im Steuerungsteil Leittechnik werden Funktionen gesteuert wie z.B.: Leitebene (Prozess), Steuerebene (Vor Ort), Steuerung nicht sicherheitsrelevanter Funktionen, Regelungen und Anzeige/Bedienung/Visualisierung.

Der Steuerungsteil Schutzsystem steuert sicherheitsrelevante Funktionen wie z.B.: Not Aus, Sicherheitskette (sicherheitsrelevante Limits), Vorspülung, Dichtheitskontrollen, Gasfeuerungsautomat/Flammenüberwachung, Abgasführung und Abgase, Brennstoff/Luftverhältnis, Gas min., Gas max., Luft min., Hochtemperaturgrenze und Überwachung sonstiger Sicherheitsbedingungen.

Zwischen der Thermo-prozessanlage und der Leittechnik der Prozesssteuerung findet der Signalaustausch der betrieblichen Signale statt. Zwischen der Thermo-prozessanlage und dem Schutzsystem der Prozesssteuerung erfolgt der sicherheitsrelevante Signalaustausch (durch Schloss gekennzeichnet). Das Schutzsystem und die Leittechnik tauschen ebenfalls Signale aus.

Begriffe aus prEN 50156-1, Schlusssentwurf September 2003 Elektrische Ausrüstung von Feuerungsanlagen Teil 1: Bestimmungen für Anwendungsplanung und Errichtung

Schutzeinrichtung, 3.39

Sicherheitsgerichtete Steuer- und Schalteinrichtungen, die Signale von Signalgebern, Begrenzern und anderen Überwachungsgeräten erhält.

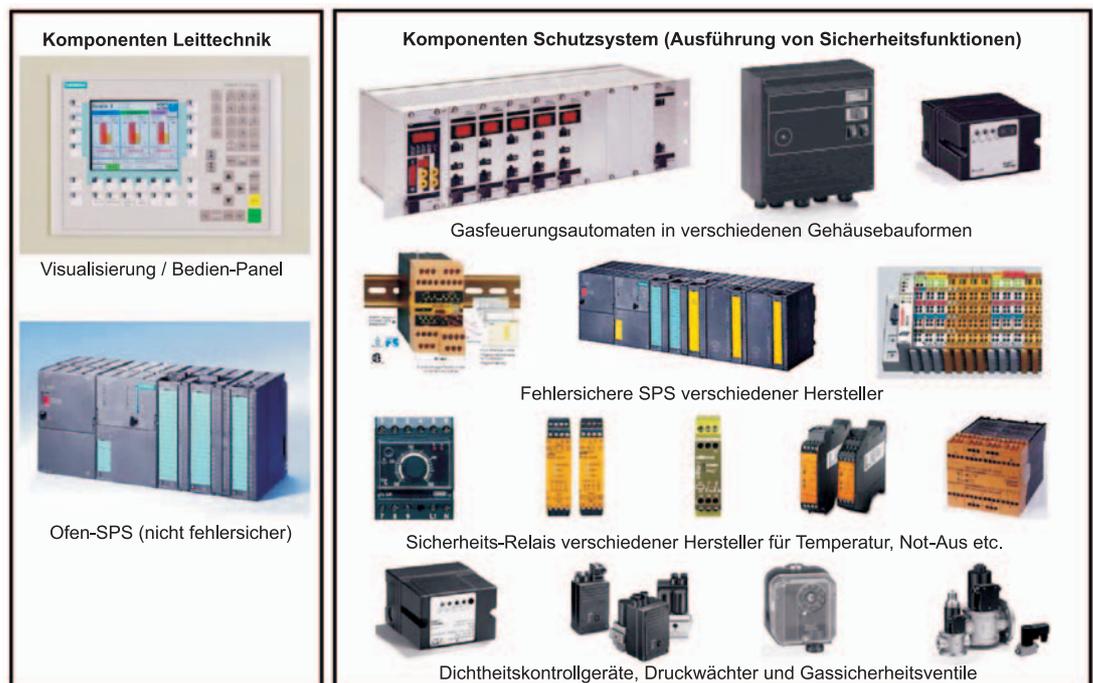
Schutzsystem, 3.40

Alle Einrichtungen, Geräte und Sicherheitsstromkreise, deren Hauptzweck dem Schutz von Personen, der Anlage und der Umwelt dient. Das System beinhaltet alle Komponenten, die zur Ausführung der Sicherheitsfunktionen erforderlich sind, zum Beispiel Signalgeber, die sicherheitsrelevanten Größen (z. B. Flammenüberwachung) verarbeiten, Geräte für die Unterbrechung der Brennstoffzufuhr, die Belüftung des Feuerraumes und den Schutz des beheizten Systems.

Sicherheitsgerät, 3.41

Jedes einzelne Gerät, das dazu benutzt wird, sicherheitsgerichtete Funktionen entweder vollständig oder als Teil eines Schutzsystems (z. B. Signalgebern, Begrenzer, Flammenwächter, Brennersteuergeräte gemäß EN 298, Logiksystem, Stellgeräte, Brennstoffschnellschlussventile usw.) auszuführen.

Bild 5: Elektrische Ausrüstung von Thermo-prozessanlagen, Steuerungskomponenten für Leittechnik und Schutzsystem



Programmierbare elektronische Ausrüstung

Die ordnungsgemäße Konstruktion einer Prozess-Steuerung kann unvorhersehbares und potentiell gefährdendes Verhalten einer Thermoprozessanlage vermeiden.

Eine Steuerung, die eine programmierbare elektronische Ausrüstung enthält (z. B. programmierbare Steuergeräte), kann für die Umsetzung von Sicherheitsfunktionen bei Maschinen verwendet werden. Setzt man eine programmierbare elektronische Steuerung ein, ist der Zusammenhang deren Leistungsanforderungen und den Anforderungen an die Sicherheitsfunktionen zu berücksichtigen. D. h. es ist abzuwägen, ob eine nicht fehlersichere oder eine fehlersichere SPS eingesetzt werden kann. Die programmierbare elektronische Steuerung muss so konstruiert sein, dass die Wahrscheinlichkeit von zufälligen Ausfällen der Hardware und von systematischen Ausfällen, die die Leistung der sicherheitsbezogenen Steuerfunktion(en) beeinträchtigen können, ausreichend gering ist. Wenn eine programmierbare elektronische Steuerung eine Überwachungsfunktion ausübt, muss das Systemverhalten im Falle des Erkennens eines Fehlers berücksichtigt werden (siehe DIN EN ISO 12100-2, 4.11.7 Sicherheitsfunktionen, die durch programmierbare elektronische Steuerungen umgesetzt werden).

Im **Bild 5** sind dargestellt Komponenten der Leittechnik für Steuerung und Visualisierung sowie Komponenten des Schutzsystems, wie z.B. Gasfeuerungsautomaten zur Flammenüberwachung, Geräte zur Dichtheitskontrolle, Druckwächter und Gassicherheitsventile. Der Steuerungskon-

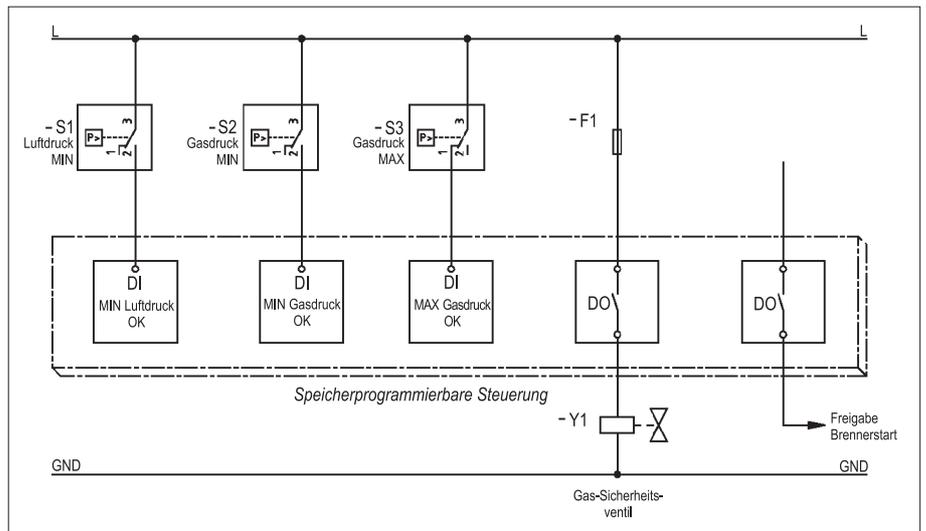


Bild 6: Schaltungsbeispiel Sicherheitskette, nicht fehlersicher
Fig. 6: Example circuit for safety interlocks, not fail-safe

strukteur wählt die für Leittechnik und Schutzsystem benötigten Komponenten aus und verknüpft sie durch Programmierung und Verdrahtung zu einer funktionalen Einheit, der Prozess-Steuerung der Thermoprozessanlage. Da die Einteilung der Funktionen in Leittechnik oder Schutzsystem im Rahmen der Risikobeurteilung erfolgt, ist die Einbeziehung des Steuerungskonstruktors in das Verfahren der Risikobeurteilung zu empfehlen.

Beispiele für die Verschaltung von Sicherheitsfunktionen

Die Verwendung fehlersicherer Geräte/Steuerungskomponenten allein, wie zum Beispiel die Verwendung fehlersicherer

Gasfeuerungsautomaten und Sicherheitsventile für das Schutzsystem, bedeutet noch nicht automatisch, dass damit auch die Steuerung der Thermoprozessanlage sicher ist. Entscheidend für die Konstruktion einer sicheren Anlagensteuerung ist neben der Verwendung sicherer Geräte/Steuerungskomponenten auch eine entsprechende, bestimmungsgemäße Verschaltung der Sicherheitsfunktionen. Im Folgenden wird anhand von Schaltungsbeispielen gezeigt, welche Fehler bei der Verschaltung von Sicherheitsfunktionen in der Praxis der Steuerungskonstruktion auftreten und wie diese vermieden werden können, damit keine Gefährdungssituationen entstehen. Allerdings haben die hier gezeigten

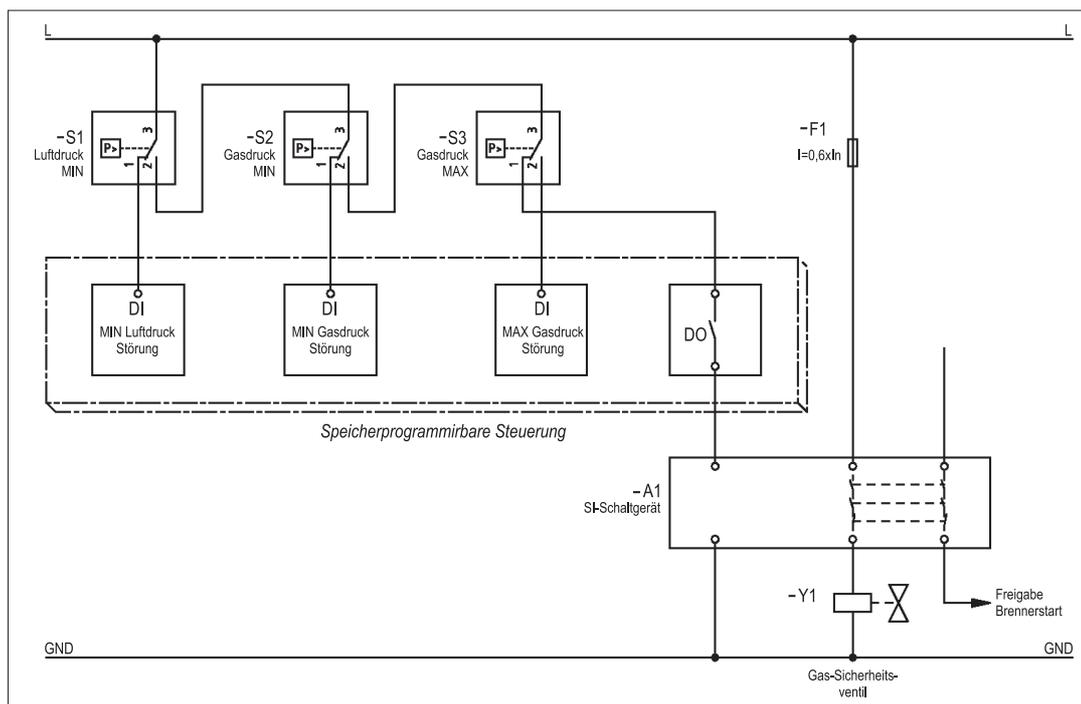


Bild 7: Schaltungsbeispiel Sicherheitskette, fehlersicher
Fig. 7: Example circuit for safety interlocks, fail-safe

Schaltungsbeispiele lediglich Beispielfunktion und müssen ggf. bei Anwendung entsprechend der jeweiligen Applikation modifiziert werden.

Im Beispiel erfolgt die Verschaltung der Druckwächter für Gas/Luftdruck und eines zentralen Gas-Sicherheitsventils direkt und ausschließlich mit einer nicht fehlersicheren SPS (Bild 6). Fehler/Defekte an der SPS können unsichere Zustände verursachen. Beispielsweise könnte durch einen Hardwaredefekt an der SPS ein Eingangssignal nicht korrekt erkannt oder ein Ausgangssignal nicht abgeschaltet werden. Dadurch könnte bei einem Druckabfall von Gas/Luftdruck eine Sicherheitsabschaltung des Gas-Sicherheitsventils verhindert werden und somit eine Gefährdungssituation entstehen.

Im Beispiel erfolgt (Bild 7) die Verschaltung der Druckwächter für Gas/Luftdruck und eines zentralen Gas-Sicherheitsventils einerseits mit einer nicht fehlersicheren SPS. Zusätzlich ist hier jedoch eine Reihenschaltung aus den OK-Signalen der Druckwächter und eines SPS Ausgangs auf ein Sicherheitsrelais realisiert. Das Sicherheitsrelais schaltet das Gas-Sicherheitsventil. Ein Hardwaredefekt an der SPS (Eingangssignal nicht korrekt erkannt oder Ausgangssignal nicht abgeschaltet) würde bei einem Druckabfall von Gas/Luftdruck eine Sicherheitsabschaltung des Gas-Sicherheitsventils nicht verhindern, da die Reihenschaltung der Signalkette das Sicherheitsrelais deaktiviert, das Gas-Sicherheitsventil schließt.

Im Beispiel (Bild 8) erfolgt die Verschaltung des fehlersicheren Ventilausgangs V1 des Gasfeuerungsautomaten über ein nicht fehlersicheres Relais auf das Gas-Sicher-

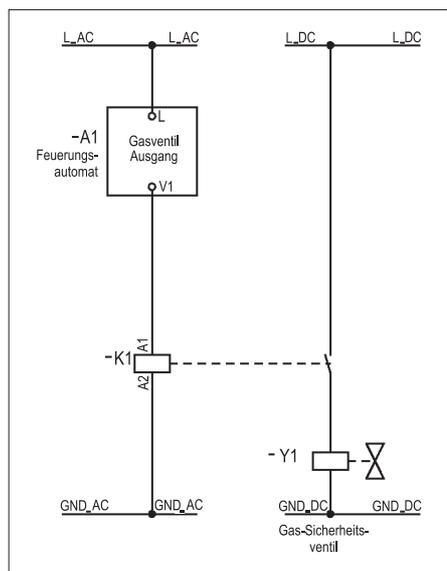
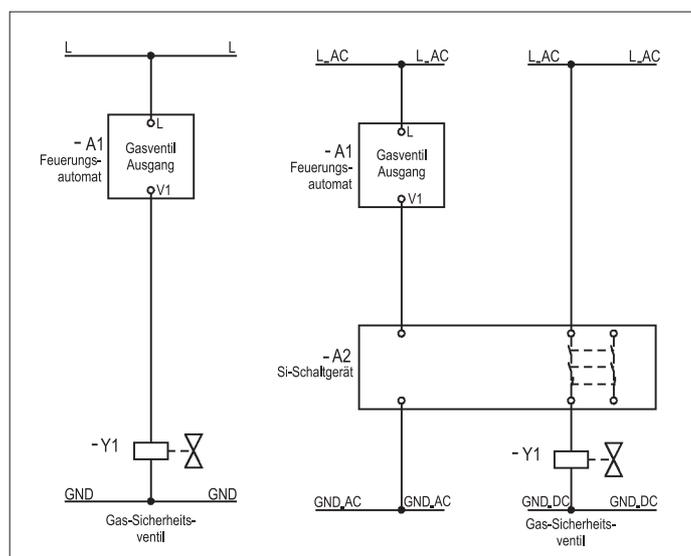


Bild 8: Schaltungsbeispiel Ansteuerung Gasventil, nicht fehlersicher

Fig. 8: Example circuit for gas valve control, not fail-safe

Bild 9: Schaltungsbeispiel Ansteuerung Gasventil, fehlersicher

Fig. 9: Example circuit for gas valve control, fail-safe



heitsventil. Fehler/Defekte am Relais können unsichere Zustände verursachen. Beispielsweise könnte durch ein nicht Öffnen des Relaiskontaktes bei einer Sicherheitsabschaltung des Gasfeuerungsautomaten eine Sicherheitsabschaltung des Gas-Sicherheitsventils verhindert werden und somit eine Gefährdungssituation entstehen.

Im Beispiel (Bild 9) erfolgt die Verschaltung des fehlersicheren Ventilausgangs V1 des Gasfeuerungsautomaten direkt bzw. über ein fehlersicheres Sicherheitsrelais auf das Gas-Sicherheitsventil. Bei einer Sicherheitsabschaltung des Gasfeuerungsautomaten wird direkt bzw. über das Sicherheitsrelais eine Sicherheitsabschaltung des Gas-Sicherheitsventils vorgenommen, das Gas-Sicherheitsventil schließt.

In diesem Beispiel erfolgt die Verschaltung des fehlersicheren Ventilausgangs V1 des Gasfeuerungsautomaten über eine nicht fehlersichere SPS mittels Feldbus und SPS Ausgangskarte auf das Gas-Sicherheitsventil (Bild 10). Fehler/Defekte an der SPS/Feldbus können unsichere Zustände verursachen. Beispielsweise könnte durch einen Hardwaredefekt an der SPS ein Eingangssignal nicht korrekt erkannt oder Ausgangssignal nicht abgeschaltet werden. Dadurch könnte bei einer Sicherheitsabschaltung des Gasfeuerungsautomaten eine Sicherheitsabschaltung des Gas-Sicherheitsventils verhindert werden und somit eine Gefährdungssituation entstehen.

Im Beispiel (Bild 11) erfolgt die Verschaltung des fehlersicheren Ventilausgangs V1 des Gasfeuerungsautomaten über eine

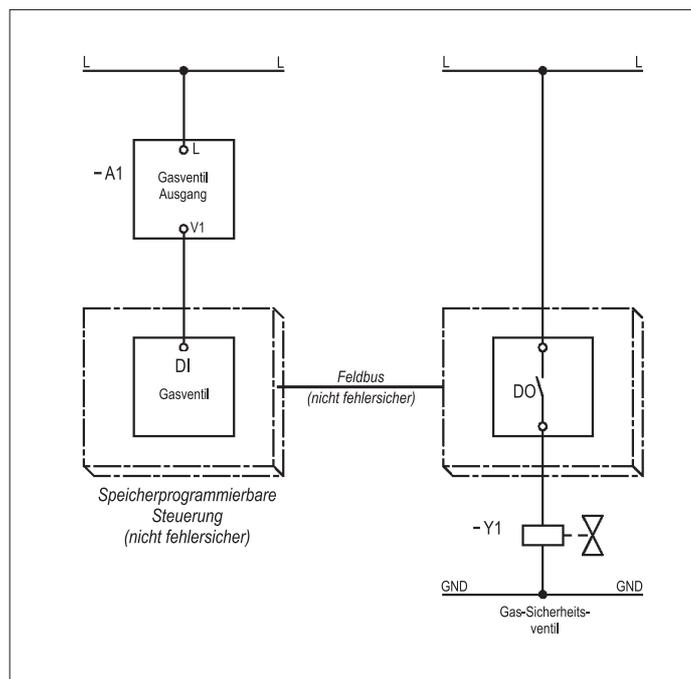


Bild 10: Schaltungsbeispiel Ansteuerung Gasventil über Feldbus, nicht fehlersicher

Fig. 10: Example circuit for gas valve control via field bus, not fail-safe

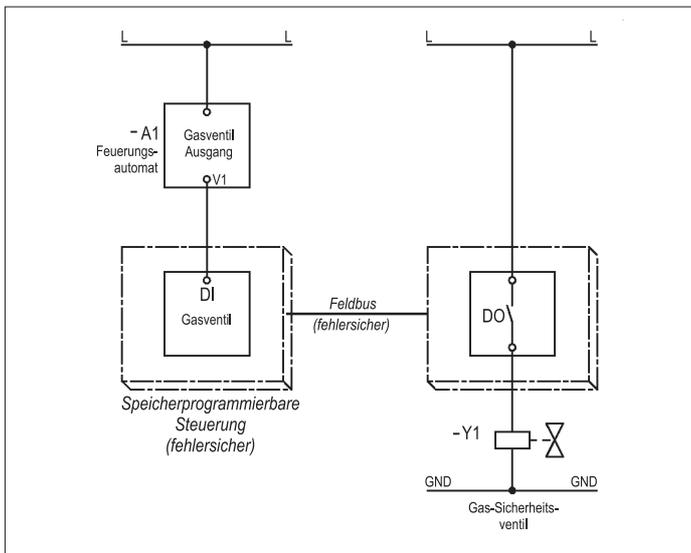


Bild 11: Schaltungsbeispiel Ansteuerung Gasventil über Feldbus, fehlersicher
Fig. 11: Example circuit for gas valve control via field bus, fail-safe

fehlersichere SPS mittels fehlersicherem Feldbus und fehlersicherer SPS Ein-/Ausgangskarte auf das Gas-Sicherheitsventil. Ein Fehler/Defekt an der fehlersicheren SPS/Feldbus würde von der SPS selbst erkannt und zu einer Abschaltung führen. Bei einer Sicherheitsabschaltung des Gasfeuerungsautomaten wird über die fehlersichere SPS eine Sicherheitsabschaltung des Gas-Sicherheitsventils vorgenommen, das Gas-Sicherheitsventil schließt. Eine weitere konstruktive Möglichkeit stellt die Verwendung eines felddbusfähigen Gasfeuerungsautomaten in unmittelbarer Brennernähe dar.

Funktionalität Hochtemperaturüberwachung einer Thermo-prozessanlage

An Thermoprozessanlagen, die im Hochtemperaturbereich betrieben werden, kann

es vorteilhaft sein, den Gasfeuerungsautomaten oberhalb einer entsprechenden Temperatur >750 Grad°C von Flammenüberwachung auf Temperaturüberwachung umzuschalten. Die sichere Erkennung dieses Schaltpunktes erfolgt mittels eines Temperaturwächters, der jedoch für diese Funktionalität geeignet sein muss.

Im Beispiel (Bild 12) erfolgt die Verschaltung eines nicht fehlersicheren Temperaturwächters auf den fehlersicheren Hochtemperatur-Eingang eines Gasfeuerungsautomaten, welcher fehlersicher das Gas-Sicherheitsventil schaltet. Fehler/Defekte am Temperaturwächter können unsichere Zustände verursachen. Beispielsweise könnte durch einen Defekt am Temperaturwächter die Hochtemperaturgrenze nicht korrekt erkannt werden. Dadurch könnte der Gasfeuerungsautomat noch im Niedertemperaturbereich von Flammen-

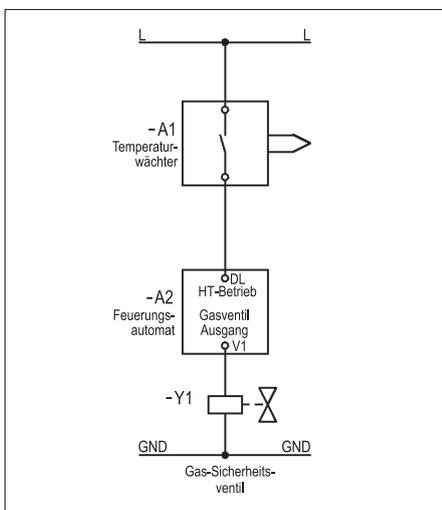


Bild 12: Schaltungsbeispiel Hochtemperaturüberwachung, nicht fehlersicher

Fig. 12: Example circuit for high temperature monitoring, not fail-safe

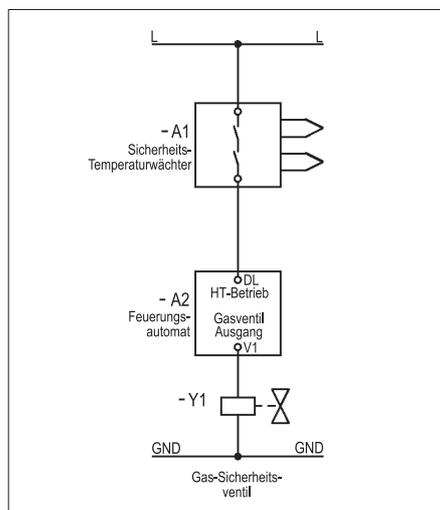


Bild 13: Schaltungsbeispiel Hochtemperatureingang, fehlersicher

Fig. 13: Example circuit for high temperature input, fail-safe

überwachung auf Temperaturüberwachung umgeschaltet werden, obwohl die Mindesttemperatur > 750 Grad°C für diese Betriebsart noch nicht erreicht ist und somit eine Gefährdungssituation entstehen.

Im Bild 13 erfolgt die Verschaltung eines fehlersicheren Sicherheits-Temperaturwächters auf den fehlersicheren Hochtemperatur-Eingang eines Gasfeuerungsautomaten, welcher fehlersicher das Gas-Sicherheitsventil schaltet. Ein Fehler/Defekt am Sicherheits-Temperaturwächter würde vom Gerät selbst erkannt und zu einer Unterbrechung des Hochtemperatursignals zum Gasfeuerungsautomaten führen. Dieser würde in der Betriebsart Flammenüberwachung verweilen bzw. in diese zurückschalten und somit weiterhin den sicheren Brennerbetrieb mit Flammenüberwachung gewährleisten.

Gas-Luft-Verhältnisregelung

Der Luftmassenstrom muss zum Gasmassenstrom immer in einem Verhältnis stehen, das sicherstellt, dass im gesamten Betriebsbereich eine stabile und sichere Verbrennung an jedem einzelnen Brenner aufrechterhalten wird (siehe DIN EN 746-2, Abs. 5.2.3.3 Luft/Gas-Verhältnis). Übliche Realisierungen der Gas/Luft-Verhältnisregelung sind:

1. Mechanische/Pneumatische Systeme
 - pneumatischer Gleichdruckregler
 - Kurvenscheibe
2. Elektronische Gas-Luft-Verhältnisregelung/-steuerung (hohe Flexibilität)
 - Einkanalige nicht fehlersichere Lösung
 - Einkanalige nicht fehlersichere Lösung mit zusätzlicher Überwachung (z. B. O₂)
 - Zweikanalige Lösung (Redundanz)
 - Fehlersichere Regelung mit fehlersicherer SPS

Die Forderung nach hoher Flexibilität der Gas/Luft-Verhältnisregelung führt häufig zur Anwendung von elektronischen Komponenten/Geräten. Die elektronische Gas-Luft-Verhältnisregelung muss das Gas-Luft-Verhältnis in einer genügend genauen Art und Weise regeln, so dass daraus keine gefährlichen Bedingungen innerhalb des Verbrennungsprozesses oder für die Sicherheit der Anlage entstehen (weitere Hinweise siehe DIN EN 12067-2, Gas-Luft-Verbundregelungen für Gasbrenner und Gasgeräte – Teil 2: Elektronische Ausführung).

Auch in diesem funktionalen Zusammenhang muss wieder auf die Risikobeurteilung verwiesen werden, damit Risiken minimiert und die elektrische Ausrüstung von Thermoprozessanlagen entsprechend der Schutzziele von Richtlinien und Normen sicher ausgeführt werden können.

Zusammenstellung relevanter EU-Richtlinien und Normen

Maschinenrichtlinie 98/37/EG, kodifizierte Fassung

Richtlinie des Europäischen Parlaments und des Rates zur Angleichung der Rechts- und Verwaltungsvorschriften der Mitgliedsstaaten für Maschinen, 22.06.1998

Niederspannungsrichtlinie 73/23/EWG
Richtlinie des Rates betreffend elektrische Betriebsmittel zur Verwendung innerhalb bestimmter Spannungsgrenzen (73/23/EWG), geändert durch die Richtlinie (93/68/EWG) vom 30.08.1993.

EMV Richtlinie 89/336/EWG
Richtlinie des Rates zur Angleichung der Rechtsvorschriften der Mitgliedstaaten über die elektromagnetische Verträglichkeit, 03.05.1989

Gasgeräte richtlinie 90/396/EWG
Richtlinie des Rates zur Angleichung der Rechtsvorschriften der Mitgliedstaaten für Gasverbrauchseinrichtungen, 29.06.1990

Gesetz über technische Arbeitsmittel und Verbrauchsprodukte, 09.01.2004 Geräte- und Produktsicherheitsgesetz – GPSG

DIN EN ISO 12100 – 1, April 2004
Sicherheit von Maschinen – Grundbegriffe, allgemeine Gestaltungsleitsätze
Teil 1: Grundsätzliche Terminologie, Methodologie

DIN EN ISO 12100 – 2, April 2004
Sicherheit von Maschinen - Grundbegriffe, allgemeine Gestaltungsleitsätze
Teil 2: Technische Leitsätze

DIN EN 1050, Januar 1997
Sicherheit von Maschinen – Leitsätze zur Risikobeurteilung

DIN EN 61508 / VDE 0803,
Funktionale Sicherheit sicherheitsbezogener elektrischer/elektronischer/programmierbarer elektronischer Systeme,
Teil 1: Allgemeine Anforderungen, November 2002
Teil 2: Anforderungen an sicherheitsbezogene elektrische/elektronische/programmierbare elektronische Systeme, Dezember 2002

Teil 3: Anforderungen an Software, Dezember 2002

Teil 4: Begriffe und Abkürzungen, November 2002

Teil 5: Beispiele zur Ermittlung der Stufe der Sicherheitsintegrität (safety integrity level), November 2002

Teil 6: Anwendungsrichtlinie für IEC 61508-2 und IEC 61508-3, Juni 2003

Teil 7: Anwendungshinweise über Verfahren und Maßnahmen, Juni 2003

DIN EN 60204-1 / VDE 0113 Teil 1, November 1998

Sicherheit von Maschinen – Elektrische Ausrüstung von Maschinen – Teil 1: Allgemeine Anforderungen

prEN 50156-1, Schlussentwurf September 2003

Elektrische Ausrüstung von Feuerungsanlagen,

Teil 1: Bestimmungen für die Anwendungsplanung und Errichtung

DIN EN 954-1, März 1997
Sicherheit von Maschinen – Sicherheitsbezogene Teile von Steuerungen

Teil 1: Allgemeine Gestaltungsleitsätze

prEN ISO 13849-1, Juni 2004
Sicherheit von Maschinen – Sicherheitsbezogene Teile von Steuerungen
Teil 1: Allgemeine Gestaltungsleitsätze

DIN EN ISO 13849-2, August 2003
Sicherheit von Maschinen – Sicherheitsbezogene Teile von Steuerungen
Teil 2: Validierung

DIN EN 60439-1 / VDE 0660 Teil 500, August 2000

Niederspannungs-Schaltgerätekombinationen;

Teil 1: Typgeprüfte und partiell typgeprüfte Kombinationen

DIN EN 418, Januar 1993
Sicherheit von Maschinen; NOT-AUS-Einrichtungen, funktionelle Aspekte; Gestaltungsleitsätze

DIN EN 746-1, Mai 1997
Industrielle Thermoprozessanlagen
Teil 1: Allgemeine Sicherheitsanforderungen an industrielle Thermoprozessanlagen

DIN EN 746-2, Mai 1997
Industrielle Thermoprozessanlagen
Teil 2: Sicherheitsanforderungen an Feuerungen und Brennstoffführungssysteme

DIN EN 746-3, Mai 1997
Industrielle Thermoprozessanlagen
Teil 3: Sicherheitsanforderungen für die Erzeugung und Anwendung von Schutz- und Reaktionsgasen

DIN EN 298, Januar 2004
Feuerungsautomaten für Gasbrenner und Gasgeräte mit oder ohne Gebläse

DIN EN 12067-2,
Gas-Luft-Verbundregeleinrichtungen für Gasbrenner und Gasgeräte
Teil 2: Elektronische Ausführung