F. Treptow, H. Steck-Winter

Sichere Thermoprozessanlagen*

Safe Heat Treatment Plants

Kurzfassung/Abstract

Die häufigsten Gefährdungen und Unfallursachen sind auch an Thermoprozessanlagen mechanische Risiken und Stromschlag. Spezifische Gefährdungen kommen hinzu, weil die meisten beim Betrieb von Thermoprozessanlagen verwendeten Medien zu Explosionen, Eruptionen, Bränden, Verbrennungen, Vergiftungen oder Erstickungen führen können. Die Sicherheit von Thermoprozessanlagen basiert auf den von den Herstellern bei der Konstruktion und Fertigung realisierten technischen Schutzmaßnahmen und der ergänzenden Betriebsanleitung. Der Betreiber muss eine umfeld- und einsatzspezifische Gefährdungsbeurteilung und daraus resultierend Betriebsanweisungen erstellen. Die regelmäßig durchzuführenden präventiven Maßnahmen beinhalten die Wartung, Inspektion (Prüfung auf Wirksamkeit), Instandsetzung und Modernisierung der technischen Schutzeinrichtungen, Qualifikation der Mitarbeiter, Sicherheitsunterweisungen sowie die Bereitstellung der persönlichen Schutzausrüstung. Der oberste Grundsatz dabei ist immer: Der Betrieb der Thermoprozessanlage muss sicher sein! ■

Schlüsselwörter: ATEX, EN 746, EN ISO 13849, Gefährdung, Härterei, harmonisierte Norm, Industrieofen, sicherheitsgerichtete SPS, Sicherheitstechnik, Sicherheitsnorm, Schutzgas, Schutzmaßnahme, Thermoprozessanlage, Unfallvermeidungsstrategie

The most common hazards and accident causes, also with thermoprocessing plants, are mechanical hazards and electric shock. Specific hazards accrue, because most media, used during the operation of thermoprocessing plants, can lead to explosions, eruptions, fire, burns, poisoning or suffocation. The safety of thermoprocessing plants is based on the technical protection measures, realized by the manufacturers during design and manufacturing, and the supplementary operating instruction. The operator must compile an environment - and application-specific risk assessment and create operating instructions resulting thereof. The regularly performed preventive measures include maintenance, inspection (test for effectiveness), repair and modernization of technical safety devices, qualification of staff, safety training and the provision of personal protective equipment. The main principle is always: The operation of the thermoprocessing plant must be safe! ■

Keywords: ATEX, EN 746, EN ISO 13849, hazard, heat treatment shop, harmonised standard, industrial furnace, safety related PLC, safety equipment, safety standard, protective gas, safety measure, thermoprocessing equipment, strategy of accident avoidance

Autoren/Authors: ***Dr.-Ing. Frank Treptow,*** Aichelin Service GmbH, Schultheiss-Koehle-Strasse 7, D-71636 Ludwigsburg, Frank.Treptow@aichelin.com (Kontakt/Corresponding author)

Dr. Hartmut Steck-Winter, Aichelin Service GmbH, Ludwigsburg

1 Einleitung

Seit tausenden von Jahren gibt es Thermoprozessanlagen. Seit ca. 30 Jahren haben sich die Prinzipien der Thermoprozessanlagentechnik und ihrer Gefährdungen kaum geändert. Seit ca. 20 Jahren gibt es kaum Änderungen der Sicherheitstechnik, seit 17 Jahren gelten überwiegend unveränderte Sicherheitsnormen. Trotzdem kommt es noch immer zu schweren Unfällen, auch mit Personenschäden. Das Sicherheitsbedürfnis steigt ständig und daraus ergibt sich die Forderung nach einer spezifischen, sich der Gefahrenlage anpassenden Sicherheitstechnik. Neben der gesetzlichen und moralischen Verpflichtung, die Gesundheit der Arbeitnehmer zu schützen und zu bewahren, ist das Thema Maschinensicherheit für die Anlagenhersteller und Betreiber auch eine Frage der wirtschaftlichen Vernunft. Jeder Unfall verursacht ja nicht zuletzt auch Kosten und Produktionsunterbrechungen.

Schutzeinrichtungen werden, seit es sie gibt, umgangen oder manipuliert. Die aktuelle technische Entwicklung der Sicherheitstechnik, vor allem der speicherprogrammierbaren Steuerung (SPS), bietet dort neue Möglichkeiten, wo traditionelle Sicherheitssysteme nicht genügend selektiv sind oder gar die Arbeit behindern. Wo also stehen wir, was ist zu tun?

2 Gesetzliche Anforderungen

Bei der Konstruktion und Herstellung von neuen Thermoprozessanlagen, aber auch bei deren Umbau und Modernisierung, muss man sich zuallererst mit den anzuwendenden Richtlinien, Gesetzen und Verordnungen (kurz Rechtsvorschriften) und Normen auseinandersetzen. Dabei sind verschiedene rechtliche Aspekte zu beachten. Der wichtigste, europaweit einheitlich geregelte und

* Übersichtsvortrag, gehalten von *Frank Treptow* auf dem HK2013, dem 69. HärtereiKongress, 9.-11.Oktober 2013 in Wiesbaden.

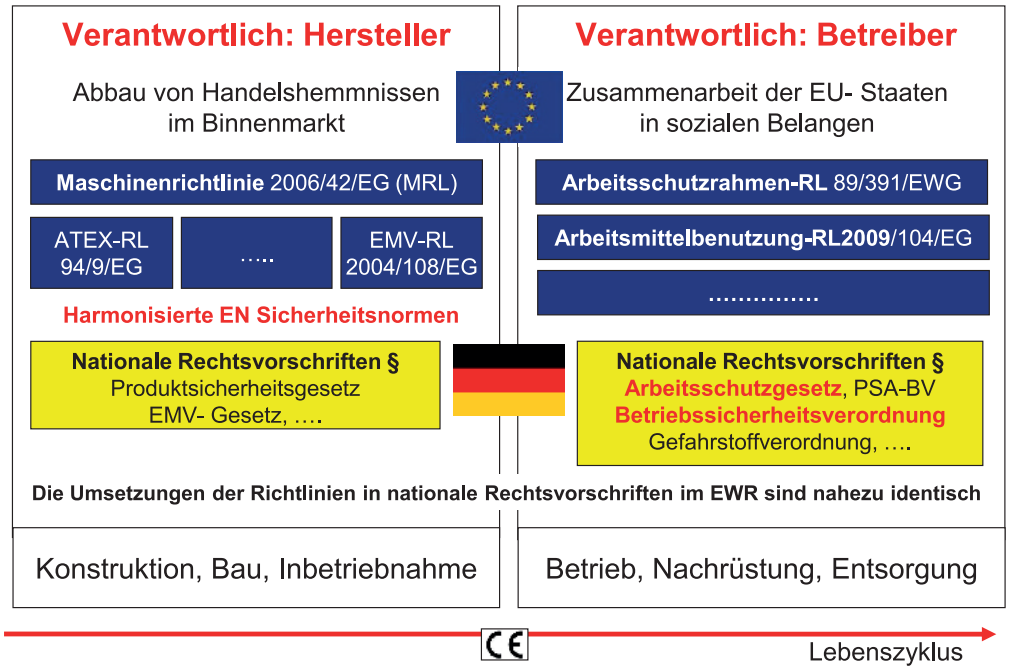

Bild 1. Gesetzliches Regelwerk zur Anlagensicherheit

Fig. 1. Legal regulations for plant safety

im Folgenden behandelte Aspekt ist der der Anlagensicherheit. Ein weiterer ist vor allem der des Umweltschutzes, in Deutschland u. a. das Wasserhaushaltsgesetz. Die Vorgehensweise ist hier weitgehend analog zur Sicherheit, unterliegt aber teils lokalen Regelungen und wird daher hier nicht vertieft.

Rechtsvorschriften definieren die Mindestanforderungen, die eingehalten werden müssen, um Mensch und Umwelt vor Schäden zu bewahren. In nationales Recht umgesetzte europäische Richtlinien, Gesetze und Verordnungen sind verbindlich. Vorsätzliche oder fahrlässige Verstöße werden bestraft, wenn eine Strafbarkeit im Gesetz bzw. in der Verordnung bestimmt ist [1]. Für alle Maschinen und Anlagen, die im Europäischen Wirtschaftsraum (EWR) in Verkehr gebracht und betrieben werden, gelten einheitliche EU-Richtlinien. Das Ziel dieser Richtlinien ist einerseits der Abbau von Handelshemmnissen und anderseits die Zusammenarbeit der EU-Staaten bei sozialen Belangen und der Arbeitssicherheit. Dabei werden grundlegende Sicherheitsanforderungen festgelegt, die sich zum einen an den Hersteller und zum anderen an den Arbeitgeber (Betreiber) richten [1]. Richtlinien gelten nicht unmittelbar, sondern müssen durch die Nationalstaaten in Gesetzen und Verordnungen in nationales Recht umgesetzt werden.

Im Bereich der Maschinensicherheit und des Arbeitsschutzes sind im Wesentlichen die in Bild 1 dargestellten Richtlinien, Gesetze und Verordnungen zu berücksichtigen. Die im Bild links aufgeführten Rechtsvorschriften richten sich an die Hersteller von Maschinen und Anlagen. Die im Bild rechts dargestellten an die Arbeitgeber bzw. die Betreiber. Hierbei gibt es einen wesentlichen Unterschied in der Umsetzung der Richtlinien: Die Sicherheitsanforderungen an die Ausführung der Produkte müssen in allen Staaten des EWR identisch sein, um den freien Warenverkehr zu gewährleisten. Bei den Anforderungen an den Betrieb gibt die EU die Mindeststandards vor, die die Mitgliedsstaaten erhöhen dürfen.

Mit der Abnahme der Anlage übernimmt der Betreiber, d. h. der Arbeitgeber der im Betrieb beschäftigten Arbeitnehmer, die Verantwortung über den weiteren Lebenszyklus. Mit den beiden Perspektiven Hersteller und Betreiber wird der Verantwortlichkeit für die Sicherheit von Maschinen und Anlagen über den gesamten Lebenszyklus Rechnung getragen.

2.1 Gesetzliche Anforderungen: Hersteller

Das grundlegende Dokument zur Sicherheit von Maschinen und Anlagen, somit auch von Thermoprozessanlagen, ist die Maschinenrichtlinie 2006/42/EG, im Folgenden kurz MRL genannt. Die MRL regelt im Wesentlichen die Pflichten der Hersteller bzw. der Inverkehrbringer bzgl. der Sicherheit von Maschinen und Anlagen. Die neunte Verordnung zum deutschen Produktsicherheitsgesetz (ProdSG), die sogenannte „Maschinenverordnung", ist nichts anderes als die Umsetzung der MRL in deutsches Recht. Das neue ProdSG gilt seit dem 1. Dezember 2011.

Die grundlegenden Sicherheitsanforderungen der MRL müssen erfüllt sein. Das bedeutet beispielsweise auch, dass konstruktionsbegleitend eine Risikobeurteilung durchgeführt werden muss, damit alle erforderlichen Maßnahmen zur Risikoreduzierung bereits bei der Konstruktion berücksichtigt werden. Zum Ende der Inbetriebnahme einer neuen Thermoprozessanlage erstellt der Hersteller in Eigenverantwortung eine Konformitätserklärung und bringt das CE-Zeichen an. Damit bescheinigt er die Einhaltung aller Vorgaben der MRL.

Neben der Maschinenrichtlinie ist regelmäßig noch die EMV-Richtlinie zu beachten, umgesetzt in deutsches Recht durch das EMV-Gesetz. Fallweise gilt noch die Druckgeräterichtlinie (14. Verordnung zum ProdSG). Die grundsätzliche Umsetzung dieser Vorschriften ist zwischen Hersteller und Kunde nicht verhandelbar, da eine Reduzierung der Sicherheit zu Lasten Dritter, der Anlagenbediener, gehen würde.

2.2 Gesetzliche Anforderungen: Betreiber

Die beiden grundlegenden Richtlinien für die Sicherheit und den Gesundheitsschutz der Beschäftigten bei der Arbeit sind die Arbeitsmittelbenutzungsrichtlinie 2009/104/EG und die Arbeits-

schutzrahmenrichtlinie 89/391/EWG. Die Richtlinien beschreiben Mindestanforderungen und allgemeine Grundsätze für die Verhütung berufsbedingter Gefahren sowie für das Minimieren bzw. Ausschalten von Risiko- und Unfallfaktoren.

Mit dem Arbeitsschutzgesetz (ArbSchG) und der Betriebssicherheitsverordnung (BetrSichV) werden die EG-Richtlinien aus dem Bereich Arbeitsschutz in deutsches Recht umgesetzt. Die BetrSichV gilt für alle Arbeitsmittel im Betrieb. Zusätzlich gelten in Deutschland vor allem die BG-Vorschriften (BGV), ergänzt durch die BG-Regeln (BGR), die Berufsgenossenschaftlichen Informationen (BGI) und die Berufsgenossenschaftlichen Grundsätze (BGG). Zunehmend werden diese BG-Vorgaben aber durch die technischen Regeln für Betriebssicherheit (TRBS) des Ausschusses für Betriebssicherheit abgelöst.

Anforderungen an Alt- und Gebrauchtanlagen im Betrieb: Bei bereits in Betrieb befindlichen Anlagen unterscheidet man zwischen Gebrauchtanlagen mit CE-Kennzeichnung, die erstmalig ab dem 01.01.1995 im EWR in Verkehr gebracht wurden und Altanlagen mit Inverkehrbringung bis zum 31.12.1994. Altanlagen müssen mindestens die Vorgaben der VDI 2046 „Sicherheitstechnische Richtlinien für den Betrieb von Industrieöfen mit Schutz- und Reaktionsgasen“ und die UVV „Kraftbetriebene Arbeitsmittel“ erfüllen. Spätestens seit dem 03.10.2002 müssen auch die Anforderungen des Anhangs 1 der BetrSichV erfüllt werden.

Gebrauchtanlagen mit CE-Zeichen müssen mindestens nach der zum Zeitpunkt der erstmaligen Bereitstellung gültigen MRL ausgeführt sein. Die jeweils aktuelle MRL findet keine Anwendung auf unverändert im EWR verwendete Gebrauchtmaschinen. Die MRL greift nur dann, wenn eine Alt- oder Gebrauchtanlage erstmalig im EWR in Verkehr gebracht wird. Eine „wesentliche Veränderung“ (s. Kapitel 7) wird jedoch ebenfalls als erstmaliges Inverkehrbringen einer Maschine angesehen.

Gibt es einen Bestandsschutz? Als Bestandsschutz wird allgemein die Sicherung einer Rechtsposition trotz nachträglich veränderter Rechtsvorschriften bezeichnet. Streng genommen kommt der Term „Bestandsschutz“ aber in den einschlägigen Rechtsvorschriften gar nicht vor.

Für Thermoprozessanlagen gibt es keinen formalen Bestandsschutz. Um den sicheren Betrieb zu gewährleisten, können Modernisierungen zwingend erforderlich sein. Welche Nachrüstungen ggf. erforderlich sind, ergibt sich, wenn eine aktuelle Gefährdungsbeurteilung, unter Berücksichtigung des Standes der Technik, Sicherheitslücken bzgl. der aktuellen Mindestanforderungen aufdeckt.

3 Entwicklung der Sicherheitsnormung

Sicherheitstechnik ist ohne Normung und Standards undenkbar. Wie sonst sollte sich der Stand der Sicherheit und Technik auch beschreiben oder gar vergleichen lassen?

3.1 Die Rolle der harmonisierten Normen

Harmonisierte Normen werden im Auftrag der Europäischen Kommission zu einer Richtlinie erarbeitet und konkretisieren die Forderungen der Richtlinie, als Hilfestellung für die Hersteller. Bei Anwendung harmonisierter Normen gilt die „Vermutungswirkung“, dass die in der Norm behandelten Anforderungen (der MRL) erfüllt sind.

Die Einhaltung von Normen ist nicht zwingend. Der Hersteller hat die Möglichkeit, gleichwertige oder bessere Lösungen einzusetzen. Er muss deren Wirksamkeit dann aber explizit nachweisen, da die Vermutungswirkung der harmonisierten Norm entfällt. Das entscheidende Kriterium der MRL ist, dass die Risiken nach dem Stand der Technik zu minimieren sind.

Wesentliche harmonisierte Normen für Thermoprozessanlagen sind beispielsweise:

- EN ISO 12100: Sicherheit von Maschinen – Allgemeine Gestaltungsleitsätze – Risikobeurteilung und Risikominderung (ehemals EN 292 T1 und T2).
- EN ISO 60204 T1: Elektrische Ausrüstungen von Maschinen – Allgemeine Anforderungen (ehemals VDE 0113-1).
- EN ISO 13849 T1: Sicherheit von Maschinen - Sicherheitsbezogene Teile von Steuerungen – Allgemeine Gestaltungsleitsätze (Weiterentwicklung der EN 954 T1).
- EN 746 T1 bis T8: Industrielle Thermoprozessanlagen – Sicherheitsanforderungen

3.2 EN 746 Industrielle Thermoprozessanlagen – Sicherheitsanforderungen

Die harmonisierten produktspezifischen Normen der EN 746-Reihe konkretisieren die Sicherheitsanforderungen für neue industrielle Thermoprozessanlagen. Wird eine Thermoprozessanlage nach den harmonisierten Normen der Reihe EN 746 konstruiert und hergestellt, kann davon ausgegangen werden, dass sie bzgl. der dort behandelten Gefährdungen den grundlegenden Sicherheits- und Gesundheitsschutzanforderungen der MRL entspricht. Diejenigen, die Thermoprozessanlagen umbauen und verändern, tun gut daran, wenn sie mit der EN 746 vertraut sind, da es andernfalls schwierig werden kann, eine angemessene und sichere technische Lösung zu finden.

Gegenüber der DIN EN 746-2 : 1997 enthält die neue (EN 746-2 : 2010) im Absatz 5.7 ein umfangreiches Kapitel mit der Überschrift „Konstruktive Anforderungen an die elektrische und elektronische Ausrüstung für Steuerungs- und Schutzsysteme“.

Die neue EN 746-2 trägt den gestiegenen Effizienzanforderungen durch die Einsatzmöglichkeit sicherheitsgerichteter Automatisierungssysteme Rechnung. Weiteres hierzu im Kapitel 3.4

3.3 EN- versus ISO-Normung

Harmonisierte EN-Normen sind zunehmend Übernahmen von ISO-Normen. Dies hat Vor-, aber auch Nachteile.

Zu den Vorteilen gehören: Die Normen sind (zumindest theoretisch) weltweit gültig. Es werden zusätzlicher Sachverstand und Erfahrungen aus anderen Regelwerken eingebracht und es gibt wesentlich mehr Sprachfassungen. Günstigerweise sind ISO-Normen häufig Weiterentwicklungen von EN- oder sogar DIN/VDE-Normen. Zu den Nachteilen gehören: Die lange überfällige Überarbeitung vieler EN-Normen erfolgt auf EU-Ebene nicht mehr. Für die (jetzt ISO-) Normen setzenden Experten erhöht sich der Aufwand erheblich. Teils konträre regionale Bedürfnisse (Japan, Europa, USA etc.) verwässern die Konzepte und die Berücksichtigung aller „ISO“-Regeln erschwert die Integration in die europäischen Regelwerke.

Bezüglich der Sicherheitsnormung von Thermoprozessanlagen ist die Überarbeitung der EN 746 de facto eingestellt. In Arbeit ist die ISO 13577 „Industrial furnaces and associated processing

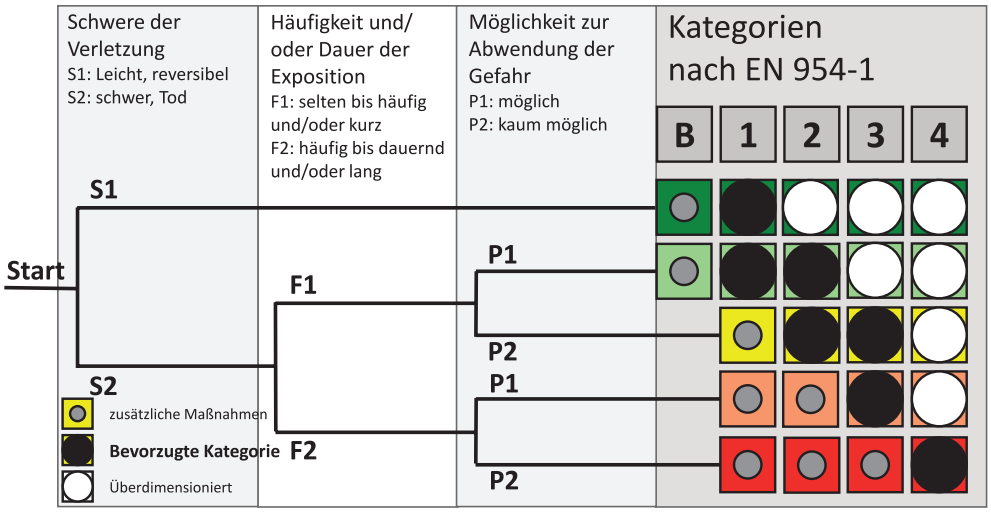

Bild 2. Risikograph und Kategorien nach EN 954-1

Fig. 2. Risk graph and categories according to EN 954-1

equipment". ISO 13577-1 als Äquivalent zur EN 746-1 ist fertiggestellt. Die Übernahme als EN ist geplant. Die Normenteile für Brenner und brennstoffführende Systeme sowie für Atmosphärenöfen sind in fortgeschrittener Bearbeitung, ebenso ein Normenteil zu den Sicherheitsfunktionen.

3.4 Normen für sichere Steuerungen

Reichen rein mechanische Vorkehrungen für den sicheren Betrieb einer Thermoprozessanlage nicht aus, müssen zusätzlich Schutzsysteme, bestehend aus Sensoren, Logik und Aktoren, eingesetzt werden. Bis vor Kurzem wurden diese sicherheitsbezogenen Teile von Steuerungen einer Maschine nach der EN 954-1 ausgelegt. Hierbei bildete, wie in Bild 2 dargestellt, ein einfaches Kategoriensystem die Grundlage.

Aus der Risikoeinschätzung ergab sich unter Berücksichtigung der Faktoren

- S: „Schwere der Verletzung",
- F: „Häufigkeit und Dauer der Gefährdungsexposition" und
- P: „Möglichkeit zur Vermeidung der Gefährdung",

direkt die erforderliche Steuerungskategorie B, 1, 2, 3 oder 4, für deren Aufbau es dann festgelegte Strukturen gab.

Risikobeurteilungen nach EN 954-1 waren also rein qualitativ. Realisiert wurden solche sichere Steuerungen fast ausschließlich verbindungsprogrammiert, d. h. mit spezieller (für Sicherheitsfunktionen geeigneter) verdrahteter Hardware.

Übergang von EN 954 zu EN 62061 bzw. ISO 13849-1: Um den Herstellern mehr Spielraum bei der Ausführung von Schutzsystemen zu geben und um das Schutzniveau verschiedener Ausführungen vergleichbar zu machen, wurde das einfache Kategoriensystem der EN 954-1 erweitert. Zusätzlich zur Struktur einer Steuerung wird jetzt u. a. auch die statistische Ausfallwahrscheinlichkeit von Bauteilen berücksichtigt werden. Hierzu wurden die Normen EN 62061 und EN ISO 13849-1 entwickelt. Diese Normen berücksichtigen jetzt auch programmierte Sicherheitssysteme [2].

Die Risikobewertung erfolgt auf unterschiedliche Art und Weise. Nach EN 62061 wird ein geforderter Sicherheitsintegritäts-Level (SIL) bestimmt, nach EN ISO 13849-1 ein erforderlicher Performance-Level (PL).

EN 62061 mit dem SIL soll komplexe Sicherheitsfunktionalität mit programmierbarer Logik ermöglichen. EN 62061 ist auf elektrische/elektronische programmierbare Systeme beschränkt. Drei SIL werden verwendet, wobei SIL 1 der niedrigste und SIL 3 der höchste Sicherheits-Integritätslevel ist. EN ISO 13849-1 ist die Nachfolgenorm der EN 954-1. Sie kann auf pneumatische, hydraulische, mechanische und elektrische/elektronische programmierbare Systeme angewandt werden. Aus den gleichen Faktoren wie beim Kategoriensystem der EN 954-1 ergeben sich nun fünf Performance-Level, von denen PLa der niedrigste und PLe der höchste ist. Die beiden Level SIL und PL können über die gefahrbringende Ausfallwahrscheinlichkeit je Stunde (PFH_D) miteinander verglichen werden (Bild 3). Ein Hersteller kann sich für eine der beiden Normen entscheiden, die beide unter der europäischen Maschinenrichtlinie harmonisiert sind. Nach Meinung der Autoren ist für Thermoprozessanlagen in der Regel die EN ISO 13849-1 besser geeignet. Bei ihrer Anwendung lassen sich die spezifischen Betriebsbedingungen der Anlagen wirkungsvoller berücksichtigen als bei Anwendung der EN 62061. Damit können überzogene Anforderungen an die Sicherheitssysteme besser vermieden werden. Es wird derzeit versucht, dies auf internationaler Ebene durchzusetzen.

Gestaltung von sicherheitsbezogenen Steuerungsteilen nach EN ISO 13849-1: Bei der Gestaltung der sicherheitsbezogenen Steuerungsteile muss der Konstrukteur zunächst das Gefährdungspotenzial ermitteln. Schadensausmaß bzw. Schwere der Ver-

PL	PFH_D	SIL
a	$\geq 10^{-5}$ bis $< 10^{-6}$	SIL -
b	$\geq 3 \times 10^{-6}$ bis $< 10^{-5}$	SIL 1
c	$\geq 10^{-6}$ bis $< 3 \times 10^{-4}$	SIL 1
d	$\geq 10^{-7}$ bis $< 10^{-6}$	SIL 2
e	$\geq 10^{-8}$ bis $< 10^{-7}$	SIL 3

Bild 3. Vergleich PL und SIL

Fig. 3. Comparison of PL and SIL

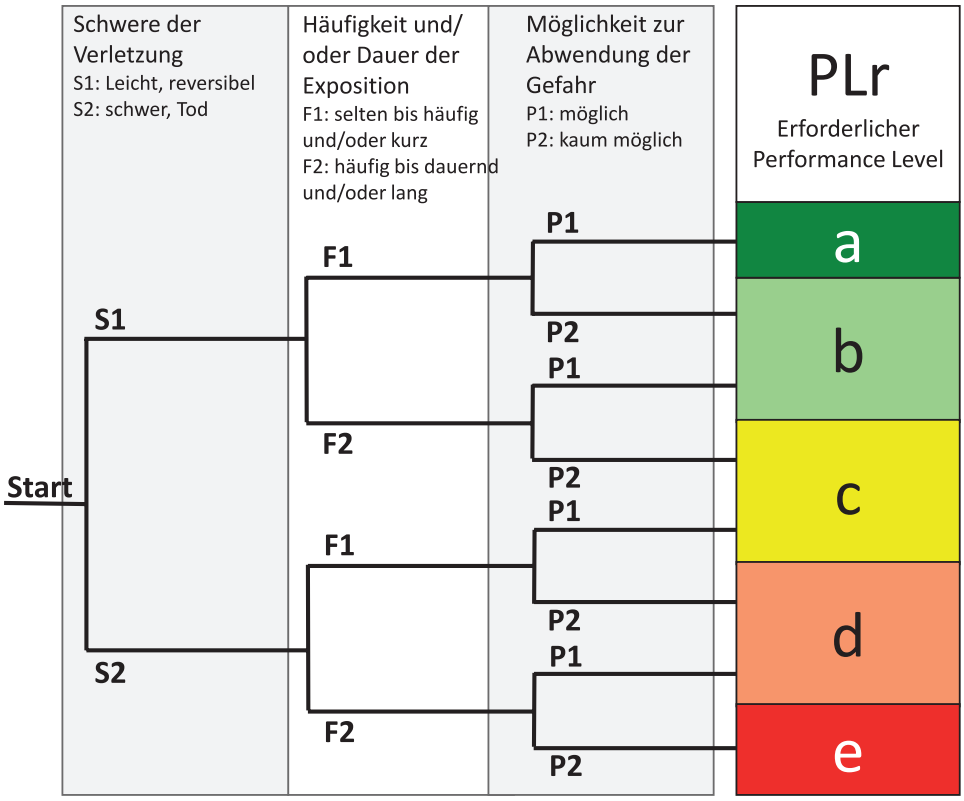

Bild 4. Risikograph und Performance Level nach EN ISO 13849-1

Fig. 4. Risk graph and performance level according to EN ISO 13849-1

letzung (S), Häufigkeit und Dauer der Gefährdungsexposition (F) und die Möglichkeit der Vermeidung der Gefährdung (P) sind die (von EN 954-1 bekannten) Eingangsgrößen einer solchen Risikoanalyse. Daraus folgt, welchen Beitrag zur Risikominderung die Steuerung leisten muss, der sogenannte „Performance Level required" (PLr). Der PLr wird definiert als die Wahrscheinlichkeit des Versagens der Steuerung über die Zeit, mit einer Einteilung von „a" (Vermeidung von unwahrscheinlichen, reversiblen und vermeidbaren Verletzungen) bis „e" (Vermeidung wahrscheinlicher, unvermeidbarer und schwerer bis tödlicher Verletzungen). Damit wird festgelegt, welcher PL erreicht werden muss, um eine mit der Norm konformen Schutzeinrichtung zu erreichen (Bild 4). Hierbei wird häufig die Möglichkeit übersehen, dass gemäß des Anhangs der EN ISO 13849 der Wert „F" (Häufigkeit und Dauer der Gefährdungsexposition) auch als „Häufigkeit der Inanspruchnahme der Sicherheitsfunktion" betrachtet werden kann. Das bedeutet, dass auch bei regelmäßigem Aufenthalt in einem Gefährdungsbereich F als „selten" eingestuft werden kann, wenn erfahrungsgemäß die Sicherheitsfunktion fast nie eingreift. Der durch eine Steuerung erzielbare PL ergibt sich aus einem Zusammenspiel der Faktoren „Kategorie" (synonym auch Architektur oder strukturelle Anforderung), „Hardware-Zuverlässigkeit", gemessen an der mittleren Zeit bis zu einem gefährlichen Ausfall (MTTFd), „Diagnosedeckungsgrad" (DC) und „Fehler gemeinsamer Ursache" (CCF). Der Diagnosedeckungsgrad (DC) quantifiziert die Wahrscheinlichkeit, dass die Steuerung eine eigene (Teil-)Fehlfunktion feststellt. Die Hardware-Zuverlässigkeit (MTTFd) der Komponentenkombination ist ebenfalls ein quantitatives Element. Die Daten hierzu müssen die Komponentenhersteller liefern. MTTFd und DC sind also quantitative Elemente. Der PL ist somit aus dem Schaltungsaufbau und den Daten dieser Komponenten berechenbar. Dazu stehen Spezialtools zur Verfügung, z. B. die kostenlose Software SISTEMA. Der so ermittelte (berechnete) PL muss dann noch mit dem erforderlichen PL verglichen werden. Wenn der ermittelte PL größer oder genauso groß wie der PLr ist, dann ist die Sicherheitsfunktion normengerecht aufgebaut.

Kritik zur EN ISO 13849-1 bzw. EN 62061: Natürlich sind Unfälle auch Statistik, insofern also Mathematik. Was die Autoren an den neuen Normen aber stört, ist, dass Sicherheit zu einem scheinbar mathematischen Problem gemacht wird. Dieser Trend wird verstärkt durch den Einsatz der Spezialsoftware zur Berechnung des PL, die buchdicke Computerausdrucke erzeugt und deren Bedienung (IT-) Spezialisten-Angelegenheit ist. Die grundlegende Betrachtung der Gefährdungen und der technischen Lösungen aufgrund von anlagenspezifischem Fachwissen, Erfahrung und gesundem Menschenverstand, insbesondere das Querdenken aus mehreren Perspektiven, könnten dabei auf der Strecke bleiben. Teilweise müssten seit vielen Jahren im Einsatz erprobte Lösungen verändert werden, weil sie den Normanforderungen formal nicht entsprechen. Hier sind das Selbstbewusstsein und die Kompetenz der Hersteller gefordert, ihre bisherigen guten Lösungen so zu dokumentieren und zu bewerten, dass sie weiterhin verwendet werden können.

Ungeachtet des etwas komplizierteren Vorgehens, das die neuen Normen mit sich bringen, steht es aber außer Frage, dass die EN 954 an den technischen Fortschritt angepasst werden musste.

4 Automatisierungstechnik für Thermoprozessanlagen

Die Erfahrung zeigt, dass Sicherheit und Effizienz immer nur dann nicht zusammenpassen, wenn beide getrennt und nacheinander betrachtet werden, wenn also die Sicherheitstechnik wie ein lästiger Rucksack aufgesattelt wird. Integrierte funktionale Sicherheit gehört

Bild 5. Fehlersichere SPS (Quelle: Siemens)

Fig. 5. Fail-safe PLC (source: Siemens)

Bild 6. Mehrzweck-Kammerofenanlage

Fig. 6. Multi-purpose chamber furnace

daher mit zu den Megatrends moderner Automatisierungstechnik [3]. Die neue EN-746-2 : 2010 „Sicherheitsanforderungen an Feuerungen und Brennstoffführungssysteme“ war insofern für Thermoprozessanlagen ein Wegbereiter. Die Verschmelzung der Automatisierungstechnik mit der Sicherheitstechnik ist seither auch bei Thermoprozessanlagen Stand der Technik.

Sichere SPS (Bild 5) können Standard- und Sicherheitsfunktionen im Mischbetrieb verarbeiten. Für die Automatisierung der Steuerungsabläufe und der Prozessregelung, aber auch der Sicherheitsfunktionen werden bei einer Sicherheits-SPS gemeinsame Hardware- und Engineering-Systeme genutzt. Dies ermöglicht Einsparungen beim Hersteller und beim Betreiber. Insbesondere aber erleichtert das Zusammenspiel aller Komponenten des Automatisierungssystems den ungehinderten Datenfluss und ermöglicht damit, frühzeitig und intelligent auf Abweichungen zu reagieren und Fehlverhalten zu erkennen. Das integrierte Zusammenspiel aus Sicherheitstechnik und Standardautomatisierung verringert dann dank besserer Diagnose und Fernservice auch etwaige Stillstandszeiten, erhöht die Verfügbarkeit und vereinfacht späteres Umrüsten und Modernisieren. Hinzu kommt, dass „nur Abschalten“ als einzige Maßnahme, um eine Anlage bei einer Störung, wie z. B. Übertemperatur, in einen sicheren Zustand zu fahren, so wie es traditionell gehandhabt wurde, nach heutigen Maßstäben definitiv zu wenig und ineffizient ist! Möglicherweise kann die Anlage unter eingeschränkten Bedingungen auch weiterhin sicher betrieben werden.

Nachteile einer fehlersicheren SPS sind, dass höher qualifiziertes Personal für die Erstellung der Software und Fehlersuche notwendig ist und dass sichere SPS für weniger komplexe Anlagen/Programmabläufe zu teuer bzw. „over engineered“ sind. Hinzu kommt, dass vernetzte elektronische Automatisierungssysteme auch böswilligen Hackerangriffen ausgesetzt sein können [3].

5 Die wichtigsten spezifischen Gefährdungen und technischen Schutzkonzepte

Die häufigsten Gefährdungen und Unfallursachen auch an Thermoprozessanlagen, beispielsweise einer Mehrzweck-Kammerofenanlage (Bild 6), sind mechanische Gefährdungen wie Quetschen, Scheren, Einziehen, Aufwickeln, gefolgt von Rutschen, Stolpern, Stürzen und insbesondere Stromschlag. Thermoprozessanlagen spezifische Gefährdungen kommen hinzu, weil die meisten beim Ofenbetrieb verwendeten Medien Komponenten enthalten, die zu Explosionen, Eruptionen, Bränden, Verbrennungen, Vergiftungen oder Erstickungen und damit zu Gefährdungen von Menschen und Einrichtungen führen können (Bild 7). Diese Gefährdungen treten zudem häufig gleichzeitig auf. Daran hat sich, wie einleitend bereits erwähnt, in den vergangenen Jahrzehnten nichts geändert.

Während die Betreiber die mechanischen und elektrischen Gefährdungen in der Regel gut selber beurteilen können, sind sie bzgl. der Thermoprozessanlagen spezifischen Gefährdungen besonders auf die Fachkenntnis und die Erfahrung der Anlagenhersteller angewiesen. Selbst wenn sich der Betreiber mit den typischen Regelwerken, z. B. der EN 746, befasst, kann nicht erwartet werden, dass er die z. T. sehr komplexen Gefährdungssituationen vollständig erfassen und die notwendigen Maßnahmen festlegen kann. Hier ist er besonders auf die Betriebsanleitung des Herstel-

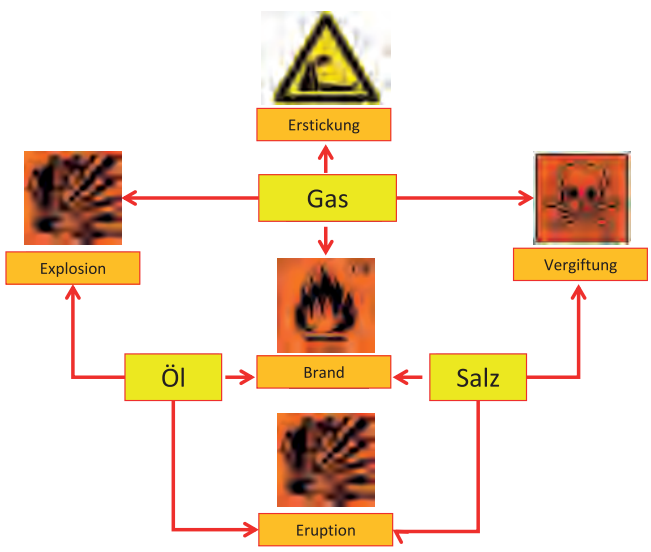

Bild 7. Härtereitypische Gefährdungen

Fig. 7. Hardening shop typical threats

Bild 8. Entstehungsdreieck der Explosionsgefahr

Fig. 8. The triangle of explosion hazard

Bild 9. Zündbrenner und Flammenschleier an einer Ofentür

Fig. 9. Pilot burner and flame curtain on a furnace door

lers angewiesen, z. B. bzgl. notwendiger Wartungen, Inspektionen und Austauschzyklen von Komponenten.

Die Erfahrung zeigt, dass Gefahren sehr häufig gleiche Ursachen haben. Sie entstehen insbesondere dann, wenn die Anlage nicht bestimmungsgemäß verwendet wird, technische Schutzmaßnahmen versagen bzw. unwirksam sind, technische Schutzmaßnahmen im Vergleich zum Stand der Technik veraltet sind, die Instandhaltung oder Prüfung unzureichend ist und dadurch Fehler nicht rechtzeitig erkannt werden, Bediener und insbesondere Instandhalter ungenügend qualifiziert oder ungenügend unterwiesen sind und sie daher im Störfall die falschen Maßnahmen ergreifen. Es ist naheliegend, dass sich Hersteller und Betreiber gleichermaßen um diese Themen kümmern müssen [1].

Die wesentlichen technischen Schutzkonzepte verfolgen dementsprechend die Vermeidung der mechanischen und elektrischen Gefahren, wie bei allen anderen Maschinen auch, und spezifisch die Verhinderungen von Explosion, Brand, Eruptionen (von Salz oder Öl oder deren Lenkung), Vergiftung und Erstickung.

Eine vollständige Übersicht der Gefährdungen und die vom Hersteller bei der Herstellung neuer Thermoprozessanlagen zu erfüllenden Sicherheitsanforderungen finden sich in der EN 746 „Industrielle Thermoprozessanlagen", Teil 1 bis Teil 8.

Sehr gute praxisorientierte Beschreibungen der Gefahren und der empfohlenen Schutzmaßnahmen für die Betreiber von Thermoprozessanlagen hat der Fachausschuss 8 der AWT erarbeitet. Diese finden sich u. a. in den „Sicherheitstechnischen Empfehlungen der AWT für den Betrieb von Industrieöfen mit Schutzgasatmosphären" [4]. Aber auch die BGHM stellt gute Informationen z. B. in der Druckschrift „Gefahren beim Betrieb von ausgewählten Abschreckbädern in der Härterei" [5] zur Verfügung.

Da die Nennung jeder einzelnen Gefährdung und der Schutzmaßnahmen den Rahmen dieses Aufsatzes bei Weitem überschreiten würde und es auch bereits eine Reihe von Publikationen zu diesem Thema gibt, wird im Folgenden nur auf die größten und häufigsten härtereitypischen Risiken und deren Vermeidung eingegangen.

5.1 Explosionsgefahr – zündfähige Gemische verhindern

Explosionen können eintreten, wenn, wie in Bild 8 dargestellt, ein brennbarer Stoff, Sauerstoff, ein Mischungsverhältnis innerhalb der Zündgrenzen und eine Zündquelle von ausreichender Zündenergie vorhanden sind [4]. Die Explosionsgefahr steigt mit den brennbaren Bestandteilen, zunehmender Ofen- bzw. Schleusengröße und in kalten und geschlossenen Räumen. Da Zündquellen an Thermoprozessanlagen allgegenwärtig sind und auch praktisch unvermeidbar, müssen Explosionen durch die Vermeidung der Bildung zündfähiger Gemische mit den nachstehenden Maßnahmen verhindert werden:

Sichere Zündung durch Temperatur des Anlagenteils über 750 °C: Oberhalb der „Sicherheitstemperatur 750 °C" (festgelegt u. a. in der EN 746-3) reagiert Sauerstoff in jeder Konzentration mit allen brennbaren Gasen ebenfalls unabhängig von der Konzentration (also auch außerhalb der „Zündgrenzen"). Das heißt, oberhalb der Sicherheitstemperatur findet immer eine spontane Reaktion statt, bevor ein gefährliches Gemisch entstehen kann. Oberhalb der Sicherheitstemperatur sind daher auch Atmosphärenwechsel ohne Spülen möglich und das Eindringen von Luft in Anlagenteile mit brennbaren Gasen muss nicht verhindert werden.

Der Umkehrschluss, dass unterhalb dieser (gemessenen) Temperatur keine Zündung stattfindet, ist allerdings falsch. Der Wert 750 °C hat einen Sicherheitsabstand zu allen Zündtemperaturen. Temperaturunterschiede zum Thermoelement von mehr als 100 K an einigen Stellen innerhalb eines Anlagenteils beim Abkühlen sind immer möglich. Damit kann sich z. B. eine Rußablagerung in einer Ecke beim Öffnen eines Ofens bei angezeigten 400 °C entzünden und der Brand ggf. auf Öl in einem Abschreckbad oder einer Öl-Tasse übergreifen.

Sichere Zündung an Anlagenteilen unterhalb der Sicherheitstemperatur: Wenn durch das Öffnen von Türen Luft in „kalte" Schleusen gelangen kann, in denen brennbare Gase vorhanden sind, oder wenn das Risiko des Eindringens von Luft durch Druckschwankungen in „kalte" Anlagenteile besteht, muss das so entstehende Gasgemisch gezündet werden, bevor ein zündfähiges Gemisch entsteht. Dies geschieht beispielsweise, wenn eine Schleusentür geöffnet wird, mit Hilfe eines Zünders (siehe Bild 9), der sicherstellt, dass das brennbare Gas verbrennt, bevor sich in der Schleuse ein zündfähiges Gasgemisch bilden kann. Zündquellen können u. a. sein: Zündbrenner, Flammschleier, Durchzündöffnungen aus dem heißen Ofenraum, elektrische Zündquellen. Wichtig: Zündquellen haben nur einen begrenzten Wirkungsbereich!

Spülen oder Evakuieren: Bei vielen Thermoprozessanlagen sind in einigen Betriebszuständen, bzw. auch bei Störungen, weder eine Temperatur oberhalb der Sicherheitstemperatur noch sichere Zündquellen zur „rechtzeitigen Zündung" vorhanden. In diesen Fällen, aber teilweise auch aus Qualitätsgründen, wird dann oft gespült oder evakuiert.

Spülen mit Luft ist eine übliche Schutzmaßnahme, um eventuell ungewollt vorhandene brennbare Gase zu entfernen, beispiels-

weise die Luftvorspülung des Brennraums und der Abgasleitungen vor dem Zünden von Gasbrennern. Achtung: Bei geplantem Vorhandensein brennbarer Gase ist Luftspülung ausdrücklich keine geeignete Schutzmaßnahme!

Spülen mit Inertgas erfolgt häufig zur Erhöhung der Sicherheit beim Atmosphärenwechsel, also beim Wechsel von einer Atmosphäre mit brennbaren Gasen zu einer Atmosphäre mit Sauerstoff oder umgekehrt. Spülen mit Stickstoff, zum Herstellen eines sicheren Anlagenzustandes bei Störungen (die typische Fail-Safe-Stickstoffsicherheitsspülung) ist bei modernen Gasaufkohlungsanlagen Stand der Technik.

Alternativ zur Spülung mit Inertgas kann man einen „kalten Raum" mit Vakuumpumpen auch evakuieren, beispielsweise beim Wechsel von einer Schleusenatmosphäre mit brennbaren Gasen zu einer Atmosphäre mit Sauerstoff oder umgekehrt. Diese vergleichsweise teure Schutzmaßnahme wird häufig bei Nitrieranlagen eingesetzt; manchmal auch, um den Verbrauch von Inertgas oder die Prozessdauer zu reduzieren.

Druck und Begasungs-Volumenstrom überwachen: Bei der Begasung mit brennbaren Gasen in sogenannten Atmosphärenöfen verhindert ein Überdruck das Eindringen von Sauerstoff in den Ofenraum. Damit kann die Bildung zündfähiger Gemische auch bei Temperaturen unter 750 °C verhindert werden. Der gewünschte Überdruck wird dabei oft mit einem Drucksensor überwacht bzw. auch registriert. Ein Druckverlust kann dann auch auf das unkontrollierte Austreten brennbarer und giftiger Gase hindeuten. Bei prozessbedingter Unterschreitung des Mindestdrucks kann kontrolliert Gas eingespeist werden.

Bauartbedingt kann, beispielsweise bei offenen Anlagen ohne Schleusen und damit ohne nennenswerten Druckaufbau, bei denen nicht alle Anlagenteile immer oberhalb der Sicherheitstemperatur betrieben werden, die Vermeidung eines zündfähigen Gemisches weder über eine Druck- noch über eine Temperaturüberwachung sichergestellt werden. Ersatzweise kann hier ein überwachter, ausreichender Begasungsvolumenstrom eine wirksame Schutzmaßnahme gegen das Eindringen von Luft sein. In der Praxis ist dies aber die unsicherste Maßnahme.

Kombination von Schutzmaßnahmen: Werden Schutzmaßnahmen kombiniert und von separaten Sicherheitssystemen überwacht, z. B Druck und Sicherheitstemperatur, können aufgrund dieser Redundanz die Anforderungen an die einzelnen Sicherheitssysteme reduziert werden.

Anmerkung zur ATEX (Richtlinie 1999/92/EG): Wie bereits oben ausgeführt, muss beim Betrieb von Öfen immer mit dem Vorhandensein von Zündquellen gerechnet werden. Deswegen muss durch geeignete Sicherheitsmaßnahmen vorrangig dafür gesorgt werden, dass sich keine zündfähige Atmosphäre bilden kann [4]. Die Vermeidung der Zündung zündfähiger Gemische ist daher in der Regel kein Sicherheitskonzept für Thermoprozessanlagen gemäß EN 746. Sie fallen daher nicht unter die Explosionsschutzrichtlinie ATEX. Dies wird ausdrücklich durch den entsprechenden Leitfaden des VDMA bestätigt, dessen Gültigkeitsbereich aktuell explizit auf Prozessgaserzeuger erweitert wird [6].

5.2 Herausschleudern von Salz und Öl aus Bädern verhindern oder lenken

Eruptionsgefahr besteht, wenn Härtesalz oder Härteöl Wasser enthalten. Wasser kann beim Einbringen des heißen Gutes schlagartig verdampfen. Der unkontrollierte Eintrag von Wasser und anderen Materialien muss daher verhindert werden. Während Wasser in Ölbädern grundsätzlich vermieden werden soll, können geringe Gehalte in Salzbädern zur Erhöhung der Abschreckwirkung bewusst eingestellt werden.

Auch Ruß oder Öl in Salzbädern können durch plötzliche Reaktion zu CO und CO_2 zu Eruptionen führen.

Hohlkörper (z. B. Hohlprofile für Senkbühnen) müssen in Salzbädern vermieden werden, weil sich in ihnen z. B. durch eingedrungenes Wasser ein sehr hoher Druck aufbauen kann.

Ursachen einer Eruption können, vermutlich sogar häufiger, auch Verpuffungen oder Explosionen in anderen Anlagenteilen sein, deren Druckwelle sich in Öl- oder Salzbäder ausbreitet.

Bäder und Öffnungen an Bädern sollten grundsätzlich so gestaltet sein, dass im Falle einer Eruption Salz und Öl möglichst von Personen abgelenkt werden. Auch sind z. B. Nachfüllöffnungen so abzudecken, dass im Falle einer Eruption durch sie kein Medium in Arbeitsbereiche geschleudert wird.

5.3 Ölbrandgefahr

Ölbrandgefahr besteht, wenn sich Härteöl an Luft an einer Wärmequelle entzündet! Abschrecköle entwickeln beispielsweise brennbare Dämpfe, wenn sie durch heißes Gut über ihren Flammpunkt erhitzt werden. Die brennbaren Dämpfe können mit Luft zündfähige Gemische bilden und durch das heiße Gut gezündet werden [4]. Wasser im Öl kann zum Aufschäumen des Öls führen.

In der Praxis besteht Ölbrandgefahr häufig auch in Abluftkanälen (die Zündung erfolgt oft durch die Fackel) oder in Anlassöfen durch eingeschleppte Öle (wenn die Anlasstemperatur über den Flammpunkt des Öls eingestellt wird) und durch die Vermischung von Schmutz mit Öl, besonders in entleerten Ölbädern oder in der Umgebung von Ölbädern.

Ohne Luft gibt es auch kein Brandrisiko. Das heißt, in integrierten Härtebädern mit Luftabschluss gibt es kein Brandrisiko. Ein häufig vorkommender Störfallklassiker in Mehrzweckkammerofenanlagen ist aber, dass im Falle einer Störung durch eine manuell ausgelöste Türöffnung der Luftabschluss aufgehoben wird. Brandrisikofaktoren sind offene Ölhärtebäder (kein Luftabschluss), lokale Überhitzung (Ausfall der Ölumwälzung) und besonders ungenügende Reinigung (brennbarer Stoff, wo er nicht sein sollte).

5.4 Vergiftung oder Erstickung

Beim Ofenbetrieb ergeben sich Gefährdungen insbesondere durch Stoffe wie Kohlenmonoxid, Stickstoff, Ammoniak, Propan, Methanol u. a. Vom Kohlenmonoxid geht die größte Gefahr aus, weil es in hoher Konzentration im häufig eingesetzten Endogas enthalten und bereits in geringer Konzentration gefährlich ist.

Praktisch alle Gasaufkohlungsanlagen sind konstruktiv bedingt undicht! Der Austritt von Prozessgas muss aber soweit wie möglich begrenzt werden. Wartung und Inspektion von Dichtungen, beispielsweise an Türen oder Montageöffnungen, dürfen daher niemals vernachlässigt werden.

Prozessbedingt aus der Anlage austretende CO-haltige Gase müssen sicher verbrannt und abgeführt werden, um die Entstehung unzulässiger CO-Konzentrationen im Arbeitsbereich zu vermeiden.

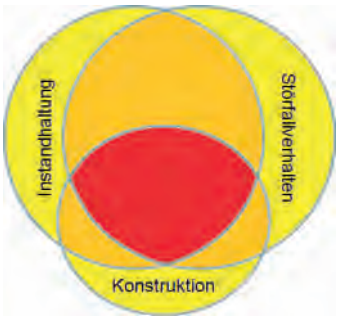

Bild 10. Zusammenwirken der häufigsten Unfallursachen

Fig. 10. Interaction of the most common causes of accidents

Räume, in denen Öfen betrieben werden, müssen zwingend ausreichend be- und entlüftet werden. Es ist wichtig, immer für gute Luft zu sorgen!

Besondere Vergiftungs- und Erstickungsgefahren ergeben sich beim Begehen von Ofenräumen zu Inspektions- und Reparaturzwecken. Für diese Tätigkeiten sind spezielle Arbeits(sicherheits)anweisungen zu erstellen.

Für alle Härterei-Mitarbeiter und Instandhalter empfiehlt sich eine persönliche Schutzausrüstung, besonders Gaswarngeräte.

6 Unfallvermeidungsstrategien

Warum kommt es trotz aller technischen Vorkehrungen immer wieder zu Unfällen? Welche Ursachen tragen am häufigsten zu Unfällen mit Personengefährdung oder Verletzungen bei? Leider gibt es darüber keine härtereispezifischen Statistiken.

Bild 10 gibt aus Sicht der Autoren näherungsweise die Proportionen beim Zusammenwirken der häufigsten Unfallursachen wieder. Trotz Ausführung der Anlagen gemäß der relevanten Normen ist noch ein nennenswerter Teil der Unfälle auf nicht optimale Konstruktion und Ausführung der Anlagen zurückzuführen. Wesentlich höheren Anteil haben jedoch Versäumnisse oder Mängel bei der Instandhaltung und Bedienung sowie falsches Verhalten im Störungsfall. Dies erlaubt die Schlussfolgerung, dass die besten Methoden der Unfallverhütung regelmäßige Schulung/Unterweisung und die Vermeidung von Risiken sind!

Diese Aufteilung der Ursachen und ihr Zusammenwirken ergeben sich aus der Analyse der Begleitumstände vieler Unfälle. Dies sind fehlendes Wissen, Gefährdung nicht erkannt, Kommunikationslücken, unzureichende Qualifikation, stressbedingte Fehlentscheidungen, Übermüdung und mangelhafte Fitness des Bedien- oder Instandhaltungspersonals.

6.1 Unfallvermeidungsstrategien: Hersteller

Die wichtigste Voraussetzung beim Hersteller zur Unfallvermeidung ist die Beherrschung der Sicherheitstechnik der Anlage. Dazu gehört auch eine wirklich vollständige Risikobeurteilung (ggf. auch mit der vertraglichen Verpflichtung, dass der Betreiber Einsicht in diese nehmen kann).

Bei der Risikobeurteilung sind Fachwissen und Erfahrung der Ausführenden in hohem Maße gefordert. Selbst die formale Beachtung der Sicherheitsnormen führt wegen der hohen Komplexität mancher Anlagen nicht zwingend zu einer sicheren Ausführung. Mit Spezialsoftware erzeugte Computerausdrucke der Ausfallwahrscheinlichkeiten ersetzen niemals Erfahrung und Sachverstand.

Die Erfahrung zeigt auch, dass die Verwendung bewährter und geprüfter konstruktiver Hersteller-Standards eine wichtige Voraussetzung für sichere Anlagen ist. Dazu gehört auch die organisatorische Absicherung, dass kreative Konstrukteure nicht mit bester Absicht bewährte Lösungen „optimieren“ (Management of Change) und dabei Risiken übersehen. In allen Unterlagen sollten die sicherheitsrelevanten Komponenten gekennzeichnet sein; in der Betriebsanleitung ist dies nach MRL verpflichtend.

Unterlieferanten müssen in diese Systematik eingebunden werden.

Der Hersteller hat die Pflicht zur Produktbeobachtung und muss die Betreiber ggf. auf neu erkannte Gefahren auch nach Abnahme der Anlagen hinweisen.

Empfehlenswert ist auch, dass der Hersteller Sicherheitsschulungen als produktergänzende Dienstleistung anbietet.

6.2 Unfallvermeidungsstrategien: Betreiber

Die Maßnahmen zum Erhalt der Sicherheit und zur Vermeidung von Unfällen über die Nutzungsdauer im Betrieb kann man sich als ein Haus mit sechs Säulen vorstellen (Bild 11) [1]. Das Haus steht auf dem gemeinsamen Fundament der vom Hersteller realisierten technischen Schutzmaßnahmen mit der Betriebsanleitung und der vom Betreiber zu erstellenden Gefährdungsbeurteilung

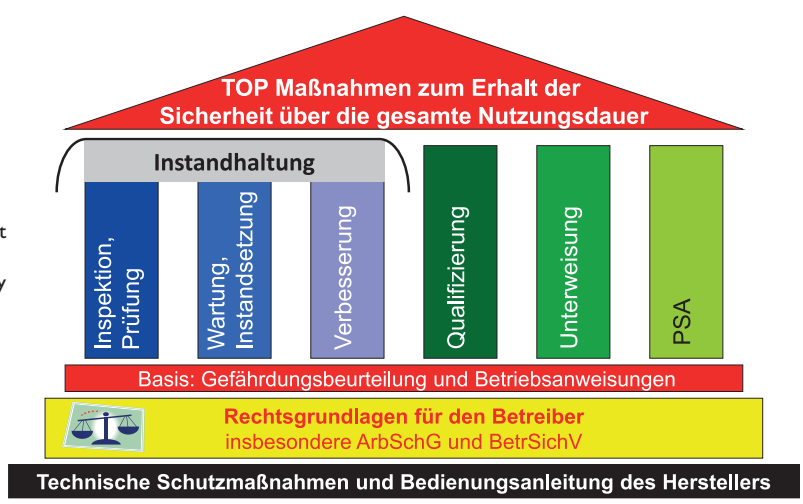

Bild 11. Maßnahmen zum Erhalt der Sicherheit

Fig. 11. Measures to maintain safety

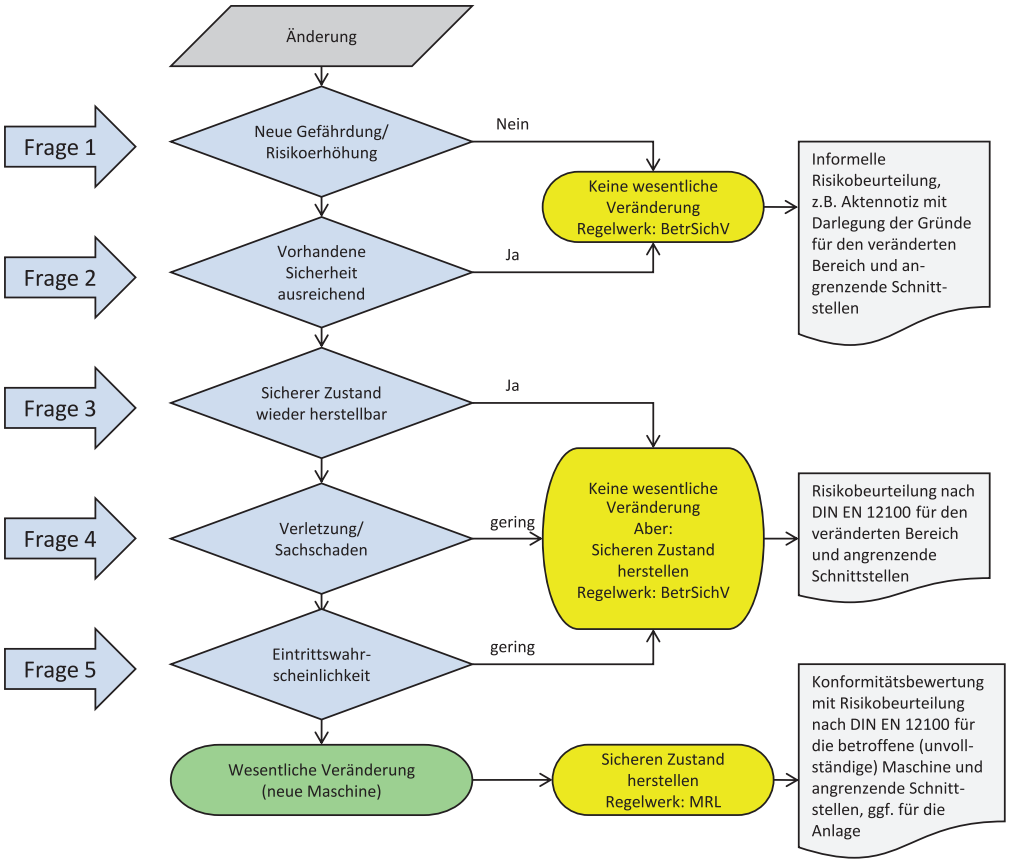

Bild 12. Vorgehensweise zur Risikobeurteilung einer Veränderung

Fig. 12. Risk assessment of a change

und Betriebsanweisungen, mit denen den spezifischen Umgebungs- und Einsatzbedingungen Rechnung getragen wird. Die darauf aufbauenden sechs Säulen stehen für die Inspektion/Prüfung, Wartung/Instandsetzung und Modernisierung der Anlage sowie die Qualifizierung, Unterweisung und Ausstattung mit PSA des Betreiberpersonals. Der Umfang und die Ausführung dieser Maßnahmen, besonders bezüglich Schulungen, Trainings und Unterweisungen für die Bediener und Instandhalter sowie der regelmäßigen Inspektionen/Prüfungen, werden aus der Gefährdungsbeurteilung abgeleitet!

Besonders wichtig sind regelmäßige Sicherheitsunterweisungen und Trainings zur Störungsbehebung. Diese Aktivitäten sind soweit als möglich an den Anlagen durchzuführen.

Die Instandhaltung aller Sicherheitseinrichtungen ist mindestens gemäß den Vorgaben des Herstellers in der Bedienungsanleitung durchzuführen. Die daraus abgeleiteten Arbeitsanweisungen müssen ernst genommen und durchgesetzt werden.

Während des Betriebs und besonders bei Störungen sollte man sich grundsätzlich von Gefahrenstellen fernhalten. Es reicht meistens, wenn sich bei einer Störung eine Person im Gefahrenbereich aufhält.

7 Umbau und Modernisierung

Bei der sehr langen Lebensdauer von Thermoprozessanlagen wird der größere Teil der Anlagen wahrscheinlich nicht mit den aktuellen Regelwerken und Normen, bzw. dem heutigen Stand der Sicherheitstechnik konform sein. Die Anforderungen und Vorgehensweise bei einem Umbau oder Modernisierung einer Thermoprozessanlage werden umfänglich im Fachaufsatz „Rechtssicheres Retrofit“ dargestellt [7]. Umbauten und Modernisierungen ändern meistens nichts am formalen (Sicherheits-) Status, unabhängig davon, ob die Anlage ein CE-Zeichen hat oder nicht. Es genügt, wenn die Anlage nach dem Umbau bzw. der Modernisierung wieder sicher ist. Dies wird bei einer Risikobeurteilung der Veränderung (Bild 12) festgestellt. Diese Risikobeurteilung ist bei jeder Änderung durchzuführen.

Im Sinne dieser Risikobeurteilung nicht wesentliche Veränderungen sind vor allem: fachgerechte Instandsetzung unter Verwendung artgleicher Teile, Veränderungen, bei denen allenfalls eine zusätzliche „einfache“ Schutzeinrichtung erforderlich ist, sowie alle Veränderungen zur Erhöhung der Sicherheit. Bei allen nicht wesentlichen Veränderungen genügt eine Wiederherstellung der Sicherheit nach den Vorschriften der BetrSichV.

Nur wenn von einem Arbeitsmittel nach einer Veränderung ein höheres Gefahrenpotenzial ausgeht (Frage 1), die vorhandenen sicherheitstechnischen Maßnahmen nicht ausreichen (Frage 2) und sich auch nicht durch einfache trennende Schutzeinrichtungen wiederherstellen lassen (Frage 3), dann muss, wenn sowohl die Schwere der möglichen Verletzung (Frage 4) als auch die Eintrittswahrscheinlichkeit hoch sind (Frage 5), von einer wesentlichen Veränderung ausgegangen werden. Nur in diesem Fall muss zunächst das geänderte Arbeitsmittel das Konformitätsbewertungsverfahren nach MRL durchlaufen, entsprechend den Anforderungen in der MRL aufgerüstet werden und entweder als unvollständige Maschine eine (neue) Einbauerklärung erhalten oder als vollständige Maschine eine (neue) Konformitätserklärung. Darüber hinaus muss ggf. untersucht werden, ob die Veränderungen auch wesentlich im Hinblick auf die Gesamtheit der Anlage sind. Wenn dies der Fall ist, dann muss die gesamte Anlage das

Konformitätsbewertungsverfahren durchlaufen und eine (neue) CE-Erklärung erstellt werden.

Eine Risikobeurteilung muss bei jeder Veränderung bestehender Arbeitsmittel durchgeführt werden. Gefordert ist eine Auflistung der Gefahren und eine Beschreibung der Lösungen zur Gefahrenverhütung, es gibt jedoch keine Vorgaben hinsichtlich Form und Inhalt. Die Ausführung der Risikobeurteilungen sollte sich an der Beantwortung der in Bild 12 dargestellten Fragen orientieren. Dabei gilt der Grundsatz: „Risikobeurteilung ist Teamarbeit".

Führt ein Anlagenbetreiber einen Umbau an seiner Anlage selber durch, ist er auch dafür verantwortlich und wird, beispielsweise wenn die Veränderung wesentlich ist, zum Hersteller einer neuen Maschine nach MRL. Vergibt der Anlagenbetreiber Arbeiten, sollte die Zuständigkeit für die formale Anlagensicherheit vertraglich geregelt werden, sonst bleibt auch hier der Betreiber evtl. für die Rechtsfolgen verantwortlich. Nach einem Umbau oder einer Modernisierung muss der Betreiber in jedem Fall seinen gesetzlichen Verpflichtungen, u. a. der Überarbeitung der Gefährdungsbeurteilung, nachkommen.

8 Fazit

Die Gefährdungen und Unfallursachen haben sich in den vergangenen Jahrzehnten nicht geändert. Dies macht sie aber nicht geringer! Rechtsvorschriften definieren die verbindlichen Mindestanforderungen, die eingehalten werden müssen, um Mensch und Umwelt vor Schäden zu bewahren. Unsicherheit hat keinen Bestandsschutz. Der Hersteller baut vernünftigerweise die Sicherheitstechnik neuer Anlagen auf harmonisierten Normen auf und sollte dabei den Blick auf das Wesentliche behalten. Sicherheit ist keine Mathematikaufgabe! Sicherheitsgerichtete SPS ermöglichen ein durchgängiges Engineering für Standard- und sicherheitsgerichtete Steuerungsteile und damit eine neue, höhere Qualität und Integration der Sicherheitsfunktionen in die Anlagensteuerung. Der Betreiber muss über die gesamte Betriebszeit seiner Anlagen die Gefährdungen beurteilen und auch nicht sichtbare Gefahren (z. B. Vergiftungsgefahren) im Auge behalten sowie die Anlagen instandhalten, Sicherheitseinrichtungen prüfen und seine Beschäftigten unterweisen und schulen. Modernisierungen nach dem Stand der Technik sind durchzuführen.

Das Verhüten von Unfällen darf nicht als eine Vorschrift des Gesetzes aufgefasst werden, sondern als ein Gebot menschlicher Verpflichtung und wirtschaftlicher Vernunft (Werner von Siemens, 1880).

Literatur

1. *Steck-Winter, H.; Treptow, F.:* Sicherer Betrieb von Thermoprozessanlagen mit Schutzgasatmosphären. GWI *59* (2010) 4, S. 250-262
2. *Hauke, M. u. a.:* Funktionale Sicherheit von Maschinensteuerungen – Anwendung der DIN EN ISO 13849. BGIA-Report 2/2008, Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung, 2008
3. *Steck-Winter, H.:* Sichere Thermoprozessanlagen 2.0. GWI (2012) 5, S. 74-80
4. *AWT* (Hrsg.): Sicherheitstechnische Empfehlungen für den Betrieb von Industrieöfen mit Schutzgasatmosphären. AWT – Arbeitsgemeinschaft Wärmebehandlung und Werkstofftechnik e.V., Bremen/Wiesbaden, 1999
5. *Schmid, W.:* Gefahren beim Betrieb von ausgewählten Abschreckbädern in der Härterei. Süddeutsche Metall-Berufsgenossenschaft, Stuttgart, 2001
6. *VDMA* (Hrsg.): Leitfaden zum Explosionsschutz von Thermoprozessanlagen. VDMA, Frankfurt, 2004
7. *Steck-Winter, H.; Treptow, F.:* Rechtssicheres Retrofit von Thermoprozessanlagen. GWI (2013) 5, S. 68-72

Bibliography

DOI:10.3139/105.110228
HTM J. Heat Treatm. Mat.
69 (2014) 4; page 241-251

© Carl Hanser Verlag GmbH & Co. KG
ISSN 1867-2493