

Sicherheit in der chemisch-pharmazeutischen Industrie*

Von E. SCHNEITER

Hoffmann-La Roche & Co. AG, Basel

1. Allgemeines und Organisation

Wenn sich ein soeben promovierter Chemiker entschließt, in einem Industrieunternehmen mitzuwirken, ahnt er oft nicht, was für eine große Verantwortung er nun übernehmen wird. Während seines Studiums hatte er weitgehend nur auf sich selbst aufpassen müssen. Führten Fehlüberlegungen oder falsche Hantierungen wegen der geringen Größe der Ansätze zu glücklicherweise meist glimpflich verlaufenden kleineren Unfällen,

so traf ihn dies direkt, und er hatte darüber kaum jemandem Rechenschaft abzulegen.

Weitgehend anders sieht dagegen seine neue Situation in der Industrie aus. Da steht der Akademiker als verantwortlicher Vorgesetzter entweder einem kleineren Team von Laboranten im Forschungs- bzw. Kontrolllabor vor, oder er leitet eine größere Mitarbeitergruppe eines Fabrikationsbetriebes, in den ununterbrochen Handwerker und Handlanger aus Werkstätten, Energiebetrieben und Magazinen sowie Techniker und Ingenieure und endlich Nachtmeister, Kontrolleure vom nächtlichen Chemiedienst und Securitaswächter ein- und ausdiffundieren. Dazu wirkt gravierend, daß die Ansätze vom

* Bei der Redaktion eingegangen am 6. Januar 1965. Teilweise vortragen am Symposium über Sicherheit in der chemischen Industrie, veranstaltet durch den Schweizerischen Chemiker-Verband am 6. Februar 1965 in Basel.

Forschungs- zum Kilolabor über den Pilotplant bis zum Herstellungsbetrieb stets größer werden, wodurch auch von der quantitativen Seite her zunehmende potentielle Gefahrenkräfte auftreten.

Seinen Mitarbeitern gegenüber fühlt sich der Chemiker verpflichtet, stets alles in seiner Macht Liegende zu unternehmen, um sie während der ganzen Arbeitszeit vor körperlichen Schäden zu bewahren. Dies Bewahren vor Unheil soll in erster Linie den Arbeitnehmer schützen. Aber auch der Unternehmer profitiert davon, verringern sich doch mit abnehmender Zahl der Unfälle und Schadenereignisse die ausfallende Arbeitszeit und die Produktionsunterbrüche. Eine unfallbedingte Erhöhung der Einstandspreise wird vermieden, was die Konkurrenzfähigkeit des Unternehmens begünstigt.

Noch vor einem Menschenalter waren viele Sicherheitsanforderungen ungenügend. Manches, was damals toleriert wurde, wäre heute völlig untragbar. So verlangt man jetzt vordringlich eine stetige und intensive Mitberücksichtigung der Sicherheit beim Planen und Einrichten von Bauten, internen Verkehrswegen und Fabrikationsanlagen sowie beim Betreiben von physikalischen und chemischen Arbeitsabläufen.

Daß wir noch lange nicht am Ende aller Bemühungen angelangt sind, geht sehr eindringlich aus dem Vorwort von Professor W. DAENZER, dem Direktor des Betriebswissenschaftlichen Institutes der ETH, im *Unfallverhütungskalender 1965* hervor²³, wonach «1963 unserer Wirtschaft allein durch die bei der S U V A versicherten Betriebs- und Nichtbetriebsunfälle Produktionsverluste entstanden, die der Jahresleistung eines Großbetriebes mit gegen zwanzigtausend Arbeitern entsprechen. Die Gesamtheit der Versicherungssummen erreichte 1963 500 Millionen Franken. Dabei ist zu bedenken, daß Schmerzen, menschliches Leid und Sorgen wohl kaum durch Geld abgegolten werden können.»

Noch ist es schwierig, aus statistischen Unfallangaben verschiedener Länder Vergleiche zu ziehen, solange nicht alle dieselben Berechnungsgrundlagen, z. B. bezüglich Unfallhäufigkeit, kombiniert mit Unfallschwere, benützen. Einigermaßen vergleichbare Werte bietet die Zahl der Unfälle pro 10⁶ Arbeitsstunden, wenn gleichzeitig auch der Arbeitszeitverlust mitgeteilt wird. Während die erste Zahl alle Unfälle gleichartig erfaßt, erhöht sich die zweite im allgemeinen um so stärker, je mehr schwere Unfälle auftreten, da diese meist einen längeren Arbeitsausfall bewirken. Die statistischen Zahlen verändern sich ferner erheblich, je nachdem, ob die Kader ausgeschlossen oder mit eingerechnet werden, da Vorarbeiter und Meister im allgemeinen routinierter sind und sich zudem geringeren Gefahren aussetzen, und das noch weniger oft. Zu beachten ist ferner, daß sich der prozentuale Anteil an Kader in den letzten Jahren stark erhöht hat. Ein Faktor, der ebenfalls nicht in Unfallzusammenstellungen berücksichtigt wird, betrifft die Anzahl der Apparate, die ein Mann zu bedienen hat. So betreute ein Arbeiter um 1940 meist nur einen bis zwei

Apparate, während derselbe 1965, dank der fortgeschrittenen Steuer- und Regeltechnik, öfters bis zu zehn Apparate betreibt.

Im allgemeinen nimmt die Zahl der Unfälle pro 10⁶ Arbeitsstunden in den chemischen Werken infolge der vielen Sicherheitsbemühungen stetig ab, und, was besonders erfreulich ist, die Arbeitszeitverluste sind beträchtlich geringer geworden. Dies will bedeuten, daß die Unfälle für den einzelnen weniger gravierend geworden sind. Interessanterweise hat sich das Verhältnis der Nichtbetriebs- zu den Betriebsunfällen in den letzten Jahren umgekehrt, so daß die Arbeitszeitverluste in einigen Werken für 1963 z. B. folgendermaßen lauten:

47% durch Betriebsunfälle,
53% durch Nichtbetriebsunfälle.

An letzteren sind vor allem Verkehr, Sport, Hobby und Do-it-yourself-Reparaturen in der Privatsphäre beteiligt.

In Westdeutschland haben nach dem *Technischen Jahresbericht 1963*²² die Arbeitsunfälle um 3,5% auf 99,57/1000 Arbeiter, die Berufskrankheiten um 4,1% auf 1,89/1000 Arbeiter gegenüber 1962 abgenommen, dagegen die Wegeunfälle um 6,7% auf 17,12/1000 Arbeiter zugenommen. Die erstmals entschädigten Unfälle nahmen pro 1000 Arbeiter im Mittel der Jahre 1948 bis 1950 zum Mittel der Jahre 1961 bis 1963 um rund 40% ab. Darnach erlitten 1963 nur noch 24 Personen von 1000 Arbeitnehmern den ersten Unfall.

Ein Unternehmen der chemischen Industrie wies 1963 folgende betriebliche Unfallverteilungszahlen auf:

59,8% aller Unfälle in nichtchemischen Arbeitsstätten, z. B. in Werkstätten, Energiebetrieben und bei Bauarbeiten.
40,2% aller Unfälle in Fabrikationsbetrieben, Laboratorien und Magazinen. Davon
15,6% Quetschungen,
14,5% Hautausschläge,
5,9% Verätzungen,
1,9% Fremdkörper in das Auge,
1,5% mechanische Verletzungen durch Glas,
0,8% Verbrennungen durch heiße Körper, jedoch keine durch Chemikalien.

Bis zum Endziel: *Keine Unfälle mehr*, liegt noch ein weiter Weg vor uns, der von allen viel Einsatz und unablässiges Bemühen verlangt. Insbesondere werden die Verantwortlichen ununterbrochen gegen Gleichgültigkeit, Betriebsblindheit und unüberlegte Handlungsweise, sowohl der Handlanger und Handwerker als auch der Kader aller Stufen, kämpfen müssen.

Nach jedem Schadenereignis erscheinen, meist schon während der Abwehraktion von Feuerwehr und der Rettungsaktion der Sanität, Polizeibeamte und der Staatsanwalt, die sich keineswegs scheuen, wenn nötig auch höhere Vorgesetzte nach möglichen führungstech-

nischen Fehlhandlungen oder nach materiellen Ursachen auszufragen.

Dem Kader erklärt man daher periodisch mit aller Deutlichkeit, daß es an der Verantwortung bezüglich Sicherheit in seinem Arbeitskreis mitzutragen hat. Ein solches Wissen wirkt sich im prophylaktischen Sinne sehr vorteilhaft aus, veranlaßt es doch manchen Vorarbeiter und Betriebsmeister zum energischen Einsatz für die Eliminierung von Gefahren. Der Akademiker darf jedoch die ihm unterbreiteten Sicherheitsvorschläge keinesfalls zu bagatellisieren versuchen oder sie gar aus Zeitmangel nicht behandeln. Ein solches Vorgehen würde nur bewirken, daß seine Mitarbeiter sehr rasch resignieren und daß in seinem Betrieb bald mehr Unfälle auftreten als in anderen.

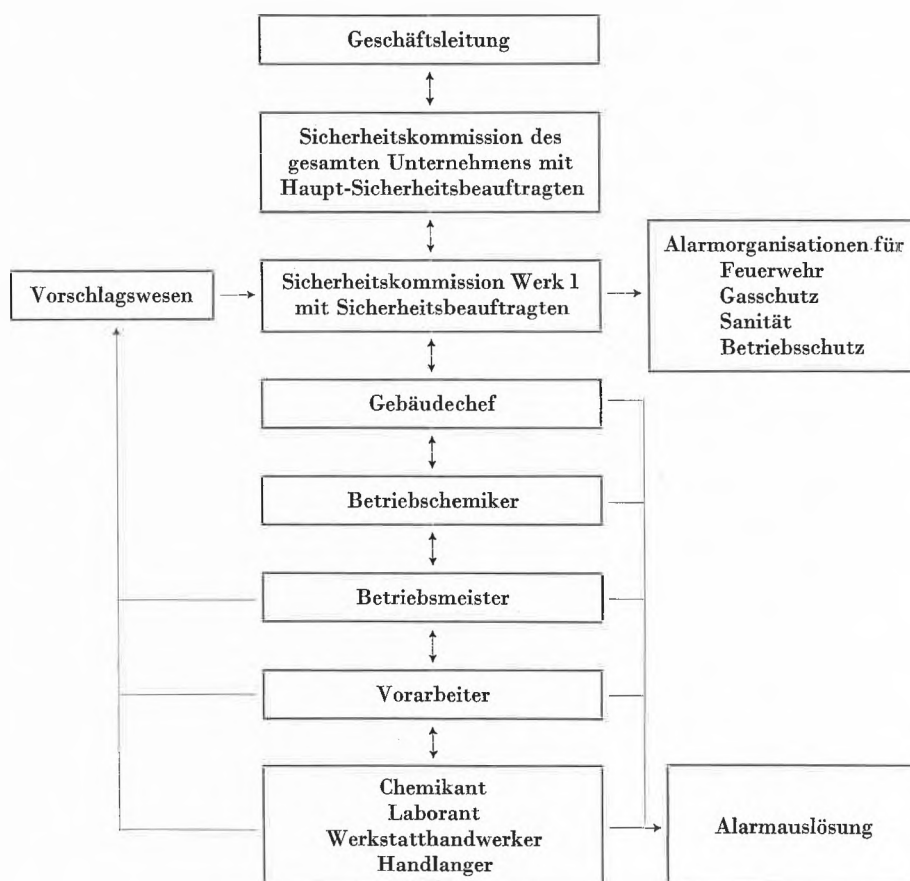
Nirgends kann übrigens der Spruch: «Sparen, koste es, was es wolle», so verhängnisvolle Folgen haben wie im Sektor Sicherheit. Andererseits darf man die Sicherheitsvorkehrungen nicht übertreiben. Ein vernünftiges Maß zu finden, ist gewiß oft recht schwer.

Um hier zu helfen, haben die Unternehmungsleitungen der chemischen Werke schon seit Jahren Sicherheitskommissionen auf oberer Führungsebene ins Leben gerufen. Deren Aufgabe besteht einerseits im frühzeitigen Erkennen, Erörtern und Erledigen von Sicherheitsproblemen bei neuen verfahrenstechnischen Konzeptionen, Vergrößerungen oder Änderungen. Solche Probleme werden der Kommission meist als offene Diskussionsfragen von Fachausschüssen des eigenen Unternehmens, aus der Öffentlichkeit, von der Regierung und aus dem

Vorschlagswesen zugetragen. Die andere Aufgabenseite umfaßt ein gründliches Behandeln eines sich wiederholenden kleineren und insbesondere jedes größeren oder unerwarteten Unfalles. Die Sicherheitskommission wird entsprechende Lehren zu ziehen versuchen und so rasch wie möglich geeignete Abwehrmaßnahmen treffen.

Handelt es sich dabei um Entscheidungen, deren Bedeutung über den Bereich des eigenen Werkes hinausgehen würde, so werden die Sicherheitskommissionen regionaler Verbände oder Expertenkommissionen aus dem ganzen Lande bzw. aus mehreren Ländern gemeinsam beraten. Soweit nötig, werden hierzu auch Vertreter von Unfallversicherungsanstalten, vom Baugewerbe, aus Apparatebaufirmen, aus Universitäten oder technischen Hochschulen herangezogen. Diese Zusammenarbeit gestaltet sich immer intensiver, wobei bereits manches ausgezeichnete Resultat erreicht wurde (s. Lit. 1, 2, 4). Die vielen vorbeugenden Maßnahmen der letzten Jahre halfen mit, die Arbeitsunfälle beträchtlich herabzusetzen.

Die Leitungen der größeren chemischen Unternehmen haben ferner für jedes Werk einen Sicherheitsbeauftragten (Chemiker oder Chemical Engineer) bestimmt, der mit Hilfe der Gebäudechefs als Exekutive für das Ausführen und Einhalten der erlassenen Sicherheitsvorschriften sorgt. Die ihm zugetragenen Probleme erledigt er entweder selbst oder vermittelt sie der Sicherheitskommission, in der er ebenfalls Mitglied ist, weiter. Das nachfolgende Bild soll ein Beispiel für die Organisation des Sicherheitswesens geben:



Parallel zu dieser Sicherheitsorganisation sind in den letzten Jahren in allen größeren Unternehmen Ausbildungschefs ernannt worden, die mit ihren Auszubildenden Kader, Arbeitnehmer und Lehrlinge vordringlich in sicherheitsgünstigem Verhalten unterrichten, wobei die ersten beiden Gruppen periodisch und die letzte täglich mit Sicherheitsfragen konfrontiert werden. Dabei werden auch alle vorkommenden Unfälle behandelt. Durch dieses unablässige Einwirken konnten die Unfallquoten ebenfalls herabgesetzt werden.

2. Methoden der Unfallverhütung

Um Unfälle zu vermeiden, lassen sich prinzipiell zwei Methoden anwenden:

21 *Sicherheitsrichtiges Verhalten des Menschen*

22 *Sicherheitsrichtige Zustände des Materiellen*

Gelänge es auf wirtschaftlich tragbarer Basis, alle denkbaren möglichen sicherheitswidrigen Zustände entweder zu eliminieren oder durch kybernetische bzw. andere technische Maßnahmen frühzeitig am Manifestwerden zu verhindern, so könnten wir auf Ausbildung des Menschen, die theoretisch zum absolut sicherheitsrichtigen Verhalten führen sollte, verzichten. Dies würde jedoch höchstens für bereits fertig installierte Apparaturen einigermaßen erfüllbar sein. Für Versuche und Entwicklungsarbeiten irgendwelcher Art bliebe diese Alternative stets reine Utopie.

Betrachten wir den Menschen mit all seinen Fähigkeiten, seinen Erfahrungen und dem Training einerseits, aber auch mit seinen Stimmungen, seinem oft intransigenten Verhalten, seiner leichten Ablenkbarkeit und seiner Ermüdung andererseits, so ist bei gleichwertiger Anwendungsmöglichkeit und gleichem Aufwand für die beiden Sicherheitsmethoden völlig klar, daß dem sicherheitsrichtigen Zustand des Materiellen der Vorzug zu geben ist. Hier genügt ja meist eine einmalige Investition, um ein Maximum zu erreichen, während die richtige Verhaltensweise eines Menschen höchstens bis zu einer optimalen Größe, welche oft noch bedenklich weit weg vom Maximum liegt, einzig durch ununterbrochene Ausbildung, Kontrolle und Anfeuerung, oft noch unter Anstachelung des Ehrgeizes hinaufgehoben werden kann.

Eigenartigerweise verhalten sich manche Menschen, denen man Gefahrenmöglichkeiten nur einige Male vor Augen geführt hat, oft in selbstmörderischer Weise, unter Mißachtung von Gefahren. Einige Beispiele aus der Praxis mögen dies zeigen, wobei bemerkt sei, daß alle Teilnehmer vorher ausdrücklich informiert worden waren, sich nicht so zu verhalten.

.1 Da hebt ein Mann einen Eimer, gefüllt mit konzentrierter Schwefelsäure, über den eigenen Kopf zum Arbeitskameraden hoch, der sich über das Geländer eines Podestes lehnt. Er läßt den Behälter los, sobald er glaubt, der andere habe den Eimer gefaßt. Die Benützung der Treppe wäre ihm zu umständlich gewesen.

Durch Einrichtung einer Pumpe mit Rohrleitungsanschluß zum Arbeitskessel entfernt man heute solche Gefahrenherde.

.2 Ein anderer Mann verbindet auf Geheiß des Meisters (*sic!*) eine kopfstehende Druckflasche mit flüssigem Ammoniak vermittels eines gewöhnlichen Vakuumschlauches mit einer Versuchsapparatur. Es handle sich ja nur um ein Provisorium, erklärte der Meister. Gerade das dürfen wir nicht tolerieren. Hier gehört unbedingt eine eiserne Rohrverbindung her. *Provisorien dürfen nie als Freipaß gelten, um Sicherheitsanforderungen zu ignorieren.* Planungsarbeit, Bestellen und Einrichten von Provisorien brauchen nach unserer Erfahrung nicht mehr Zeit, wenn von Anfang an die Sicherheit angemessen mitberücksichtigt wird! Wieviel Zeit geht doch nachher verloren, wenn zufolge ignorierter Sicherheitsvorkehrungen Apparate zerstört werden!

.3 Ein Laborant mußte ein Gemisch einengen, das Isopropyläther enthielt. Trotz aller Anweisungen, man solle in Fällen mit Möglichkeit von Peroxidbildung vorher den Peroxidgehalt bestimmen, wurde dies unterlassen. Als nur noch etwa 8 ml im Kolben verblieben waren, explodierte der Rückstand. Abb. 1 vermittelt deutlich die außerordentliche Zerstörungskraft solcher Stoffe.



Abb. 1. Zertrümmerung eines Labors durch etwa 8 g explodierendes Ätherperoxid. Der Glaskolben mit der Ware befindet sich im 40-l-Emailbecken im Vordergrund. Beachte die Wiedergabe der Druckwelle an der linken Fensterfront

Beachte dabei die Ausbreitung der Druckwelle, welche an der Fensterfront links Sprünge in Abständen der Wellenlänge erzeugte. Es läßt sich leicht vorstellen, welche ungeheure Zerstörung an einer Betriebsapparatur entstände, wenn dort einige Kilogramm Peroxid explodieren würden. Kann der Einsatz von Prozeßstoffen, die Peroxide zu entwickeln vermögen, nicht durch andere, harmlose Stoffe ersetzt werden, so sollten der Lagerung und Handhabung größtmögliche Sorgfalt gewidmet werden, um die Bildung dieser selbstzersetzlichen Stoffe zu verhindern. Wo möglich wird man die Regeneration unter alkalischen Bedingungen (Natronlauge) durch-

führen. Auf jeden Fall muß die Peroxidprobe regelmäßig ausgeführt und stets durch den Betriebsmeister kontrolliert werden. Auch der Betriebschemiker wird öfters unabhängig prüfen. – In solchen Fällen sind also menschliche Sicherungsketten aufzubauen.

.4 Ein Arbeiter legt den Mannlochdeckel eines 500-Liter-Rührkessels auf die oberste Stufe eines Dreitrittes, weil ihm ein späteres Hochheben vom Boden her zu mühsam wäre. Beim weiteren Hantieren berührt er den Deckel mit dem Körper, die schwere Masse rutscht zur Kante, kippt und fällt ihm auf die Zehen. Resultat: drei Monate Unfall. – Durch Befestigen des Mannlochdeckels an einem Dreharm mit federndem Anhub lassen sich solche Unfälle von der technischen Seite her vermeiden (Abb. 2).

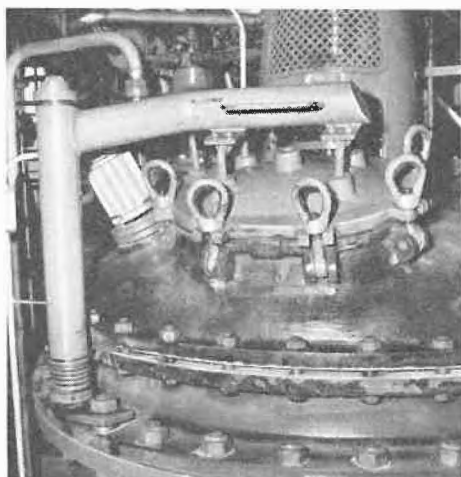


Abb. 2. Hebearm für Mannlochdeckel

.5 Bei einem 1-m²-Glaskühler mit innenliegenden Spiralrohren darf ein Wasserventil mit Plattenschließglied nur langsam geöffnet oder geschlossen werden, will man Wasserstöße vermeiden, die zum Bruch der Spirale führen können. Nun besteht große Wahrscheinlichkeit, daß der Meister bei einem Wechsel des Bedienenden (infolge Krankheit, Ferien, Militärdienst, Verschiebung von Arbeitskräften) den Neuen nicht rechtzeitig instruiert, so daß ein Malheur passieren kann, besonders wenn der Unerfahrene von zu Hause oder vom Arbeitsweg her irgendeine Wut mitgebracht hat. Das Problem läßt sich jedoch auf einfachste Weise aus der Welt schaffen, indem ein Ventil mit Kegelschließglied verwendet wird. Jetzt kann beim raschen Drehen der Ventilschraube kein Druckstoß mehr entstehen, und jegliche Instruktion fällt weg.

.6 Kürzlich stieg ein Mann auf einen Dreitritt, hob einen mitgebrachten Eimer auf Brusthöhe und öffnete ein gegen ihn gerichtetes Absperrorgan. Schutzbrille trug er keine. Dies begründete er damit, daß bisher noch niemals Flüssigkeit ausgeströmt sei. Hier wurden gleich mehrere Fehler begangen. Einmal hätte der Vorarbeiter kontrollieren sollen, wie sich der Mann jeweils bezüglich

Schutzbrille verhielt. Zum anderen ist es falsch, einen teuren Dreitritt bauen zu lassen, um zu einem höher gelegenen Rohrende zu gelangen, anstatt das Rohr soweit zu verlängern, daß man den Eimer auf den Boden stellen kann. Damit wäre gleichzeitig die Gefahr, Augenspritzer zu erhalten, auf ein Minimum reduziert. – Rohre sollen nie so enden, daß ihre Öffnungen in Richtung auf den Arbeitenden schauen, sei es von vorn, von oben oder von unten her. Sie sollen auch nicht senkrecht nach oben enden, sondern umgebogen werden und wenn möglich in einem Fangbehälter münden (Abb. 3). Diejenigen

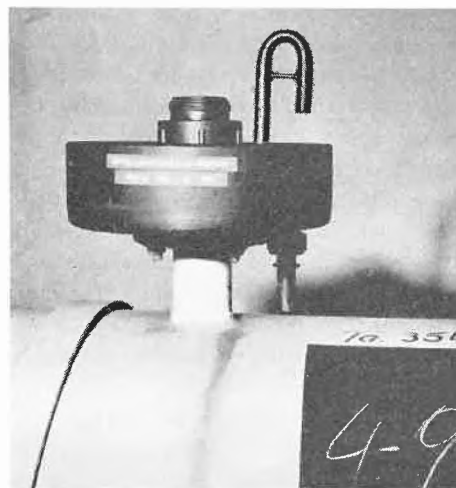


Abb. 3. Korrekte Konstruktion eines Überlaufrohrs mit Auffangwanne

Enden von Leitungen, welche nur selten geöffnet werden müssen, versieht man mit Kappenverschlüssen, welche länger dicht halten als Absperrorgane. Ausdruckrohre, speziell von Hydrier-Autoklaven, müssen nach dem Absperrorgan stets mit Abschlußkappen versehen werden, da sonst bei undichten Absperrorganen der Inhalt z. B. nachts auslaufen könnte (Abb. 4). Dabei würden brenn-

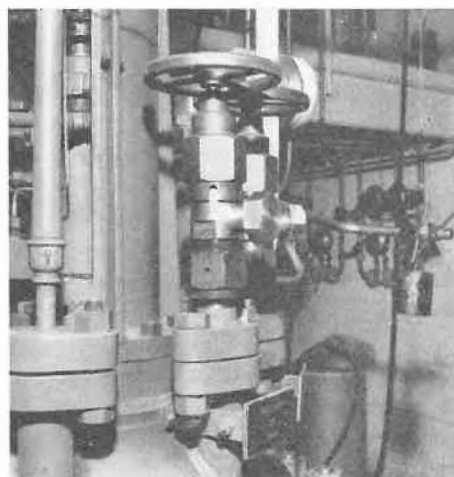


Abb. 4. Zusätzliche Abschlußkappen an Ausdruckrohren eines Autoklaven

hare Lösungsmittel durch den gleichzeitig ausgestoßenen Katalysator gezündet. Speziell Betriebschemiker und Meister sollen während des Installierens von Fabrikationsanlagen darauf achten, daß die zu bedienenden Teile und die abzulesenden Meßinstrumente bequem zugänglich sind.

.7 Schläuche sollen nicht verdreht werden, sonst weisen sie bald eine Reihe gefährlich werdender Risse auf. Hier muß der Betriebsmeister zudem rechtzeitig für Ersatz sorgen, ebenso wie bei defekten Isolationen elektrischer Kabel. *Durch häufige Kontrollen müssen beginnende Schäden erkannt und raschmöglichst eliminiert werden, wobei der Vorgesetzte solange nicht ruhen darf, bis alles wieder in einwandfreiem Zustand gebracht worden ist.*

.8 Hier sei auf eine oft zu wenig beachtete Seite des menschlichen Sicherheitsverhaltens hingewiesen: Arbeiter, Vorarbeiter und Meister gelangen allmählich in ein Alter, in dem sie naheliegende Gegenstände und Teile derselben ständig weniger gut sehen können. Da ein solcher Übergang ganz allmählich vor sich geht, wird die Situation dem einzelnen oft nicht rechtzeitig bewußt. Als wir mit unserer Kaderausbildung begannen, stellten wir mit Bestürzung fest, daß sich 15% Weitsichtige darunter befanden, die keine Korrekturbrille besaßen! Dem Akademiker passiert dies deshalb nicht, weil er den Fehler durch sein vieles Lesen frühzeitig erkennt und rasch für Abhilfe sorgt. Ein Vorgesetzter, der wegen seiner unkorrigierten Weitsichtigkeit Mängel nicht zu entdecken vermag und Meßorgane nicht mehr abzulesen imstande ist^a, bildet für seine Umgebung geradezu eine Gefahr. – Wir stellten nämlich noch eine weitere betrübliche Tatsache fest: Etwa 85% der neu eingestellten Arbeiter können, sofern sie keinen diesbezüglichen Ausbildungskurs absolviert haben, nach einem Jahr Betriebspraxis die Meßinstrumente nicht einwandfrei ablesen. Wir haben daher schon vor Jahren begonnen, die Neueingetretenen in fünfzigstündigen Technologiekursen zu schulen, und haben dort solange Ableseübungen durchgeführt, bis etwa 80% fehlerfrei arbeiteten. Eine höhere Quote ließ sich nicht erreichen! Die restlichen 20% meldeten wir dann den Betriebsmeistern, damit sie solche Personen nicht ausgerechnet an Orten einsetzen, bei denen Einstellungen mit Hilfe von Meßorganen besonders wichtig sind. – Man beachte ferner, daß 8,4% der Männer und 0,4% der Frauen teilweise oder ganz farbenblind sind. Auf solche Menschen wirken Warnfarben nicht oder ungenügend. Sie müssen vielmehr auf Formen geschult oder durch Beschriftungen, die einen genügenden Grautonkontrast zum umgebenden Farbfeld aufweisen, aufgeklärt worden (537, 538, vgl. auch 462, 463 des Literaturverzeichnisses).

.9 Wie weit menschliches Versagen gehen kann, konnten wir 1964 an drei Beispielen erkennen, bei denen weitgehende Vorschriften vorlagen. In zwei chemischen Werken mußten Handwerker aus Werkstätten in grö-

ßere Rührkessel einsteigen. Hierzu muß vorgängig der Betriebsmeister eine Reihe vorgeschriebener Vorkehrungen treffen. Im ersten Falle stieg ein Handwerker ohne die verlangten Maßnahmen und ohne den Betriebsmeister zu benachrichtigen in den Kessel. Man konnte ihn, zum Glück bevor etwas passierte, herausholen. Im zweiten und dritten Falle hatten die betreffenden Betriebsmeister auf Abflanschen oder Blindflanschen der Zuleitungen aus eigener Kompetenz verzichtet, «damit die Reparatur rascher erledigt werden könne». Beim zweiten Kessel war der Handwerker gerade ausgestiegen, als konzentrierte Schwefelsäure, ferngesteuert, in den Kessel lief. Beim dritten Kessel berührte ein Zuschauer aus Versehen den pneumatischen Auslöser einer bereits eingestellten Meßuhr, so daß Ameisensäure über den eingestiegenen Handwerker lief. Hier haben zwei Meister versagt, und zwar aus der Idee heraus: «Vorschriften sind zwar recht, aber ich darf mir soviel Selbstständigkeit herausnehmen, um das von mir als überflüssig Betrachtete wegfällen zu lassen.» Gerade diese Mentalität ist auf dem Gebiet der Sicherheit besonders gefährlich. Wenn schon eine größere Expertenkommission, oft noch nach Anhören einer Reihe von Spezialisten und nach reiflichen Überlegungen Vorschriften herausgibt, dann sollten sich Arbeitnehmer und Betriebskader nicht jedesmal den Kopf zerbrechen, ob nicht doch etwas geändert werden könne. Oft wird damit mehr Zeit vertan, als wenn man konsequent den Vorschriften nachleben würde.

.10 Gewisse Apparate müssen periodisch einer Revision unterzogen werden. Nun gibt es Betriebsleiter, die erklären, ihre Produktion sei so dringend, daß sie keine Minute verlieren könnten. Die Revision wird dann hinausgeschoben. Eine Zentrifuge blieb anderthalb Jahre nach der fälligen Revision plötzlich stehen. Nach dem Ausbau zeigte es sich, daß die Lager vollkommen verrostet waren und das zugeführte Fett seit einiger Zeit nicht mehr durch die verstopften Kanäle lief. Die Zentrifugenachse hätte leicht abreißen und der herausstürzende Zentrifugenkorb mit der Wucht eines mit 160 km/h rasenden Kleinautos beträchtlichen Schaden anrichten können. Eigenartig war, daß nun der Betriebschemiker einen ganzen Monat warten konnte, bis die Zentrifuge wieder repariert war. Die rechtzeitige Revision hätte anderthalb Tage beansprucht! – In diesem Zusammenhang sei erwähnt, daß manchmal von der Betriebsseite her auf die nötigen Sicherheitsmaßnahmen verzichtet wird, «weil die Produktion so dringend sei». Hierzu sei festgehalten, daß nie jemand von der Unternehmungs- oder von der Fabrikleitung her verlangen würde, man solle unter Mißachtung von Sicherheitsvorschriften so schnell wie möglich produzieren. Im Gegenteil, gerade die obere Führung predigt immerzu, daß zuerst die Sicherheit gewährleistet werden müsse. – Wir notieren und lehren bei jeder Gelegenheit: *Unter keinen Umständen eine Arbeit beginnen oder weiterführen, wenn die Sicherheit nicht gewährleistet ist.*

^a Meßorgane sollten deshalb stets möglichst große Skalen aufweisen.

.11 Ekzeme bilden einen ansehnlichen Prozentsatz der Personenschäden. Oft arbeiten die Leute ohne ausreichenden Körperschutz. Das gilt speziell in Laboratorien, wo der Laborant der kleinen Stoffmenge, mit der er hantiert, nicht genügend Beachtung schenkt. In allen größeren Fabrikationsbetrieben sorgt man für weitgehend geschlossene Systeme, so daß dort weniger Ausschläge auftreten. Dagegen ist diese Gefahr groß in Klein- oder Versuchsbetrieben, denn hier müssen feste Prozeßstoffe wohl oder übel von Hand ein- und ausgebracht werden. Nur äußerste Sauberkeit am Arbeitsplatz und peinliche persönliche Hygiene dürfen geduldet werden.

.12 Innerhalb eines Jahres beobachteten wir vier Entlüftungsleitungen, die fast oder total durch Kalk, Rost, Kristallite oder Polymerisate verstopft waren. Diese Tatsachen waren jeweils dadurch bekannt geworden, daß die Werkstatt Apparate ausbaute oder umänderte. Das Kader war vor diesen Ereignissen auf solche Möglichkeiten aufmerksam gemacht worden, und es war dabei ersucht worden, periodische Kontrollen vorzunehmen. Die meisten Vorarbeiter oder Meister führten dies auch aus und fanden frühzeitig beginnende Mängel, aber einige versagten offenbar. Hier erhebt sich jeweils die Frage: Soll man einen Servicedienst durch eine unabhängige Stelle ausführen? – In vielen Fällen hat sich ein derartiger Spezialdienst sehr bewährt, wie z. B. bei der periodischen Kontrolle von Druckgefäßen durch die EMPA bzw. den Kesselverein, beim Schmieren und Ölwechsel und beim Kontrollieren von Manometern durch das betriebseigene Werkstattpersonal. – Verstopfungen können z. B. an Destilliereinheiten durch Fluten oder Übersäumen des Inhaltes in Destillierrohr, Wärmeaustauscher, eventuell in Vakuumpumpe und deren Abluftleitung entstehen. Solche Vorgänge können leicht über Mittag eintreten, wenn der Druck des Heizdampfes durch Abschalten anderer Einheiten plötzlich ansteigt. Oft wird der Flutvorgang von niemandem beobachtet. Nach einigen Wiederholungen ist es dann soweit, daß die Entlüftungsleitung verstopft ist. Hier käme ein Servicedienst leicht zu spät, daher müssen diese Geschehnisse rechtzeitig vom Betriebskader und den Chemikanten erfaßt werden. Ein solches Risiko darf man jedoch nicht auf die Dauer ohne einwandfreie technische Lösung auf sich beruhen lassen. Man wird vielmehr die Heizung regeln, so daß kein Fluten mehr auftreten kann.

.13 In zunehmendem Maße werden heute Druckknöpfe verwendet, um mit Hilfe pneumatischer Signal- und Stellenergien Absperrorgane zu öffnen. Der Zweck besteht darin, daß der Bedienende beispielsweise den Füllgrad eines Kessels beim Schauglas beurteilen kann, indem er das in bequemer Reichweite befindliche Relais solange betätigt, bis die nötige Prozeßstoffmenge aus einem ferngelegenen Behälter eingefüllt ist. Diese Einrichtungsart wird nur dann richtig benützt, wenn der Vorgang innert spätestens fünf Minuten abgelaufen ist.

Dauert er länger, so versucht der Bedienende das zu mühsam werdende Drücken von Hand mit Hilfe von Bändern, die er um das Relais legt, zu eliminieren. Nun, da er selbst frei geworden ist, wird er nebenher andere Arbeiten verrichten und vergißt den Einlauf rechtzeitig zu stoppen. Die Folge wird u. U. ein Überlaufen der Ware durch die Entlüftungsleitung sein. Davon merkt er aber meist gar nichts, da die Leitung über Dach führt. Hier provoziert man ein sicherheitswidriges Verhalten, indem man dem Arbeiter etwas zumutet, das er nicht zu erfüllen gewillt ist. Wenn daher ein Druckknopf länger als fünf Minuten betätigt werden müßte, so drängt sich eine andere selbsttätige technische Einrichtung, z. B. eine pneumatisch gesteuerte Meßuhr mit Selbstabstellung, auf.

Im vorstehenden wurde anhand ausgewählter Beispiele jeweils eine Gegenüberstellung verschiedener Möglichkeiten und Anwendungsbereiche menschlicher Verhaltensweise und technischer Lösungen zu zeigen versucht. Daraus dürfte klar genug erkennbar sein, daß im allgemeinen der technischen Lösung immer dann der Vorzug zu geben ist, wenn sie entweder mit gleichem Aufwand (Investition und Betrieb) und Erfolg wie eine nicht nachlassende menschliche Ausbildung und Betreuung erreicht wird oder wenn der Mensch voraussichtlich versagen wird.

Im nachfolgenden seien nun noch Probleme technischer Lösungen im Überblick und im einzelnen näher behandelt.

3. Sicherheitsrichtige Zustände^a

In Chemiewerken bemüht man sich in zunehmendem Maße, Einrichtungen so zu erstellen, daß sie weitestgehend sicherheitsrichtige Zustände enthalten. Dies wird durch die Entwicklung der modernen Verfahrenstechnik glücklicherweise begünstigt.

Einmal erlaubt uns die vor etwa zwölf Jahren erstmals auf breitere Basis gebrachte und seither fast explosiv sich ausweitende technische Kybernetik (Meß- und Regeltechnik), Sicherheitseinrichtungen mit verhältnismäßig geringen Mitteln, jedoch mit praktisch fehlerfreier Arbeitsweise überall dort einzubauen, wo dies für nötig befunden wird. Lage, Ort und Platz spielen bezüglich der Einbaumöglichkeit meist keine wichtige Rolle. Man darf daher auch an schwerer zugänglichen Orten oder auf relativ kleinem Raum entsprechende Anlagen einrichten.

Die zweite Begünstigung besteht darin, daß man bestrebt ist, den seit etwa 1900 immer größer gewordenen Rührkessel für chemische Reaktionen und physikalische Abläufe durch relativ dünne Rohre mit Kaskadeneinrichtungen zu ersetzen. Dies bedeutet eine beträchtliche Verringerung der Menge von in Reaktion oder sonstwie in Kreislauf befindlicher gefährlicher Stoffe (brennbare, selbstzersetzliche, physiologisch schädliche Stoffe; exo-

^a Vgl. auch Lit. 527.

therme Reaktionen). Gleichzeitig geht man vom Chargenbetrieb zum kontinuierlichen über, was zwangsläufig einer automatischen Steuerung des Einschaltens, Anfahrens, Betriebens und Abstellens ruft, wobei die einzelnen Arbeitsvorgänge durch geeignete technische Kybernetik geregelt werden. Damit irgendwelche Fehler keine schädlichen Einflüsse haben können, ist man gezwungen, entsprechende Sicherheitsketten einzubauen, die beispielsweise ansprechen, wenn zu wenig zu verarbeitende Prozeßstoffe vorrätig sind, der Kühlwasserdruck oder der Heizdampfdruck zu gering werden, zu wenig oder zuviel Prozeßstoffe durch die Rohre fließen oder die Prozeßstoffe zu kalt, zu heiß, zu viskos werden und wenn die Lagerbehälter für die entstandenen oder getrennten Stoffe voll sind.

Noch ist der Umfang der technischen Kybernetik in den einzelnen Werken der Chemie unterschiedlich. Neue großtechnische Anlagen, wie etwa die Herstellung von synthetischem Kautschuk oder von Acetylen sind vollautomatisch bezüglich Steuerung, Arbeit und Sicherheit. Daneben existieren viele Betriebe, in denen nur einzelne Apparate steuer- oder/und regeltechnische Anteile enthalten. In den Basler Chemiewerken nimmt die Zahl der Apparate, welche Steueranteile oder Regelkreise enthalten, ständig zu, das Maximum liegt gegenwärtig bei 80 %.

Am Beispiel einer Rektifizierkolonne sei beschrieben, welche Sicherheiten man heute üblicherweise einbaut. Abb. 5 vermittelt die funktionellen Aufgaben.

Aufgabe 1: Sobald im Kondensator zu heiße Prozeßstoffdämpfe entstehen ($> 60^\circ\text{C}$), soll das Heizdampfventil, also der Dampffluß, irreversibel geschlossen werden. Bei Ausfall der Kybernetikenergie (mittlerer Pfeil) muß das Heizdampfventil aus Sicherheitsgründen ebenfalls geschlossen werden.

Aufgabe 2: Wenn das weglauende Kühlwasser die Temperatur von 40°C überschreitet, soll zusätzlich ein paralleler Kühlwasserstrom geöffnet werden. Ohne Kybernetikenergie (mittlerer Pfeil) soll der Fluß (hier Kühlwasser, Pfeil rechts) aus Sicherheitsgründen voll offen sein. Die Temperatur von $\leq 40^\circ\text{C}$ wurde gewählt, damit eine möglichst geringe Verkalkung des Kondensators eintritt.

Aufgabe 3: Sobald der Innendruck der Destillierblase $> 1,5$ at erreicht, soll er über Dach abgeblasen werden. Sinkt er $< 1,5$ at, so muß das Absperrorgan reversibel schließen. Fällt die Kybernetikenergie aus (mittlerer Pfeil), so muß sich die Abblaseeinrichtung öffnen. Eine kapazitive Verzögerungsanlage in Nähe des Absperrorgans sorgt jedoch dafür, daß nicht sofort abgeblasen wird. Da vorgängig der Heizdampf abgestellt würde (Aufgabe 4), bleibt Zeit zum Kühlen, so daß das Öffnen keine Folgen haben würde. – Bei Anlagen unter Druck verwendet man oft Absperrorgane, die mit Feder- oder Gewichtsdruck verschlossen gehalten werden. – Aus Sicherheitsgründen sind heute die meisten Blasen nicht größer als der Kolonnendurchmesser. Bei besonders feuergefährlichen Lösungsmitteln trennt man Rektifizierkolonnen entweder von anderen Bauteilen ab, ähnlich wie auch bei Autoklaven, oder man baut offene Trakte bzw. erstellt die ganze Anlage im Freien: Erdölraffinerien.

Aufgabe 4: Sobald in der Destillierblase ein Innendruck $> 1,5$ at entsteht, soll das Heizdampfventil irreversibel geschlossen werden. Ohne Kybernetikenergie soll es ebenfalls geschlossen bleiben.

31 Sicherungen an Rektifizierkolonnen

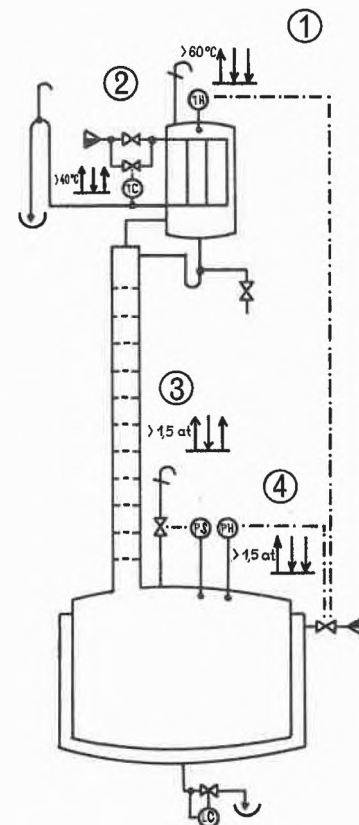
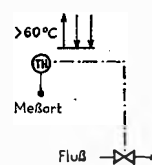


Abb. 5. Sicherheitseinrichtungen an einer Rektifizieranlage. Das Arbeitsstellorgan für Heizenergie wurde weggelassen

Die verwendeten Symbole bedeuten (z. B. oben Mitte):



- T = Temperaturmeßfühler
 H = Die Meßeinheit ist mit einem Halterelais kombiniert
1. Pfeil links = Meßgröße (hier Temperatur, zunehmend nach oben)
 2. Pfeil Mitte = Energie zur Erzeugung der kybernetischen Signale
 3. Pfeil rechts = Flußwert (hier für Dampf)

Weitere Symbole:

- P = Druck
 C = Regler (Controller)
 S = Sicherheit
 L = Niveau = Level

LC : in der gezeichneten Form: Kondensatableiter

Die wirkliche Ausführung sieht etwas komplizierter aus. Für den Chemiker genügt jedoch diese Zeichnung, denn er muß ja nur die Funktionen kennen. Das Einrichten, Einstellen und Unterhalten der regeltechnischen Anlagen ist Aufgabe einer speziellen Ingenieurgruppe. Hingegen muß der Chemiker alle Teile einer Anlage prinzipiell verstehen, denn Betriebschemiker und Meister sind heute diejenigen, welche grundsätzliche Fehler irgendwelcher Art am gesamten Objekt lokalisieren sollen, um nötigenfalls entsprechende Hilfen zu organisieren.

32 Sicherungen gegen Feuer

321 Brennbare Stoffe

Chemiebetriebe müssen sich vornehmlich gegen die Möglichkeiten von Bränden, Verpuffungen, Explosionen oder gar Detonationen sichern. Wenn man weiß, daß täglich Hunderte von Tonnen leicht flüchtiger und brennbarer Lösungsmittel mit ebensolchen Mengen anderer brennbarer organischer Prozeßstoffe verarbeitet werden, so wird leicht erklärlich, daß man diesen Stoffen ununterbrochen das Hauptaugenmerk widmen muß. Eine einzige undichte Pumpe, ein undichter Flansch, ein offengebliebenes Mannloch, ein nicht ganz schließendes Absperrorgan, mit Lösungsmittel getränkte, zum Trocknen aufgehängte Filter- oder Plastiksäcke können die Quelle für Explosivgemische werden. Beispielsweise würden bereits 1,1 kg Schwefelkohlenstoff einen Raum von etwa $3 \times 3 \times 4$ m mit Explosivgemisch erfüllen können. Eine so kleine Menge vermöchte im Betrieb unter Umständen innert ein paar Sekunden auszulaufen und beim Auftreffen auf heiße Flächen innert einer Minute verdampfen! Besonders tragische Unfallsituationen können entstehen, wenn Betriebsleiter glauben, der verwendete Prozeßstoff sei nicht feuergefährlich, so z. B. die etwas schwerer brennbaren Verbindungen CH_3Cl , $\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{Cl}$, $\text{CH}_2\text{Cl-CH}_2\text{Cl}$ (536) oder Essigsäure oder Ammoniak-Luft-Gemische.

Abwehrmaßnahmen gegen die Entwicklungsmöglichkeit explosiver Gemische in Arbeitsräumen gehen in erster Linie dahin, daß die Wege der Prozeßstoffe weitgehendst nach außen hermetisch abgeschlossen werden. Nur die Vorratsbehälter zu Beginn und am Ende der Anlage sowie Apparate, in denen ein Druckausgleich nach der Atmosphäre hin erwünscht ist, sind sozusagen



Abb. 6. Verbrennungsanlage für Giftgase. Letztere werden zuoberst in ferngezündete Ölflamme geleitet

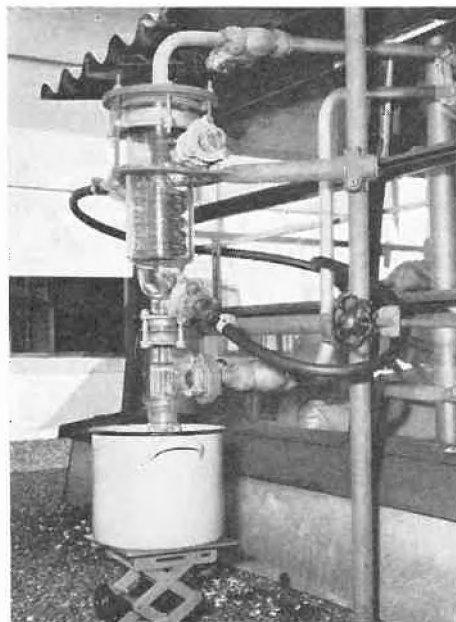


Abb. 7. Vor leichten Stößen geschützter Glaskolben. Wird er durch grobe Schläge zertrümmert, dann läuft der Inhalt in das Becken und verteilt sich nicht auf den ganzen Boden. So sollten alle tiefstehenden Kolben im Labor gesichert werden

über Schnorchelleitungen, die so hoch wie möglich über dem oberen Baupiegel der Fabrikationsanlage enden, mit der freien Atmosphäre verbunden. Durch diese Maßnahmen wird gleichzeitig erreicht, daß der Arbeiter vor physiologisch schädlichen Einflüssen der Prozeßstoffe bewahrt wird. Damit kann auch eine sehr niedrige MAK-Zahl (Lit. 530) garantiert werden. Wo schädliche Gase in die Atmosphäre treten könnten, versucht man sie entweder in Sorptionsanlagen zu harmlosen Produkten umzuwandeln oder in Flammen, erzeugt durch Ölbrenner, zu verbrennen (Abb. 6).

Dank der intensiven Entwicklungsarbeit der Apparatebauern gelingt es heute, auch Inhalte von Zentrifugen, Trocknungs- und Mahlanlagen weitgehend nach dem Arbeitsraum zu abzuschließen. Bei alten Zentrifugen wird während des Obenaustrages oft eine spezielle Absaugvorrichtung montiert.

Apparate oder Fahrbehälter, von denen Teile durch Berührung zerstört werden können, erhalten besonderen Schutz, damit keine brennbaren Prozeßstoffe auslaufen können. Vgl. dazu Abb. 7 bis 11.

Abb. 7: Schutzgefäß für Glaskolben.

Abb. 8: Schutzwand, damit der geöffnete Mannlochdeckel das Glasrohr nicht berühren kann. Beachte das Anlegethermometer zur Messung der Temperatur an der Stopfbüchsenbrille! Beachte ferner das Schutzrohr beim Stabthermometer rechts.

Abb. 9: Starker Eisenschutz, damit das dahinter befindliche Standglas beim Manövrieren mit dem Fahrbehälter nicht beschädigt werden kann.



Abb. 8. Starke Metallschutzwand vor einer Glasleitung eines Betriebskessels. Beim Öffnen des Mannlochdeckels kann das Glas nicht zertrümmert werden. Beachte den Metallschutz für das Thermometer! An der Stopfbüchse ist ein Anlegethermometer befestigt zur Kontrolle der Erwärmung durch die Rührerdichtung und eventuell durch Wärmeleitung aus dem Kesselinhalt entlang der Rührwelle

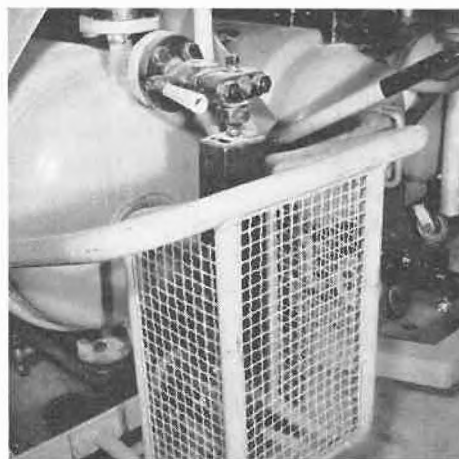


Abb. 9. Auftreffschutz für ein Druckstandglas an einem Fahrbehälter



Abb. 10. Fangschale an einer Drucknutsche. Unterstellter Eimer an der Überwurfverbindung des Filtratrohres

Drucknutschen werden mit Fangschalen versehen, damit austretendes Gut nicht auf den Holzboden gelangen kann (Abb. 10).

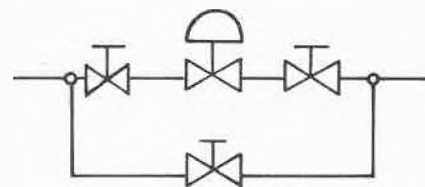
Damit ein Schauglasbruch keine verheerenden Folgen haben kann, setzt man zwei unabhängige Gläser ein und baut womöglich Bullaugen statt zylindrische Gläser ein (Abb. 11).

Kolonnen, Kessel und Vorratsbehälter, die so aufgestellt sind, daß von anderen nahegelegenen Einheiten her Feuer übergreifen könnte, werden mit Wassersprühanlagen versehen, die entweder automatisch bei Erreichen einer bestimmten Raumtemperatur arbeiten oder von Hand einschaltbar sind. Niemals darf man einen Eimer mit brennbaren, leicht flüchtigen Lösungsmitteln so hinstellen, wie dies Abb. 12 zeigt!

Hydrierautoklaven stellt man in separate Räume. Keinesfalls darf man, wenn in Nähe des Atmosphärendruckes gearbeitet werden soll, leichten Unterdruck zulassen! Durch eine kleine, kaum merkbare undichte Stelle, z. B. bei der Stopfbüchse, würde Luft eindringen und ein Gemisch Luftsauerstoff-Wasserstoff bilden, das leicht durch den Katalysator gezündet werden könnte*.

Wie gewaltig übrigens auch die Kraft erstarrenden Wassers sein kann, zeigt Abb. 13: Ein alter Autoklav stand den Sommer über im Hof. Durch einen offenen Flansch drang Regenwasser und füllte ihn. Im Herbst verschloß ein Mann der Hofkolonne den Flansch und transportierte den Behälter in den Lagerschuppen. Mitte Januar barst dann der Deckel mit lautem Knall vom Kesselunterteil weg.

Daß es gefährlich ist, Flüssigkeiten zwischen zwei Absperrorganen einzusperrn, leuchtet ein. Trotzdem wird immer wieder versucht, ein Regelventil von zwei Absperrorganen mit Handbetätigung zu umfassen, ergänzt durch ein Bypass-Ventil:



Schließt ein Arbeiter vor dem Weggehen alle Handventile, so kann eine sich erwärmende Flüssigkeit im eingesperrten Teil das Rohr zerreißen, und bei Wiederaufnahme des Betriebes läuft Lösungsmittel auf den Boden.

Wenn bei Heizbatterien der Heizmantelinhalt eines Kessels ganz nach außen abgeriegelt werden kann, ist ein Überdruckventil anzubringen. Soleleitungen darf man nur im Zulauf zu einem Doppelmantel abstellen.

* Manchmal werden für Hydrierungen < 1,1 at Normkessel benutzt, die nur für einen Arbeitsdruck von 3 at gebaut sind. Ein solcher Kessel würde durch eine Knallgasexplosion zerrissen.

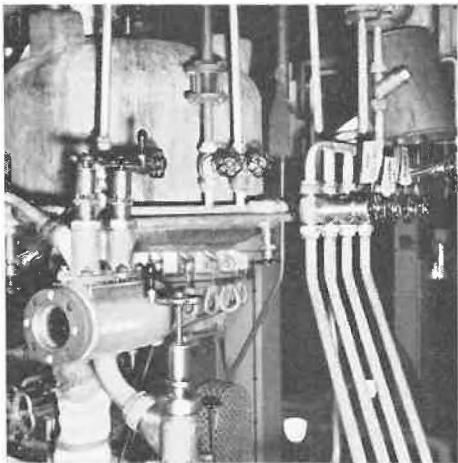


Abb. 11. Langes Bullauge mit je zwei Abschlußgläsern auf jeder Seite. Dadurch beträchtlich erhöhte Sicherheit gegenüber einem Glas



Abb. 12. So darf man nie Behälter mit flüchtigen Stoffen abdecken. Flüchtige, giftige und brennbare Prozeßstoffe gehören stets in geschlossene Behälter, die notfalls über Dach entlüftet sind oder über geeignete Sorptionsanlagen ins Freie münden

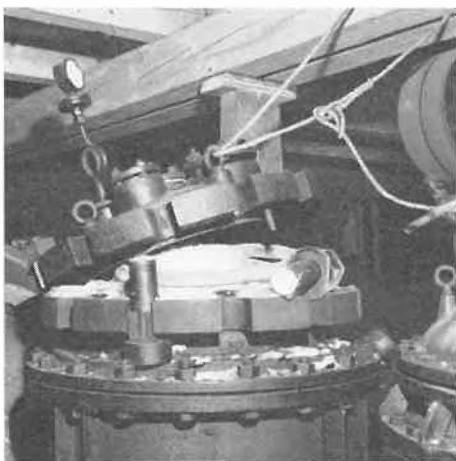


Abb. 13. Zerstörungskraft erstarrenden Wassers am Beispiel eines alten Autoklaven

Korbflaschen, Fässer, Druckflaschen und andere verschließbare Behälter dürfen nie ganz mit Flüssigkeiten gefüllt werden, da die geringste Erwärmung zum Bersten der Wandungen führt.

Diese wenigen Beispiele sollten zeigen, wie man bestrebt ist, brennbare Lösungsmittel am Austreten aus Behältern zu verhindern.

322 Zünder

Um Feuer zu erzeugen, braucht man einen Zünder. Folgende kommen hiezu in Frage:

- .1 Heiße Leuchten: Glühlampen, aber auch Blitzlichter und Scheinwerfer von Photographen! Ultrarotlampen.
- .2 Heiße Flammen: Schweißanlagen, Kessel mit Gasheizung, Verbrennungsanlagen für Kehrlicht, für Katalysatoren. Brennende Zündhölzer.
- .3 Heiße Oberflächen: Dampfleitungen, Apparate, Heizkörper, glühende elektrische Teile, glimmende Rauchwaren, ölige Putzfäden, heißlaufende Stopfbüchsen.
- .4 Aktinisches Licht: UV-Lampen.
- .5 Elektrische Schaltfunken: Von Hoch-, Mittel- und Niederspannungsanlagen*, z.B. beim Schalten von Elektromotoren oder beim Betreiben von Ottomotoren.
- .6 Statische Elektrizität: Rasch strömende Gase (auch CO₂!!), Flüssigkeiten (schlecht leitend) und Festpulver, z.B. in Rohren aus Kunststoff, Porzellan, in Zerkleinerungsanlagen, in Sprühanlagen.
- .7 Reibungswärme: Beim Knetrühren, in Mahlanlagen, beim Schlagen von Werkzeug auf Werkstoffe.
- .8 Katalysatoren: Fein verteilte Metalle (nach FEITKNECHT > 3 m²/g innere Oberfläche), wie Pt, Pd, Ni, Co, Pd auf Kohle, Pd auf CaCO₃.
- .9 Andere exotherme Reaktionen: Zersetzungsreaktionen gewisser Destillierrückstände. Ferner Chemikalien, wie Alkalien, LiAlH₄, die mit H₂O heftigst reagieren (z.B. Abb. 1).

Auch in diesem Sektor wird außerordentlich viel unternommen, und es werden gewaltige Summen investiert, um einen größtmöglichen sicherheitsrichtigen Zustand zu erreichen.

Elektromotoren werden in explosionsgeschützter Form eingesetzt, elektrische Schaltkasten von innen nach außen belüftet, Lifts so gebaut, daß keine Schaltfunken entstehen, elektrische Antriebe für Rührwerk mit Niedervoltzwischenleitungen geschaltet und elektrische steuer- und regeltechnische Anlagen mit Niedervolt betrieben (vgl. Anm.).

Wer mit Flammen (Schweißen), Ultrarotlampen (Einbrennlack) im Betrieb hantieren will, muß eine spezielle

* Bei genügend kleinen Spannungen und Strömen in Stromkreisen mit geringer Induktivität und Kapazität kann man die Funkenbildung soweit herabmindern, daß keine Zündung mehr möglich ist.

jedoch Funken entstehen. Größere Fallhöhen sind daher zu vermeiden.

Auch beim versprühenden Rühren in Behältern mit schlecht leitenden Werkstoffen, wie Email, Glas, Keramik und Kunststoffauskleidungen, können beträchtliche Aufladungen entstehen. Solche Apparate sind daher in Inertgasatmosphäre zu betreiben.

Man beachte, daß beispielsweise Stickstoff leichter ist als Luft. Es gelingt daher nicht, einen 500-Liter-Rührkessel durch Einblasen in das offene Mannloch mit Stickstoff zu füllen. Wir stellten bei Versuchen nach längerem Begasen immer noch O₂-Gehalte von 10 bis 15% fest! Analog kann man die Oberfläche einer offenen Saugnutze nicht durch Überblasen mit Stickstoff sauerstofffrei halten! Wer Stickstoff einfüllen will, muß daher entweder evakuieren, N₂ füllen, evakuieren, N₂ füllen oder bei Druckgefäßen mehrmals N₂ aufdrücken und ablassen.

Pulver müssen gar nicht so schnell bewegt werden wie Gase, um bereits beträchtliche elektrostatische Aufladungen aufzuweisen. Läßt man sie durch Kunststoffrohre in Behälter fallen, so können speziell organische brennbare Stoffe leicht zu Staubexplosionen führen. Solche Prozeßstoffe dürfen daher nicht aus Transportbehältern oder aus Zentrifugen durch Kunststoffrohre befördert werden, hiezu müssen vielmehr metallene Rohre verwendet werden! Besonders gefährdet sind mit Isolierstoffen ausgekleidete bewegte Trockentrommeln und Entlüftungssäcke nach Trockenaggregaten oder Zerkleinerungsmaschinen. Bevor solche Trockentrommeln entleert werden, sollte das Gut einige Zeit ruhen. Außerdem ist die Trommel langsam mit Inertgas zu füllen. Entlüftungssäcke sind mit geerdeten Gittern zu umgeben, die gut berührt werden. Eingewobene Metallfäden haben sich wegen ihrer Brüchigkeit bisher nicht gut bewährt.

Wir haben öfters die interessante Beobachtung gemacht, daß Erden der Außenflächen genügt, um größere Aufladungen zu vermeiden, z. B. Metalldrähte um Kunststoffschläuche, Porzellanrohre, Entlüftungssäcke.

Bei Wirbelstoßrocknern kann man auch ein enges geerdetes Nadelgitter einhängen, um Aufladungen zu verringern. Wird Pulver transportiert, z. B. bei pneumatischen Trocknungsanlagen, so ist dafür zu sorgen, daß keine toten Winkel entstehen, denn dort würden sich sonst elektrische Ladungen häufen.

Durch elektrostatische Ladungen entsteht beim Zerkleinern noch ein Nachteil: Sobald die Pulverfeinheit auf < 10 µm sinkt, ballen sich die Teilchen vielfach wieder zusammen, was eine gleichmäßige Mischung mit anderen Stoffen erschwert. Dieser Effekt fällt besonders auf, wenn die elektrostatisch agglomerierten Teilchen eine andere Farbe aufweisen.

33 Sicherheit und Normapparatur

Wenn ein Apparatsystem, beispielsweise eine Trockentrommel, in ihrer Ausführungs- und An-

wendungsform lange genug bekannt ist, wird versucht, eine Normeinheit zu bauen. Diese hat den großen Vorteil, daß zumindest nichts Wesentliches vergessen wird, denn an der Norm haben Ingenieure, Chemiker, Betriebs- und Werkstattmeister gemeinsam beraten, und die Pläne sind mehrfach kontrolliert und besprochen worden. Solche Normsysteme weisen auch eine höhere Sicherheitsstufe auf.

Zusammenfassung

Neben kurzen Darlegungen grundsätzlicher Sicherheitsanforderungen wurde anhand einer Reihe ausgewählter Beispiele gezeigt, nach welchen Gesichtspunkten sich die heutige chemische Industrie bezüglich Sicherheit ausrichtet. Außer unablässiger Ausbildung und Betreuung aller Mitarbeiterkategorien der wissenschaftlichen, technischen und teilweise auch der kaufmännischen Sektoren durch die Ausbildungsgruppe, die Verantwortlichen der einzelnen Bauten und der Sicherheitsbeauftragten versuchen vor allem Sicherheitskommissionen, auf oberer Führungsebene auftauchende Sicherheitsprobleme frühzeitig zu behandeln, unvollständig gelöste Sicherheitsfragen zu klären und einer besseren Lösung zuzuführen sowie Lehren aus vorgekommenen Unfällen zu ziehen. Wo irgend möglich werden sicherheitsrichtige materielle Zustände geschaffen, die eine geringere Unfallquote gewährleisten als das nicht stets garantierte sicherheitsrichtige Verhalten des Menschen.

Generell gilt: *Keine Arbeit beginnen oder weiterführen, wenn die Sicherheit nicht gewährleistet ist.*

Literaturzusammenstellung^β

1 Zeitschriften und andere Periodika über Sicherheit:

- 11 Schweizerische Blätter für Arbeitssicherheit, SUVA, Luzern
- 12 Sichere Chemiearbeit, Berufsgenossenschaft der Chemischen Industrie, Heidelberg^α
- 13 Illustrierte Zeitschrift für Arbeitsschutz, Ott, Thun
- 14 Berichte der Expertenkommission der Schweizerischen Chemischen Industrie

2 Jährlich bzw. zweijährlich erscheinende Schriften über Sicherheit:

- 21 Berichte über die Eidgenössische Fabrikinspektion und den Arbeitsärztlichen Dienst, BICA, Sauerländer, Aarau
- 22 Technischer Jahresbericht 1963, Berufsgenossenschaft der Chemischen Industrie, Heidelberg
- 23 Unfallverhütungskalender, Ott, Thun

3 Arbeitsrecht:

- 31 Arbeit in den Fabriken, Vorschriften des Bundes, Bundeskanzlei, Bern 1954. Wird demnächst ersetzt durch:
- 32 Schweizerisches Arbeitsrecht, Bundeskanzlei, Bern 1965

4 Merkblätter über Sicherheit:

- 411 Verzeichnis über Drucksachen und Zeichnungen, die das Gebiet der Unfallverhütung und Berufskrankheiten betreffen, SUVA, Form. 1422, Luzern
- 412 Dito, Bβ, Heidelberg
- 413 Muster-Sicherheitsvorschriften für gewerbliche Anlagen, Internationales Arbeitsamt, Genf 1949 (deutsche Übersetzung: Bundesministerium für Arbeit, Bonn)
- 414 Führer durch die obligatorische Unfallversicherung, SUVA, Luzern
- 415 Sicher schaffen, sicher arbeiten, Merkblattzusammenstellung, SUVA, Luzern

^α Beachte speziell Nr. 10 (1964): Umgang mit Lösemittel.

^β B = Berufsgenossenschaft der Chemischen Industrie, Heidelberg.

- 416 SALVO, *Erfahrungsaustausch über Unfallverhütung*, Hartmann, Winterthur
- 417 *Richtlinien zur Verhütung von Gefahren durch elektrostatische Aufladungen*, B, 1964
- 418 *Richtlinien für elektrische Anlagen in explosionsgefährdeten Betriebsstätten*, B, 1964
- 419 *Richtlinien zum Schutze gegen ionisierende Strahlen bei Verwendung und Lagerung offener radioaktiver Stoffe*, B, 1963. Ferner G 21, B, 1963
- 420 *Umgang mit Sauerstoff*, A 9, B, 1964
- 421 *Arbeiten mit Wasserstoffperoxid*, A 8, B, 1964
- 422 *Arbeiten mit Natriumperoxid*, F 3, B, 1963
- 423 *Organische Peroxide*, F 6, B, 1964
- 424 *Umgang mit Tetrahydrofuran*, F 9, B, 1964
- 425 *Arbeiten mit K- und Natriumchlorat*, F 10, B, 1964
- 426 *Herstellung von pyrotechnischen Gegenständen*, S 2, B, 1962
- 427 *Richtlinien für das Herstellen von sprengkräftiger Munition*, B, 1961
- 428 *Richtlinien für das Entladen militärischer Sprengstoffe*, B, 1962
- 429 *Arbeit in Zündholzfabriken*, A 24, B, 1952
- 430 *Umgang mit Salpetersäure*, G 9, B, 1963
- 431 *Umgang mit Aluminiumalkylverbindungen*, F 2, B, 1963
- 432 *Arbeiten mit Natriummetall*, F 4, B, 1964
- 433 *Arbeiten mit ätzenden Stoffen*, G 3, B, 1963
- 434 *Umgang mit Ammoniak*, G 7, B, 1963
- 435 *Entleeren von Säuren und Laugen aus Eisenbahnkesselwagen*, A 27, B, 1963
- 436 *Arbeiten mit Formaldehyd*, B, 1964
- 437 *Arbeiten mit Acetaldehyd*, F 8, B, 1963
- 438 *Umgang mit Chlor*, G 8, B, 1963
- 439 *Umgang mit Phosgen*, G 13, B, 1963
- 440 *Arbeiten mit Fluorwasserstoff und Fluoriden*, G 19, B, 1963
- 441 *Arbeiten mit Blausäure*, G 18, B, 1963
- 442 *Arbeiten mit Phthalsäureanhydrid*, G 22, B, 1963
- 443 *Arbeiten mit Phosphorsäureestern*, G 23, B, 1963
- 444 *Arbeiten mit Dimethylsulfat*, G 16, B, 1963
- 445 *Arbeiten mit Arsen und seinen Verbindungen*, G 1, B, 1962
- 446 *Verhütung von Erkrankungen durch Arsenwasserstoff*, G 2, B, 1962
- 447 *Verhütung von Gesundheitsschädigungen durch Hg und seine Verbindungen*, G 6, B, 1964
- 448 *Umgang mit Acrylnitril*, G 12, B, 1963
- 449 *Verhütung gewerblicher Hauterkrankungen*, G 4, B, 1963
- 450 *Arbeit in Lack- und Farbenfabriken*, A 2, B, 1963
- 451 *Arbeit in der Gummiindustrie*, A 16, B, 1963
- 452 *Unfallgefahren und Unfallverhütung in Vulkanisierbetrieben*, A 26, B, 1963
- 453 *Arbeiten in der Acetat-Faserindustrie*, A 20, B, 1952
- 454 *Arbeiten in der Viskose-Industrie*, A 19, B, 1963
- 455 *Verarbeitung von Polyester- und Epoxyharzen*, A 6, B, 1964
- 456 *Arbeiten in der Seifen-, Wasch- und Reinigungsmittel-Industrie*, A 14, B, 1954
- 457 *Arbeit in der Steinkohlenteer-Industrie*, A 10, B, 1963
- 458 *Arbeit in der Erdöl-Industrie*, A 12, B, 1964
- 459 *Arbeit in der Karbid-Industrie*, A 7, B, 1964
- 460 *Umgang mit Methanol*, 1963
- 461 *Wer seine Gesundheit schätzt, schützt sich*, Merkblattzusammenstellung, Sulzer, Winterthur 1963
- 462 *Kennfarben über Sicherheit, Signale, Rohrleitungen, Druckgasflaschen*, Expertenkommission der Schweizerischen Chemischen Industrie, 1960. Ferner Normen des Schweizerischen Vereins Maschinenindustrieller vsm 18 575, 1964 (Rohrleitungen)
- 463 *Gefahrenkennzeichnung, Sicherheitsfarben und Sicherheitszeichen*, Deutsche Normen, DIN 4818, 1957
- 464 *Interne Strahlenwarnzeichen*, *Atomwirtschaft* 5 (1960) 235
- 465 *Arbeiten mit Phenol und Kresolen*, G 15, B, 1964
- 466 *Gebrauch von Werkzeugen in explosionsgefährdeten Räumen*, A 4, B, 1964
- 467 *Umgang mit Schwefelkohlenstoff*, A 17, B, 1960
- 5 *Bücher und Artikel über Sicherheit:*
- 511 RÜST und EBERT, *Unfälle beim chemischen Arbeiten*, Rascher, Zürich 1948
- 512 ZAPP, *Verhüte Unfälle, lerne helfen*, Zapp, 1958
- 513 GOTTSCHALK, *Handbuch der Unfallverhütung*, Ring, 1959
- 514 BERTSCHI, *Unfallverhütung*, Ott, Thun 1960
- 515 BLUMRICH, SCHWARZ und WINGLER, *Unfallverhütung im chemischen Laboratorium*, Thieme, Stuttgart 1961
- 516 GUGGER et al., *Sicherheit im Chemiebetrieb*, Econ, 1954
- 517 PATTY, *Industrielle Hygiene und Toxikologie*, 1958
- 518 SAX, *Handbook of Dangerous Materials*, Reinhold, 1963
- 519 *Liste der gewerblichen Gifte*, Birkhäuser, 1943
- 520 LOHS, *Synthetische Gifte*, Deutscher Militärverlag, E-Berlin 1963
- 521 *Alphabetische Liste der Schädlingbekämpfungsmittel und anderer giftiger Handelspräparate*, Eidgenössische Drucksachenzentrale, Bern 1958
- 522 *The Prevention of Occupational Accidents*, OEEC, 1957
- 523 KOCH, *Taschenbuch des Sicherheitsingenieurs*, Engel, W-Berlin 1958
- 524 SCHLEICHL, *Brandlehre und Brandschutz*, Hütling, 1955
- 525 SCHWARTZ, *Handbuch der Feuer- und Explosionsgefahr*, Schwann, Düsseldorf 1964
- 526 *Fire Extinguishment and Fire Alarm Systems*, 1958
- 527 SCHNEITER, *Die verfahrenstechnischen Aufgaben eines Betriebschemikers*, *technica* 9 (1963) 591
- 528 GRANDJEAN, *Physiologische Arbeitsgestaltung*, Ott, Thun 1963
- 529 *Verband Schweizerischer Verzinkungsindustrieller, Ein wertvoller Ratgeber für Dein persönliches Wohl*, 1957
- 530 *Maximale Arbeitskonzentration gesundheitschädlicher Stoffe* = МАК, Bundesministerium für Arbeit und Sozialordnung, Bonn 1963
- 531 *Eigenschaften der gebräuchlichen Lösungsmittel, Betriebsstoffe und Gase*, СУВА und ЕТН, Materialprüfung, 1955
- 532 GESSNER, *Die Beurteilung der Maßnahmen zur Verhütung von Gesundheitsschädigungen bei der Verwendung organischer Lösungsmittel, Gesundheit und Wohlfahrt 1949*, Heft 10, S. 33
- 533 GLOCK, *Explosionsgefahren und Explosionsschutz in Betriebsstätten*, Verlag Chemie, 1961
- 534 *Richtlinien für chemische Laboratorien*, B, 1961
- 535 *Preventing Static Electricity Fires*, *Chem. Eng.* 1964 (Dez.) 24, 73; 1965 (Jan.) 1, 63; 1965 (Febr.) 3, 85
- 536 *Lit. 22*, Heft 5 (1964) 35
- 537 *Ergonomics for Industry 1964*, Heft 5, Stationary Office, London
- 538 ISHIHORA, *Farbest-Tafeln*, 14 oder 24 Tafeln, zu beziehen bei H. K. LEWIS, London, oder bei L. HARTMANN, 8401 Winterthur, Tel. (052) 25292
- 539 H. FREYTAG, *Handbuch der Raumexplosionen*, Verlag Chemie, 1965
- 540 A. SHABICA, *Evaluating of Hazards in Chemical Processing*, *Chem. Eng. Progr.* 59 (1963) 57
- 6 *Filme über Sicherheit:*
1. *Sicherheit im chemischen Laboratorium*, Hartmann, Winterthur, Tel. (052) 25292
 2. *Chemical Booby Traps* (Chemische Gefahren im Labor), Hartmann, Winterthur
 3. *Erstickende Gase und Dämpfe*, Hartmann, Winterthur
 4. *Das Geheimnis des Herrn Barck: Erfolgreiches Vorgehen eines Sicherheitsingenieurs*, Hartmann, Winterthur
 5. *Vorsicht, Explosionsgefahr!* Berufsgenossenschaft der Chemischen Industrie, Gaisbergstraße 7, Heidelberg
 6. *Elektrostatische Aufladungen und ihre Gefahren*, Shell-Film, Löwenstraße 1, Zürich, Tel. (051) 253670
 7. *Achtung, Augen auf!* Unfallverhütung in chemischen Betrieben, СУВА, Luzern, Tel. (041) 26211