

## BGI A-Report 3/2005

# **Gefährdungsvermeidung beim Abfüllen und Abwiegen**

Zusammenfassung der Vorträge  
anlässlich des BGI A-Seminars  
G3 „Technische Schutzmaßnahmen“ am  
13./14. November 2002 in Dresden



HVBG

Hauptverband der  
gewerblichen  
Berufsgenossenschaften

Bearbeitet von: Nadja von Hahn  
Berufsgenossenschaftliches Institut für Arbeitsschutz – BGIA  
Sankt Augustin

Herausgeber: Hauptverband der gewerblichen Berufsgenossenschaften (HVBG)  
Berufsgenossenschaftliches Institut für Arbeitsschutz – BGIA  
Alte Heerstr. 111, D-53754 Sankt Augustin  
Telefon: +49 / 02241 / 231 – 01  
Telefax: +49 / 02241 / 231 – 1333  
Internet: [www.hvbg.de](http://www.hvbg.de)  
– September 2005 –

ISBN: 3-88383-684-2

ISSN: 1860-3491

# **Gefährdungsvermeidung beim Abfüllen und Abwiegen**

Zusammenfassung der Vorträge, gehalten anlässlich des BGIA-Seminars  
G3 „Technische Schutzmaßnahmen“ am 13./14. November 2002 in Dresden

## **Kurzfassung**

In vielen Bereichen der Industrie finden manuelle Abfüll- und Abwiegevorgänge statt. Diese Tätigkeiten, bei denen staubende Produkte von Hand abgewogen oder in Mischbehälter überführt werden, haben nicht nur eine zum Teil hohe Gefahrstoffexposition der Arbeitnehmer zur Folge, sondern bergen zusätzliche Gefährdungsquellen, wie beispielsweise ergonomische Fehlbelastungen durch das Heben und Tragen oftmals schwerer Gebinde oder Brand- und Explosionsgefahren durch das Auftreten von Stäuben. Um Schutzmaßnahmen für die betriebliche Praxis wirksam zu gestalten, wird es immer wichtiger, Arbeitsplätze und -verfahren ganzheitlich zu betrachten: Alle mit einer Tätigkeit verbundenen Gefährdungen sind zu identifizieren und zu beurteilen. Gleichzeitig müssen die daraus abgeleiteten Einzelmaßnahmen zur Gefährdungsbeseitigung bzw. -verringerung aufeinander abgestimmt und an die Erfordernisse der Praxis angepasst werden. Das Ergebnis ist ein Gesamtmaßnahmenkonzept, das häufig nicht nur zu mehr Sicherheit und Gesundheit am Arbeitsplatz beiträgt, sondern auch zu einer Verbesserung der Arbeitsbedingungen führt. Im Rahmen der G3-Seminarreihe des Berufsgenossenschaftlichen Instituts für Arbeitsschutz – BGIA stellten Fachleute ihre Erfahrungen mit Schutzmaßnahmen bei manuellen Abfüll- und Abwiegevorgängen vor. Das Ziel des Seminars war, die Teilnehmer über Einzelmaßnahmen und Gesamtkonzepte sowie über positive Praxisbeispiele für Schutzmaßnahmenkonzepte zu informieren und Hilfestellungen für die Unterstützung der Arbeitgeber in Fragen des Arbeitsschutzes beim Abfüllen und Abwiegen zu geben. Mithilfe der Arbeitsergebnisse werden dem Anwender Praxistipps und Hinweise zur Durchführung der Gefährdungsbeurteilung u. a. gemäß Gefahrstoffverordnung gegeben.

## **Hazard avoidance during filling and weighing**

Summary of papers delivered at the BGIA G3 seminar on technical protective measures, held in Dresden on 13/14 November 2002

### **Abstract**

In many areas of industry, filling and weighing operations are conducted manually. These activities, in which dust-raising products are weighed or transferred to blending tanks by hand, not only expose employees – partly considerably – to hazardous substances; they also harbour other hazards, such as ergonomic strain resulting from the lifting and carrying of the containers, which are frequently heavy, or fire/explosion hazard arising from the incidence of dust. In order for protective measures to be designed effectively for use in the field, it is increasingly important for workplaces and working methods to be considered as a whole: all hazards associated with a task must be identified and assessed. At the same time, the corresponding specific measures for eliminating or reducing the hazards must be adjusted to each other and to the practical requirements in the plant. The result is an overall concept of measures which frequently contributes not only to greater health and safety at the workplace, but also to an improvement in working conditions. In the G3 series of seminars held by the BG Institute for Occupational Safety and Health (BGIA), experts presented their experience with protective measures relating to manual weighing and filling processes. The objective of the seminar was to inform the participants of generic concepts, specific measures, and examples of protection concepts implemented successfully in practice, and also to support employers by providing guidance in OH&S issues related to filling and weighing. The work results will give the user practical advice for assessing hazards, also with regard to the Ordinance on hazardous substances.

## **Prévention des dangers lors du transvasement et de la pesée**

Synthèse des exposés présentés lors du séminaire BGIA G3 „Mesures de protection techniques“, qui s’est déroulé les 13 et 14 novembre 2002 à Dresde

### **Résumé**

Dans de nombreux secteurs de l’industrie, on procède à des opérations manuelles de pesée ou de transvasement de produits pulvérulents dans des mélangeurs. Ces activités présentent non seulement un danger d’exposition des ouvriers à des concentrations pouvant être élevées de substances dangereuses, mais sont également à l’origine de mauvaises postures lors du soulèvement et du transport de fardeaux souvent lourds ou de risques d’incendie et d’explosion dus à l’accumulation de poussières. Pour concevoir des mesures de protection efficaces, il est de plus en plus important de considérer globalement les postes de travail et les modes opératoires. Tous les dangers inhérents à une activité sont à identifier et à évaluer. En outre, les mesures individuelles pour l’élimination ou la diminution des dangers déterminés doivent être harmonisées et adaptées aux impératifs du mode opératoire. Le résultat est un concept global de mesures de protection qui conduit fréquemment, non seulement à plus de sécurité et d’hygiène sur le lieu de travail, mais également à une amélioration des conditions de travail. Dans le cadre de la série de séminaires G3 organisée par le Berufsgenossenschaftliches Institut für Arbeitsschutz – BGIA, des spécialistes faisaient part de leur expérience dans le domaine des mesures de protection applicables aux opérations manuelles de transvasement et de pesée. L’objectif du séminaire était de présenter aux collaborateurs des mesures individuelles, des concepts globaux ainsi que des exemples de concepts de mesures de protection adéquats mis en œuvre et de leur donner des recommandations pour l’assistance des employeurs dans le domaine de la protection des travailleurs lors du transvasement et de la pesée. A l’aide des résultats du travail, l’utilisateur peut obtenir des conseils pratiques ainsi que des instructions pour effectuer l’évaluation des risques selon – entre autres – la réglementation relative aux substances dangereuses.

## **Prevención de riesgos al envasar y pesar**

Resumen de las ponencias presentadas con ocasión del seminario BGIA G3 „Medidas técnicas de protección“, 13 y 14 de noviembre de 2002, en Dresden

### **Resumen**

En muchos sectores industriales se llevan a cabo actividades manuales para envasar y pesar. Al pesar manualmente productos polvorosos o al trasvasar estos a un mezclador no se generan solamente, en parte, elevadas exposiciones a sustancias peligrosas, sino se presentan ulteriores riesgos, tales como cargas ergonómicas erróneas por levantar y transportar embalajes, a menudo muy pesados, o incendios y explosiones a causa de polvos. La evaluación holística de puestos y procedimientos de trabajo se hace cada vez más importante para poder diseñar medidas efectivas de protección. Por lo tanto, se deberán identificar y evaluar todos los riesgos relacionados con una actividad. Al mismo tiempo, las medidas individuales derivadas de ello y dirigidas a eliminar o bien reducir los riesgos deberán ser conjuntadas y ajustadas a los requerimientos prácticos. Resultado de todo ello es un concepto consolidado de medidas, que, a menudo, no contribuyen solamente a mejorar la seguridad y salud laboral, sino también a perfeccionar las condiciones de trabajo. Las experiencias con medidas de protección en el marco de acciones de envasar y pesar fueron presentadas por expertos, con ocasión del ciclo de seminarios G3, organizados por el BG-Instituto de Seguridad y Salud Laboral (BGIA por sus siglas en alemán). Los seminarios tuvieron la finalidad de informar a los colaboradores sobre medidas individuales y conceptos consolidados, así como de presentar ejemplos positivos, derivados de la práctica, de conceptos para medidas de protección y de brindarle a los empresarios ayudas útiles referentes a aspectos de la seguridad laboral al envasar y pesar. Con la ayuda de los resultados del trabajo se dan al usuario informes prácticos e referencias para la ejecución de la evaluación de riesgos según la Directiva Sustancias Nocivas.

## Inhaltsverzeichnis

|          |   |           |
|----------|---|-----------|
| <b>1</b> | <b>Luftreinhaltung</b> .....  | <b>9</b>  |
|          | W. Pfeiffer,<br>Berufsgenossenschaftliches Institut für Arbeitsschutz – BGIA,<br>Sankt Augustin |           |
| <b>2</b> | <b>Staubminderungsmaßnahmen in der chemischen Industrie</b> .....                               | <b>19</b> |
|          | U. Götz,<br>Fa. BASF, Ludwigshafen  |           |
| <b>3</b> | <b>Ergonomie bei manuellen Abfüll- und Abwiegevorgängen</b> .....                               | <b>27</b> |
|          | M. Post,<br>Berufsgenossenschaftliches Institut für Arbeitsschutz – BGIA,<br>Sankt Augustin     |           |
| <b>4</b> | <b>Hebehilfen</b> .....   | <b>39</b> |
|          | D. Pöhl,<br>Fa. Espresso Deutschland Transportgeräte, Burgwedel                                 |           |
| <b>5</b> | <b>Volumenreduzierung und Abpackung<br/>von leeren Verpackungshüllen</b> .....                  | <b>43</b> |
|          | K. Borgner,<br>Fa. Borgner & Partner, Hirzenhain  |           |
| <b>6</b> | <b>Einsatz von Sackentleermaschinen in der Praxis</b> .....                                     | <b>49</b> |
|          | M. Tischer,<br>Fa. Druckfarbenfabrik Gebrüder Schmidt, Frankfurt am Main                        |           |
| <b>7</b> | <b>Maßnahmen zum Arbeitsschutz an Maschinen</b> .....   | <b>53</b> |
|          | R. Apfeld,<br>Berufsgenossenschaftliches Institut für Arbeitsschutz – BGIA,<br>Sankt Augustin   |           |
| <b>8</b> | <b>Betriebliche Umsetzung von Schutzmaßnahmen<br/>beim Abfüllen und Abwiegen</b> .....          | <b>65</b> |
|          | M. Weigerding,<br>Fa. Aventis Pharma Deutschland, Frankfurt am Main                             |           |
|          | <b>Ausblick</b> .....   | <b>79</b> |
|          | <b>Anschriften der Autoren</b> .....  | <b>81</b> |





# 1 Luftreinhaltung

Wolfgang Pfeiffer,  
Berufsgenossenschaftliches Institut für Arbeitsschutz – BGIA, Sankt Augustin

## 1.1 Einleitung

In vielen Bereichen der Industrie werden für Mischprodukte staubende und zum Teil hoch toxische oder krebserzeugende Grund- und Zuschlagsstoffe manuell abgewogen, bevor sie in Mischsysteme eingebracht werden. Beim Öffnen und Schließen von Gebinden (z. B. Säcke), Einfüllen der Stoffe, Abstellen der Gebinde, Ablegen der Leergebinde usw. treten teilweise hohe Staubemissionen auf. Besonders hohe Staubentwicklungen entstehen, wenn leere Säcke im Arbeitsbereich zur Entsorgung und gleichzeitigen Volumenreduzierung verdichtet und abgelagerte Stäube durch Fegen beseitigt werden. Aus einer Vielzahl diffuser Quellen gelangen somit Stäube in den Arbeitsbereich.

Eine Erfassung (Absaugung) dieser unterschiedlichen Emissionen ist in der Regel nur im Füllbereich der Mischprodukte möglich. Die im Umfeld entstehenden Staubemissionen strömen zur Absaugstelle (Strömungssenke) hin und belasten dort die Beschäftigten zusätzlich. Durch eine Reihe technischer Maßnahmen können die Emissionen vermieden werden. Daraus leiten sich allerdings Probleme ab, die die Bereiche Maschinenschutz sowie Brand- und Explosionsschutz betreffen. Darüber hinaus sind ergonomische Belastungen beim manuellen Bewegen von Gebinden, wie Aufnehmen, Absetzen, Einfüllen usw., zu beobachten. Daher sind Arbeitsverfahren zu entwickeln, die eine Emission und Staubausbreitung verhindern: Die Handhabung der Gebinde sollte vereinfacht werden und die Entsorgung von Leergebinden muss in geschlossenen Systemen erfolgen.

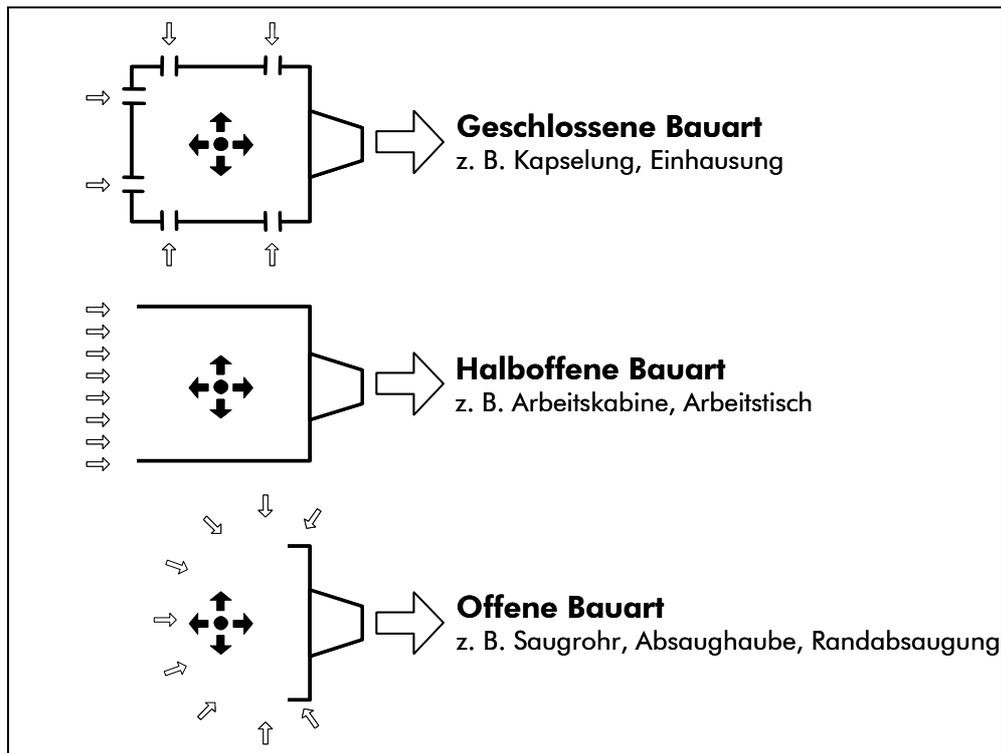
## 1.2 Erfassungstechnik

Soweit sich Emissionen von Gefahrstoffen nicht vermeiden lassen, sind an deren Quellen Erfassungseinrichtungen vorzusehen, z. B. in Abfüll- und Umfüllbereichen, die



in ihrer Wirksamkeit recht unterschiedliche Möglichkeiten bieten. Abbildung 1 zeigt eine Übersicht über die drei Grundarten von Erfassungseinrichtungen, die je nach den technischen Voraussetzungen in der Praxis anzuwenden sind.

Abbildung 1:  
Grundtypen von Erfassungseinrichtungen



Wo es möglich ist, sind Erfassungseinrichtungen geschlossener Bauart einzusetzen; nur sie ermöglichen eine vollständige Erfassung der Gefahrstoffe und erfordern im Gegensatz zu halboffenen und vor allem offenen Erfassungseinrichtungen deutlich niedrigere Absaugluftströme. Dies hat nicht nur positive wirtschaftliche Auswirkungen, sondern bietet auch technische Vorteile bei der Raumlüftung.

Bei halboffenen Erfassungseinrichtungen, wie Arbeitskabinen, muss der Arbeitsplatz im Frischluftstrom eingerichtet sein, d. h. der Beschäftigte muss sich im Einströmquerschnitt der Kabine aufhalten.

Offene Erfassungssysteme haben nur einen begrenzten Erfassungsbereich und eignen sich daher nur für eng begrenzte Emissionsbereiche.



Die erfassten Gefahrstoffe werden mit der Trägerluft über Rohrleitungssysteme einem Abscheider zugeführt. Diese Rohrleitungssysteme müssen so ausgelegt sein, dass Stoffe sich nicht ablagern können. Ansonsten könnte der Querschnitt verringert werden und die Folge wäre eine Volumenstromabsenkung und damit verbunden eine Verschlechterung der Erfassungswirkung. Ablagerungen sind auch aus Gründen des Brand- und Explosionsschutzes zu vermeiden.

### 1.2.1 Halboffene Erfassungssysteme – Dralltechnik

Besondere Probleme beim Erfassen von Emissionen entstehen, wenn Stoffe mit einem recht hohen Anfangsimpuls freigesetzt werden. Beim Einfüllen, z. B. Sackentleeren usw., treten solche Impulsströme dadurch auf, dass

- beim Herabfallen der Produkte Luft im Behälter stoßartig verdrängt wird,
- die Restentleerung der Säcke durch Schütteln erfolgt oder
- beim Herausziehen der Säcke eine Luftbewegung erzeugt wird.

Dies hat impulsartige Stoffströme im Bereich oberhalb des Füllbehälters zur Folge. Deshalb muss die Erfassungsgeschwindigkeit an der Erfassungsstelle so hoch sein, dass die mit hohem Strömungsimpuls freigesetzten Stoffströme von der Erfassungsluft völlig aufgenommen werden.

Abbildung 2 (siehe Seite 12) zeigt eine Strömungsform, die es erlaubt, Stoffströme mit hohem Impuls zu erfassen, die so genannte Dralltechnik. Diese Strömungsform ist einem in der Natur vorkommenden Wirbelsturm nachgebildet. Dabei wird ein rotierendes Unterdruckfeld mit Umfangsgeschwindigkeiten von bis zu 250 km/h erzeugt; im Zentrum entstehen Unterdrücke von mehr als 1 000 Pa.

Die Stoffströme werden spiralförmig entlang der Stromlinien in das Drallzentrum geleitet und zu den Absaugstellen innerhalb der Erfassungseinrichtung geleitet (Abbildung 3, siehe Seite 12).



Abbildung 2:  
Dralltechnik zur Erfassung von  
Stoffströmen

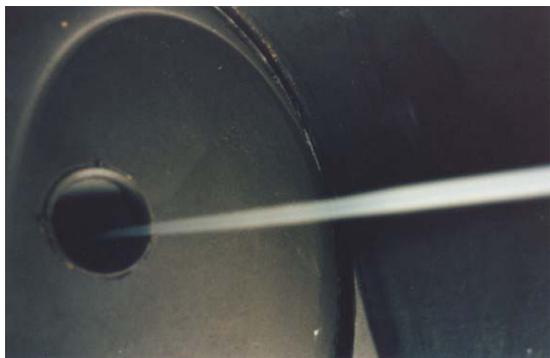


Abbildung 3:  
Ableitung durch Dralltechnik erfasster  
Stoffströme

Ein wesentlicher Vorteil der Dralltechnik besteht darin, dass über große Haubenlängen hinweg absolut gleichmäßige Erfassungsleistungen erreichbar sind. Die Druckverluste sind gegenüber herkömmlichen Erfassungssystemen nur geringfügig höher.

### 1.2.2 Offene Erfassungssysteme – Düsenplattensysteme

Bei offenen Erfassungssystemen ist die Erfassungstiefe gering. Nur in den seltensten Fällen genügen die in zahlreichen Publikationen beschriebenen Standardhauben den Ansprüchen an eine ausreichende Erfassung bei industrieller Stofffreisetzung.

Umfangreiche Untersuchungen haben gezeigt, dass Düsenplatten (Abbildung 4, siehe Seite 13) eine erheblich verbesserte Erfassungswirkung besitzen als herkömmliche Erfassungssysteme, bei gleichzeitig bis zu 30 % geringeren Luftströmen. Bisher wurden die Systeme hauptsächlich bei thermischen Prozessen eingesetzt, da die thermischen Auftriebskräfte die Luftströmung zusätzlich unterstützen; sie sind aber auch für den Bereich der Abfüllung staubender Produkte geeignet. Im Vergleich zu herkömmlichen



Systemen, wie Absaughauben oder Saugtrichter, sind sie wesentlich unempfindlicher gegenüber Querströmungen, platz sparender und verursachen darüber hinaus geringere Betriebskosten.



Abbildung 4:  
Prinzip und Ausführung einer Düsenplatte

Ein weiteres Anwendungsbeispiel zeigt Abbildung 5. Durch Aneinanderreihung gleichartiger Düsenplatten erreicht man im Vergleich zu den häufig anzutreffenden Schlitzabsaugungen eine hoch wirksame Erfassung an Bädern.

Abbildung 5:  
Prinzip und Ausführung einer Randabsaugung mit Düsenplattentechnik



### 1.3 Staubabscheider

Für die Staubabscheidung hinter der Erfassung sind ausschließlich filternde und unter bestimmten Umständen nass arbeitende Abscheider einzusetzen. Der Abscheideeffekt bei filternden Abscheidern ist eine Kombination aus verschiedenen Mechanismen, die je nach Partikelspektrum bzw. Partikelgröße unterschiedlich stark zur Abscheidewirksamkeit beitragen (Abbildung 6).

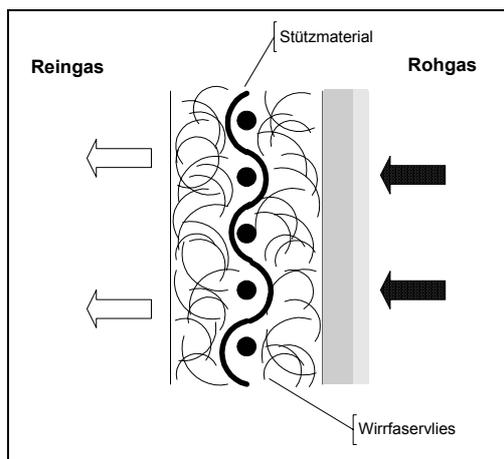


Abbildung 6:  
Abscheidevorgang  
bei einem filternden Abscheider

Üblicherweise erfolgt die Abscheidung auf den Filtermedien aufgrund von Trägheit (Impaktion), Sperrwirkung (Siebeffekt) und Diffusion. Die Filtermedien bestehen aus Schichtungen von Wirrfaservliesen oder -gestrieken, aus Schüttungen (siehe unten) bzw. Sinterelementen. Hierzu werden recht unterschiedliche Materialien, wie z. B. Kunststoffe, Metalle und Glas, verwendet.

Die Abscheidewirkung wird vom Filtermedium und von einer Reihe unterschiedlicher Randbedingungen beeinflusst. Einen wichtigen Einfluss hat dabei die insgesamt wirksame Filterfläche, die durch den so genannten Filterflächenbelastungsgrad ausgedrückt wird. Er gibt an, wie viel Luft durch einen Quadratmeter wirksamer Filterfläche strömt. Um die oben genannten Filtereffekte zu optimieren, sollte dieser Belastungsgrad möglichst niedrig sein, er bleibt jedoch durch die Baugröße der Filteranlage begrenzt. Der Wert für die richtige Filterflächenbelastung kann aufgrund von Praxiserfahrungen ermittelt werden.



Weitere, die Abscheidewirkung beeinflussende Effekte sind die konstruktive Gestaltung und die Luftführung innerhalb der Abscheider, wobei die Richtung der Filterflächenanströmung, die Form und Anordnung der Filtermedien, das Abreinigungsverfahren usw. wesentlich sind. Auch hierbei muss auf die Erfahrungen der Hersteller zurückgegriffen werden.

Bei nass arbeitenden Abscheidern erfolgt die Abscheidung aus dem Erfassungsluftstrom durch Absorption der abzuscheidenden Stoffe in einer Waschflüssigkeit (Abbildung 7). Die Waschflüssigkeit muss möglichst fein zerstäubt und mit den abzuscheidenden Teilchen in Kontakt gebracht werden. In einem nachgeschalteten Tropfenabscheider werden die im Tropfen eingebundenen Teilchen abgeschieden. Als Waschflüssigkeit wird überwiegend Wasser mit unterschiedlichen Zusätzen verwendet. Durch Verdunstung der Waschflüssigkeit wird der Luftstrom abgekühlt und somit auch eine teilweise Kondensation von noch nicht absorbierten Dämpfen erreicht.

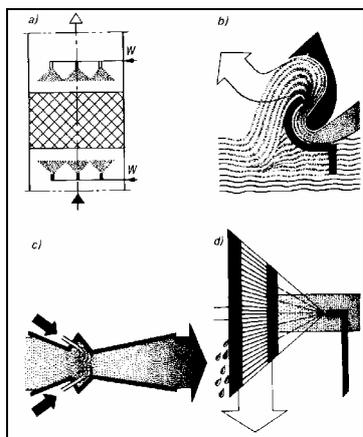


Abbildung 7:  
Bauausführungen von nass arbeitenden Abscheidern  
a) Sprühturm, b) Wirbelwäscher, c) Venturiwäscher,  
d) Rotationswäscher [1]

Die Nachteile nass arbeitender Abscheider bestehen hauptsächlich im relativ hohen technischen Aufwand und der damit verbundenen Baugröße bzw. im großen Platzbedarf für die Aufstellung, im hohen Wartungsaufwand und darin, dass die abgeschiedenen Stoffe aus der Waschflüssigkeit entfernt werden müssen. Der relativ hohe Druckverlust im Abscheider verursacht deutlich höhere Betriebskosten als bei anderen Abscheidern.



Die Abscheideanlagen sollten zertifiziert sein. Eine Reinaluftrückführung ist nur unter gewissen Bedingungen zulässig:

- die abgesaugte Luft muss ausreichend von Partikeln gereinigt sein,
- beim Umgang mit krebserzeugenden Stoffen ist eine Rückführung der abgesaugten Luft in den Arbeitsbereich nicht gestattet (Ausnahme: geeignete, geprüfte Industriestaubsauger und Mobilentstauber, weitere Ausnahmen siehe TRGS 560 [2]).

#### 1.4 Saugsysteme

In allen Bereichen der Abfüll- und Wiegeeinrichtungen lassen sich Staubablagerungen nicht vermeiden. Eine Reinigung durch Fegen ist hier unzulässig. Damit die Arbeitsbereiche ständig und ohne Staubaufwirbelungen gereinigt werden können, sind Saugsysteme zu verwenden. Diese lassen sich sehr gut in die Absauganlage für die Erfassungssysteme integrieren.

Werden Staubsauger zur Beseitigung von Ablagerungen oder Verschüttungen verwendet, müssen sie bestimmten Anforderungen genügen. Daher sollten nur geprüfte Industriestaubsauger verwendet werden (siehe BGIA-Handbuch [3] oder im Internet unter der Adresse [www.hvbg.de](http://www.hvbg.de), Webcode 481051). Sie können Stäube sicher aufnehmen und abscheiden.

Für die Beseitigung brennbarer Stäube müssen die zum Einsatz kommenden Geräte hierfür geeignet sein (Zündquellenfreiheit, ggf. CE-Kennzeichnung gemäß EG-Richtlinie 94/9/EG [4]).

#### 1.5 Literatur

- [1] VDI 3679-1: Nassabscheider für partikelförmige Stoffe (12.98). Beuth, Berlin 1998



- [2] Technische Regeln für Gefahrstoffe: Luftrückführung beim Umgang mit krebs-erzeugenden Gefahrstoffen (TRGS 560). Ausg. 5/96. B ArbBl. (1996) Nr. 5, S. 54-55
- [3] *von der Heyden, T.; Hinze, T.; Jurkus, R.*: Maschinen zur Beseitigung gesund-heitsschädlicher Stäube – Positivliste. Sicherheitstechnisches Arbeitsblatt 510 210. In: BGIA-Handbuch Sicherheit und Gesundheitsschutz am Arbeitsplatz. 2. Aufl. 46. Lfg. I/05. Hrsg.: Berufsgenossenschaftliches Institut für Arbeitsschutz – BGIA, Sankt Augustin. Erich Schmidt, Berlin 2003 – Losebl.-Ausg.  
[www.bgia-handbuchdigital.de/510210](http://www.bgia-handbuchdigital.de/510210)
- [4] Richtlinie 94/9/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 23. März 1994 zur Angleichung der Rechtsvorschriften der Mitgliedstaaten für Geräte und Schutzsysteme zur bestimmungsgemäßen Verwendung in explosionsgefährdeten Bereichen (ATEX-Produkt-Richtlinie). ABl. EG Nr. L 100 (1994), S. 1; zul. geänd. ABl. EG Nr. L 21 (2000), S. 42





## 2 Staubminderungsmaßnahmen in der chemischen Industrie

Uwe Götz,  
Fa. BASF, Ludwigshafen

Beim Umgang mit staubenden Produkten muss die Exposition der Mitarbeiter durch staubmindernde Maßnahmen möglichst gering gehalten werden. In der chemischen Industrie ist bei folgenden Arbeitsschritten mit relevanten Staubemissionen zu rechnen:

- Einfüllen,
- Abfüllen,
- Kommissionieren,
- Mahlen und
- Transportieren.

Die folgenden technischen Maßnahmen haben sich bewährt und wurden an zahlreichen Arbeitsplätzen mit Erfolg umgesetzt:

- Objektabsaugungen,
- Einsaugung von Feststoffen in den Kessel,
- Sackeinfüllstationen mit Absaugung,
- ablufffreie Sackabfüllung,
- Einsatz von Großgebinden,
- Abdeckungen und
- automatische Abfülleinrichtungen.

Im ersten Beispiel (Abbildung 1, siehe Seite 20) wird die Abfüllung von Vitamin B in einen Pappkarton mit Kunststoffinlay gezeigt. An der automatischen Abfüllstation ist



die installierte Ringabsaugung sehr gut zu erkennen. Nach Beendigung des Abfüllvorgangs wird die Verpackung auf einem Rollenband unter eine Folienschweißmaschine gefahren, um das Kunststoffinlay zu verschließen (Abbildung 2). Eine relevante Exposition gegenüber der einatembaren Staubfraktion (E-Staub) ist dabei nicht messbar. Die personenbezogen gemessene Konzentration der E-Staub-Fraktion liegt unterhalb von  $0,3 \text{ mg/m}^3$ .



Abbildung 1:  
Abfüllung von Vitamin B in  
einen Pappkarton mit Kunststoffinlay



Abbildung 2:  
Folienschweißmaschine zum  
Verschließen von Kunststoffinlays

Die Sackabfüllung hat in der Vergangenheit häufig zu hohen Staubexpositionen geführt. Durch neuartige Sackdesigns und zusätzliche Absaugvorrichtungen konnte die Exposition der Mitarbeiter drastisch reduziert werden (Abbildung 3, siehe Seite 21), sie findet nur noch beim Verschließen der Säcke statt. Durch eine zusätzliche Absaugung



(Abbildung 4) konnte die Exposition auch bei dieser Tätigkeit weiter reduziert werden. E-Staub-Werte von  $1,4 \text{ mg/m}^3$  belegen den Erfolg der durchgeführten Maßnahmen.

Abbildung 3:  
Beispiel für eine emissionsarme Sackabfüllung



Abbildung 4:  
Absaugung zur Verminderung  
der Exposition beim Sackverschließen

Das Einfüllen des staubenden Produktes KTC (Firmenbezeichnung) in einen Container mit Ringabsaugung (Abbildung 5, siehe Seite 22) hatte erhöhte Expositionen mit einer Konzentration von ca.  $3 \text{ mg/m}^3$  zur Folge. Nach Ausweitung der Produktion wurde eine Neuanlage mit entsprechenden Staubminderungsmaßnahmen konzipiert (Abbildung 6, siehe Seite 22), bei der eine Exposition gegenüber dem staubenden Produkt



praktisch nicht vorhanden ist. Mittels stationärer Probenahme konnte keine E-Staub-Fraktion nachgewiesen werden ( $< 0,3 \text{ mg/m}^3$ ).



Abbildung 5:  
Einfüllung von KTC in einen Container mit  
Ringabsaugung



Abbildung 6:  
Neuanlage zur Einfüllung von KTC in einen  
Container

Abbildung 7 (siehe Seite 23) zeigt die Abfüllung staubender Produkte in einen textilen Big-Bag. Bei diesem abluftfreien Einfüllsystem ist weder stationär noch personenbezogen eine Exposition messbar.

In Abbildung 8 (siehe Seite 23) wird das Einfüllen fester Stoffe in einen Reaktionskessel aus einem Big-Bag gezeigt. Durch einen Unterdruck im Kessel wird der Feststoff vollständig emissionsfrei in den Behälter eingebracht.



Abbildung 7:  
Abfüllung in  
Big.Bags



Abbildung 8:  
Einfüllung fester Stoffe aus  
Big-Bags in einen Reaktionskessel



Der Fotostabilisator Uvinul wird mittels Objektabsaugung in eine Kunststoffolie eingefüllt (Abbildung 9). Für den kritischen Arbeitsschritt des Kunststoffsack-Verschließens wurde eine spezielle Vorrichtung (Abbildung 10) konstruiert, die das Austreten von einatembaren Stäuben weitgehend verhindert.

Abbildung 9:  
Einfüllung von Uvinul mittels  
Objektabsaugung in Kunststoffolie



Abbildung 10:  
Vorrichtung zum emissionsarmen  
Verschließen von Kunststoffsäcken



Das Einfüllen von Sackware in Fässer ist stets mit hohen Staubkonzentrationen verbunden, E-Staub-Konzentrationen von über  $20 \text{ mg/m}^3$  sind keine Seltenheit (Abbildung 11, siehe Seite 24). Eine deutlich emissionsärmere Art der Einfüllung zeigt Abbildung 12 (siehe Seite 24): Mittels eines Hubwagens wird der einzufüllende Sack



unmittelbar vor die Einfüllöffnung platziert und anschließend der Einfüllöffnung zugeführt. Nach Optimierung des Einfüllsystems konnte die Staubkonzentration auf unter 10 % des ursprünglichen Wertes gesenkt werden.



Abbildung 11:  
Einfüllen von Sackware in Fässer

Abbildung 12:  
Emissionsarme Sackeinfüllung in Fässer



Farbsalze werden oft aus Fässern zur Weiterbearbeitung in Rührbehälter eingetragen. Diese Behälter sind mit einer Absaugung versehen, wodurch die gemessene Staubkonzentration sehr gering ist (Abbildungen 13 und 14, siehe Seite 25).

Bei der Einfüllung von Paraformaldehyd-Sackware in einen abgesaugten Rührbehälter (Abbildung 15, siehe Seite 25) ist keine Staubexposition messbar. Die abschließend sorgfältig durchgeführte Entsorgung der Leergebinde in einen Kunststoff sack führt ebenfalls nicht zu einer erhöhten Exposition (Abbildung 16, siehe Seite 25). Die



Persönliche Schutzausrüstung (PSA), die der Beschäftigte bei der Arbeit trägt, dient lediglich der Prävention.

Abbildung 13:  
Einfüllung von Farbsalzen  
aus Fässern in Rührbehälter



Abbildung 14:  
Absaugung eines Rührbehälters  
für Farben



Abbildung 15:  
Einfüllung von Sackware in  
einen abgesaugten Rührbehälter



Abbildung 16:  
Entsorgung von Leergebinden  
in einen Kunststoff sack



o-Phthalodinitril wird aus Wechselcontainern in einer abgesaugten Kabine eingefüllt (Abbildung 17, siehe Seite 26). Ein Rüttler beschleunigt den Einfüllvorgang. Der durch PSA geschützte Beschäftigte betritt die Kabine nur zu Kontrollzwecken und zum Wechseln des Containers (Abbildung 18, siehe Seite 26). Staubkonzentrationen wurden nur innerhalb der Kabine festgestellt.



Abbildung 17:  
Einfüllung von o-Phthalodinitril aus Wechselcontainern in einer abgesaugten Kabine



Abbildung 18:  
Kontrolle innerhalb einer abgesaugten Kabine





### 3 Ergonomie bei manuellen Abfüll- und Abwiegevorgängen

Markus Post,  
Berufsgenossenschaftliches Institut für Arbeitsschutz – BGIA, Sankt Augustin

#### 3.1 Einleitung

Erkrankungen des Muskel- und Skelettsystems sind eine häufige Ursache für krankheitsbedingte Fehlzeiten. Sie können durch Über- und Fehlbelastungen am Arbeitsplatz entstehen, die durch Heben und Tragen von Lasten, aber auch durch extreme Körperhaltungen verursacht werden [1]. Bei manuellen Füll- und Abwiegevorgängen ist der Anteil der gehandhabten Lasten an nicht optimierten Arbeitsplätzen überdurchschnittlich hoch. Der Zusammenhang zwischen äußerer Belastung und möglicher Schädigung des Muskel- und Skelettsystems soll im Folgenden aufgezeigt werden.

#### 3.2 Aufbau der Wirbelsäule

Die Wirbelsäule teilt sich in drei Bereiche (Abbildung 1):

- Halswirbelsäule,
- Brustwirbelsäule und
- Lendenwirbelsäule.

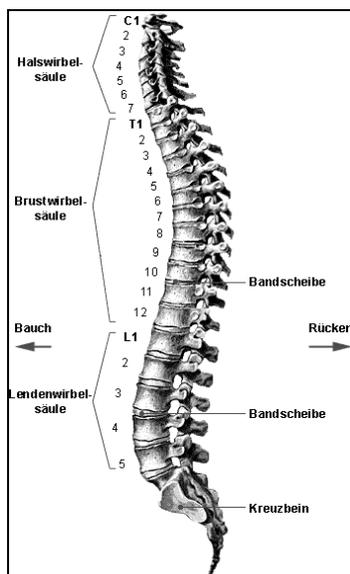


Abbildung 1:  
Detailansicht der Wirbelsäule [2]



Aufgaben der Wirbelsäule sind die Stützfunktion des menschlichen Körpers, die Stoßdämpfung beim Gehen sowie der Schutz des Nervenkanals.

Der am höchsten belastete Teil der Wirbelsäule ist der untere Abschnitt der Lendenwirbelsäule; entsprechend stark sind hier die Wirbel mit den dazugehörigen Bandscheiben ausgeprägt. Die Bandscheiben liegen zwischen den einzelnen Wirbeln; sie bestehen aus einem sehr festen sehnigen Faserring, dem Bandscheibenring, der den Bandscheibenkern aus Knorpel zusammenhält. Somit bilden die Bandscheiben – zwischen den Wirbeln sitzend – Stoßdämpfer und Kugelgelenk zugleich, die Druck- und Biegebelastungen der Wirbelsäule ausgleichen. Die Bandscheiben der Lendenwirbelsäule müssen, z. B. beim Anheben einer Getränkekiste, Kompressionskräfte von bis zu 4 000 N aufnehmen. Bei dieser Kraffteinwirkung verformt sich die Bandscheibe (Abbildung 2). Nach der Kraffteinwirkung geht eine gesunde Bandscheibe wieder in ihren Ausgangszustand zurück.

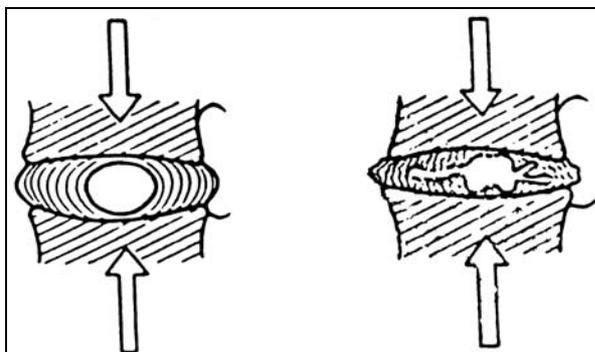


Abbildung 2:  
Verformung der Bandscheibe  
bei Kraffteinwirkung

Bei einer verschlissenen Bandscheibe wird der Abstand zwischen den Wirbeln aufgrund einer Schwächung des Faserrings immer geringer. Der Knorpelkern innerhalb des Faserrings kann sich verschieben, gegen den Faserring drücken, hier Risse verursachen und durch den Faserring immer weiter vorfallen. Ein Prolaps oder Bandscheibenvorfall entsteht. Drückt die Bandscheibe infolgedessen auf Nervenbahnen, führt dies zu Taubheitsgefühl bis hin zur Lähmung der unteren Extremitäten [2]. Um dies zu vermeiden, sollte beim Heben und Tragen von Lasten auf eine möglichst gerade Oberkörperhaltung geachtet werden (Abbildung 3, siehe Seite 29).

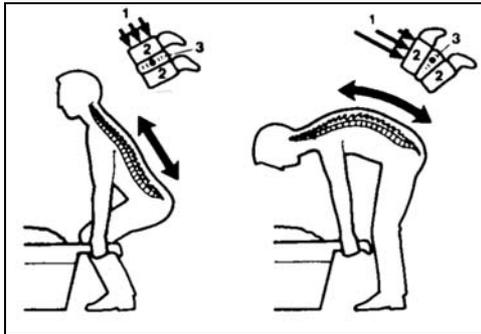


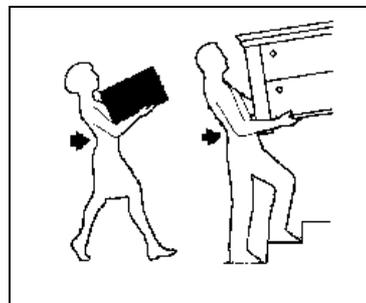
Abbildung 3:  
Günstige und ungünstige Körperhaltung beim  
Aufnehmen einer Last [3]

Ein gebeugter Rücken führt im Gegensatz dazu zu einer ungleichmäßigen Belastung der Bandscheiben und, bedingt durch die resultierenden Kraftmomente, zu höheren Kompressionskräften. Ebenso führt ein gebeugter und verdrehter Rücken, z. B. beim Umladen von Paketen (Abbildung 4), zu einer erhöhten Belastung der Bandscheiben. Aber auch bei durchgestrecktem Rücken können durch die so genannte Hohlkreuzhaltung hohe Belastungen für die Bandscheibe auftreten (Abbildung 5).

Abbildung 4:  
Gebeugter und verdrehter Rücken [4]



Abbildung 5:  
Hohlkreuzhaltung [4]



### 3.3 Körpergerechtes Arbeiten

Zur Vermeidung unnötiger Belastungen beim Heben und Tragen von Lasten empfiehlt es sich, folgende Punkte zu beachten:

- gerade Oberkörperhaltung,
- gleichmäßige Lastverteilung,
- Lasten körpernah Heben und Tragen.



Abbildung 6 zeigt das beidseitige Tragen von Lasten neben dem Körper bzw. das körpernahe Tragen von Lasten. Schwere große Lasten können z. B. durch die Nutzung von Hilfsmitteln schwerpunktnah auf dem Rücken getragen werden (z. B. Rucksack).

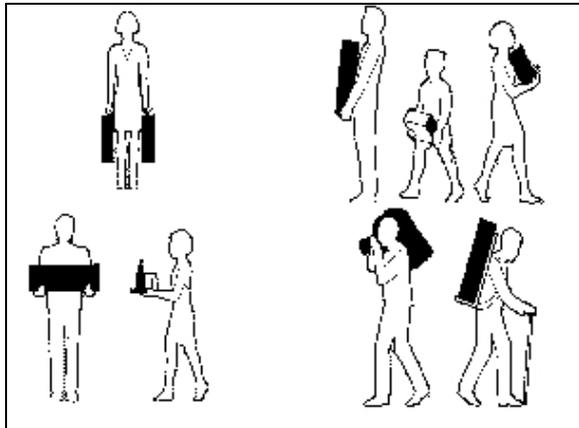


Abbildung 6:  
Körpergerechtes Handhaben  
von Lasten [4]

Weiterhin spielt die maßliche Gestaltung von Arbeitsplätzen eine wichtige Rolle für körpergerechtes Arbeiten. Da die Arbeit beim Abfüllen und Abwiegen von Gebinden überwiegend im Stehen ausgeführt wird, werden im Folgenden einige Empfehlungen für die richtige Einstellung von Tischhöhen gegeben.

Abbildung 7 zeigt optimale Tischhöhen in Abhängigkeit von der Arbeitsschwere [3]. So ist es bei feiner Arbeit günstig, die Ellenbogen auf dem Tisch abzustützen. Bei schwerer Arbeit sollte der Tisch so niedrig eingestellt werden, dass die kraftintensive Arbeit mit Unterstützung der Bauch- und Rückenmuskulatur durchgeführt werden kann. Zum anderen muss er aber noch so hoch sein, dass überwiegend in einer aufrechten Oberkörperhaltung gearbeitet werden kann.

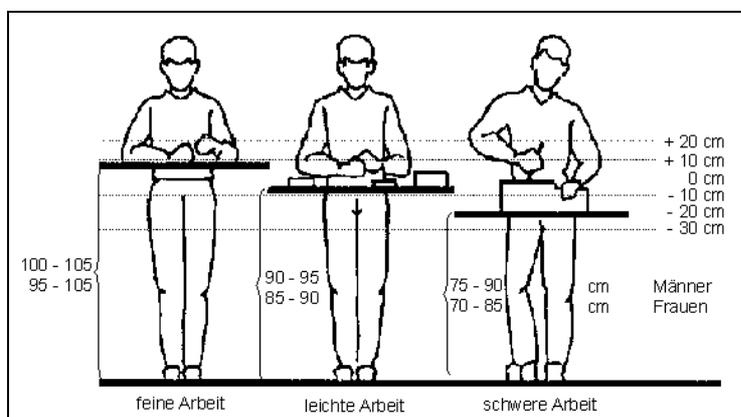


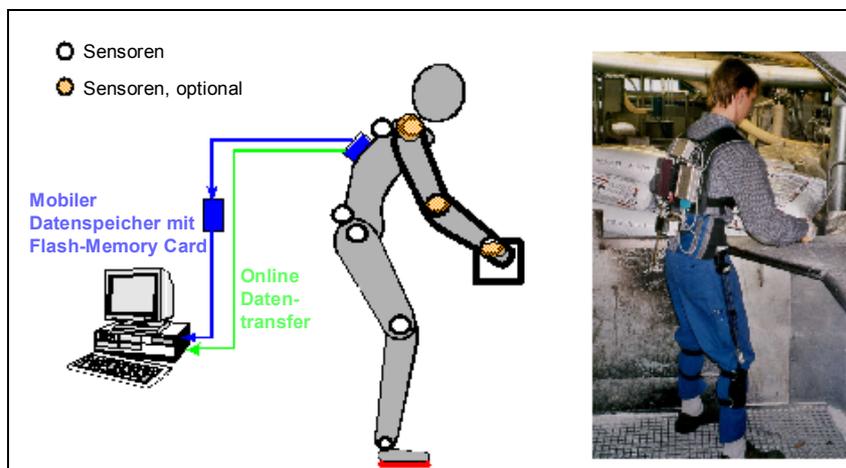
Abbildung 7:  
Tischhöhe in Abhängigkeit  
von der Schwere der Arbeit [3]

### 3.4 Gefährdungsermittlung mit dem Messsystem CUELA-HTR

Neben der theoretischen Beschreibung der Arbeitsplätze in puncto maßlicher Gestaltung und Lastenhandhabung soll nun ein Werkzeug vorgestellt werden, mit dem real existierende Arbeitsplätze sowie vollständige Arbeitsabläufe im Hinblick auf äußere Belastungen untersucht werden können. Das im Berufsgenossenschaftlichen Institut für Arbeitsschutz – BGIA entwickelte CUELA-Messsystem (CUELA, Computerunterstützte Erfassung und Langzeitanalyse von Belastungen des Muskel-Skelett-Systems) erlaubt eine kontinuierliche Erfassung von Körperhaltungen und gehandhabter Lasten [5].

Über der Arbeitskleidung des Probanden werden verschiedene Sensoren angebracht, von denen die einzelnen Gelenkbewegungen erfasst und auf ein Datenspeichersystem übertragen werden (Abbildung 8).

Abbildung 8:  
Prinzipielle Messanordnung des CUELA-HTR-Systems



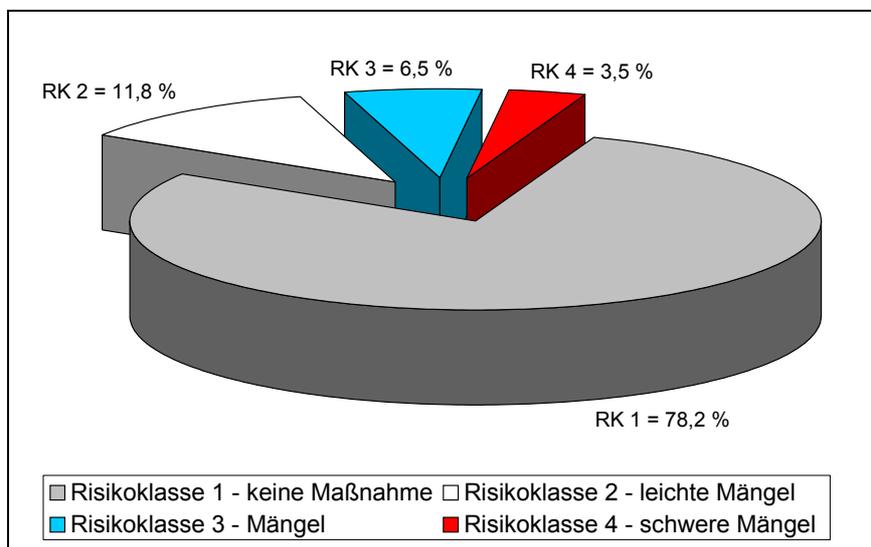
Zusätzlich erfassen in die Arbeitsschuhe eingelegte drucksensitive Sensoren die Bodenreaktionskräfte. Mit deren Hilfe können später die gehandhabten Lasten ermittelt werden. Alle gespeicherten Daten werden in einem zweiten Schritt in einem eigens dafür entwickelten Computerprogramm ausgewertet. Dabei sind verschiedene Darstellungsformen der Signaldaten, wie z. B. die Simulation einer animierten Computerfigur oder die Winkelzeitverläufe einzelner Messsensoren, möglich. Die Kombination der Messdaten erlaubt außerdem die Erfassung von Grundkörperhaltungen, sodass



diese Daten direkt in ein arbeitswissenschaftliches Verfahren zur Erfassung und Bewertung von Körperbelastungen überführt werden können.

Dieses arbeitswissenschaftliche Bewertungsverfahren – die so genannte OWAS-Methode (OWAS, OWAKO Working Posture Analysing System) – stuft die Tätigkeiten des Arbeitnehmers in Abhängigkeit von der Körperhaltung und den gehandhabten Lastgewichten in Risikoklassen ein (Abbildung 9).

Abbildung 9:  
Überführung der CUELA-Messwerte in die arbeitswissenschaftliche OWAS-Methode [6]; RK = Risikoklasse



Weiterhin ermöglicht ein biomechanisches Kettenmodell (Abbildung 10, siehe Seite 33) die Abschätzung der Kraftverhältnisse an der Bandscheibe L5/S1. Zu diesem Zweck wird der menschliche Körper in Massestücke aufgeteilt. Die Gelenkpunkte werden als Scharniere aufgefasst, sodass die in den Gelenken auftretenden Kräfte und Momente bestimmt werden können.

In Abbildung 11 (siehe Seite 33) ist der zeitliche Verlauf der Bandscheibenkompressionskraft am Übergang L5/S1 dargestellt. Der Proband palettiert Gebindeeimer mit einer Masse von 20 kg. Im ersten Fall geschieht dies körpernah; hier werden Kompressionskräfte in der Größenordnung von 3 000 N erreicht. Im zweiten Fall geschieht dies körperfern mit Kompressionskräften größer 4 000 N.

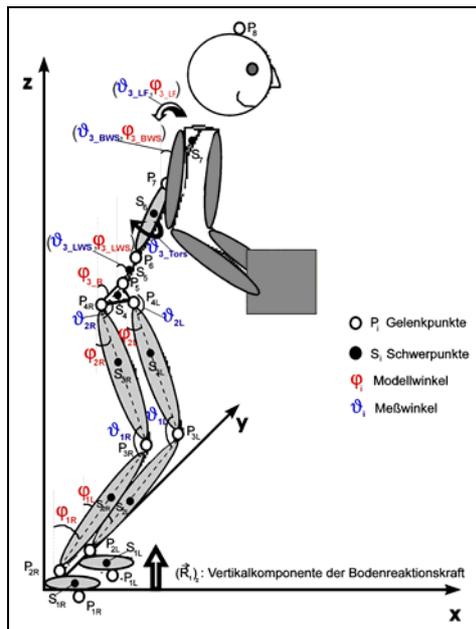
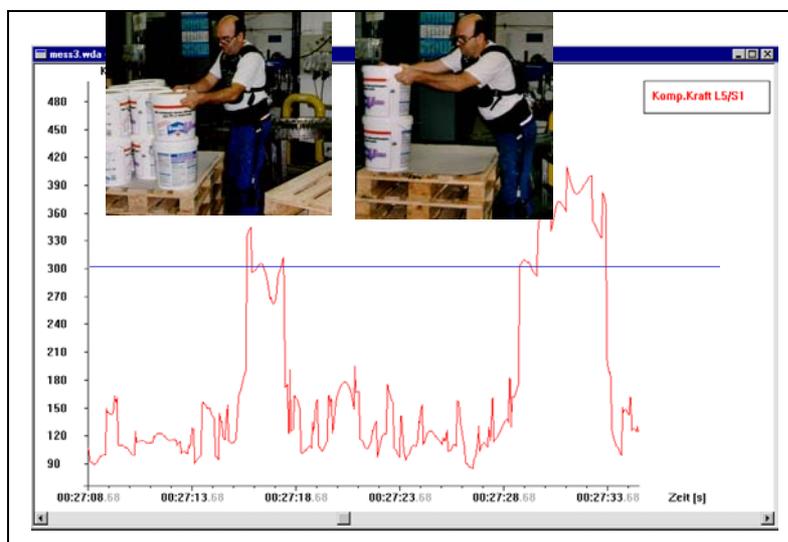


Abbildung 10:  
Biomechanisches Kettenmodell

Abbildung 11:  
Beispielhafter Verlauf der Kompressionskraft L5/S1; Kraft x 10

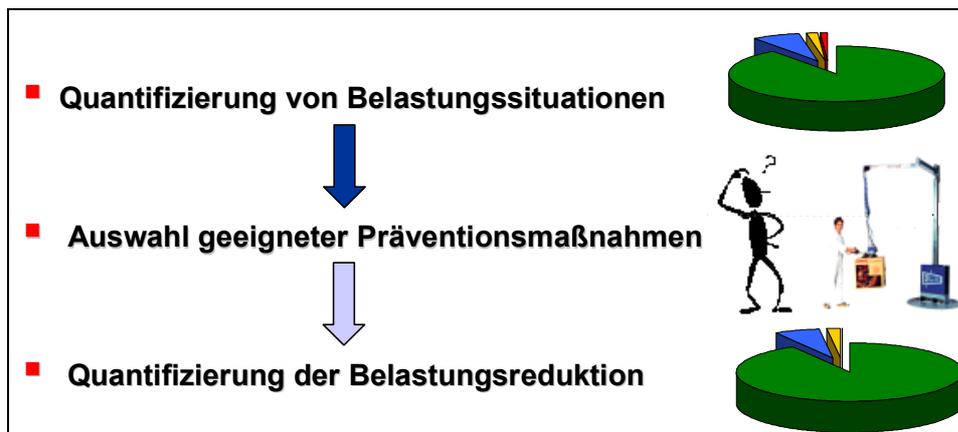


Mithilfe dieses Messverfahrens können Belastungsspitzen ermittelt und in Abhängigkeit von der Tätigkeit gezielte Präventionsmaßnahmen getroffen werden. Als für die Prävention sinnvoller Richtwert hat sich eine Kompressionskraft in der Größenordnung von 3 000 N ergeben. Dieser Richtwert ist natürlich abhängig von der körperlichen Konstitution des Arbeitnehmers.



Das CUELA-Messsystem wurde bereits in vielen Bereichen der Wirtschaft eingesetzt und hat sich auch unter harten Umgebungsbedingungen bewährt. Ein wichtiger Bereich der Präventionsaktivitäten des BGIA sind die betrieblichen Beratungen, deren Ablauf sich in zwei bzw. drei Phasen aufteilt (Abbildung 12).

Abbildung 12:  
Phasen einer Betriebsberatung



Zunächst wird die Belastungssituation vor Ort ermittelt. Durch Nutzung der Bewertungsverfahren können Belastungsspitzen am Arbeitsplatz des Beschäftigten erkannt und in einem zweiten Schritt Präventionsmaßnahmen eingeleitet werden. Abschließend besteht die Möglichkeit, die Wirksamkeit der umgesetzten Präventionsmaßnahmen zu ermitteln.

### 3.5 Beispiele aus der Praxis

Als Beispiele für eine betriebliche Beratung sollen zwei Arbeitsplätze vorgestellt werden, an denen Gebindeeimer abgefüllt und palettiert werden.

Am ersten Arbeitsplatz erfolgt die Abfüllung in Tischhöhe. Die anschließende Palettierung der Gebindeeimer geschieht mit der Hand (Abbildung 13, siehe Seite 35).

Am zweiten Arbeitsplatz werden die Gebindeeimer in Bodennähe abgefüllt und anschließend mithilfe eines Hebwerkzeuges palettiert (Abbildung 14, siehe Seite 35).



Abbildung 13:  
Handpalettierung

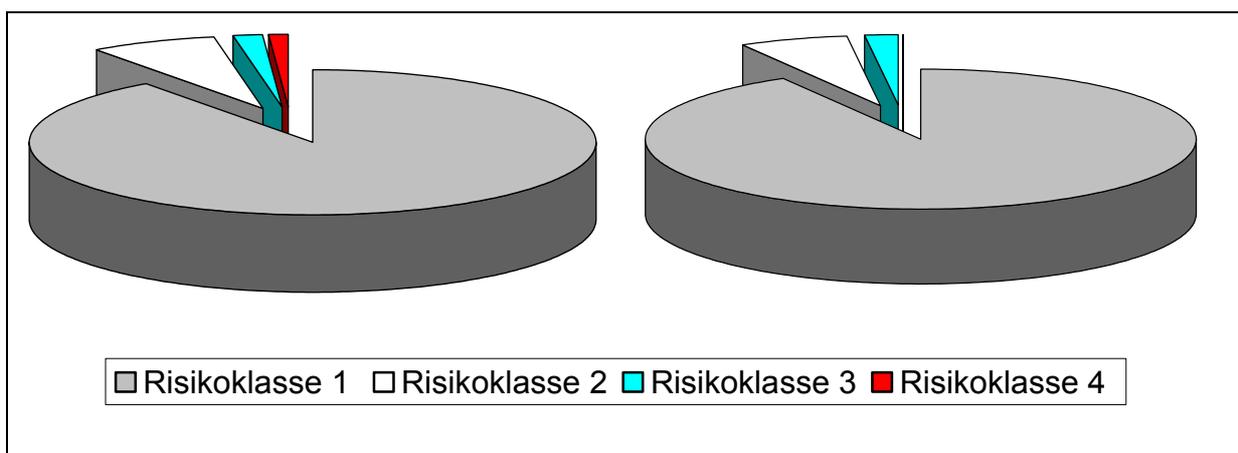


Abbildung 14:  
Palettierung mit Hebehilfe



Die arbeitswissenschaftliche Auswertung beider Arbeitsplätze zeigt erstaunlich ähnliche Ergebnisse (Abbildung 15). Ein Grund dafür ist, dass der Mitarbeiter an dem Arbeitsplatz ohne Hebehilfe zwar wesentlich mehr Lastgewicht bewegt, die einzelnen Hebe-phasen allerdings durch relativ lange Wartezeiten unterbrochen werden.

Abbildung 15:  
Risikoklasseneinteilung ohne (links) und mit Hebehilfe (rechts)

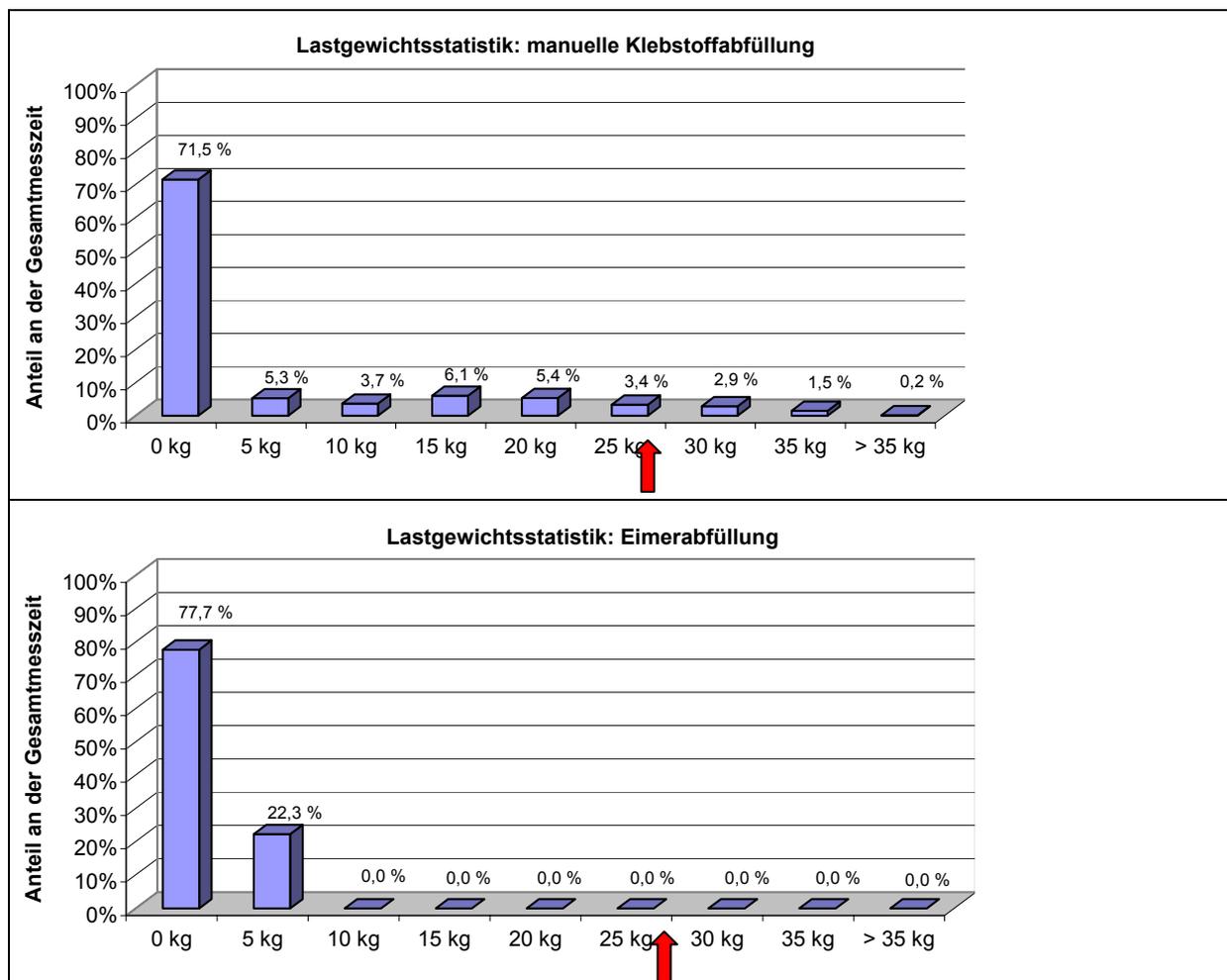


Die Unterschiede zwischen den beiden Arbeitsplätzen werden erst bei der Auswertung einzelner Belastungsmerkmale deutlich. So erkennt man, dass an dem Arbeitsplatz



ohne Hebehilfe ein höherer Anteil Oberkörper torsion vorliegt als an dem mit Hebehilfe. Ebenfalls höher ist der Anteil der Hohlkreuzhaltung sowie der Anteil der bewegten Lastgewichte (Abbildung 16). Der größere Anteil körperferner Lasthandhabung führt zudem zu hohen Bandscheibenkompressionskräften.

Abbildung 16:  
Lastgewichtsverteilung ohne und mit Hebehilfe



An beiden Arbeitsplätzen gleich ist der Anteil der Oberkörper vorbeugung. Hier ist der Arbeitsplatz, der mit der Hebehilfe ausgestattet ist, noch zu verbessern. Beispielsweise kann eine Griffverlängerung zu einer verbesserten Körperhaltung führen. Außerdem können am ersten Arbeitsplatz eine fehlende Anpassung der Palettenhöhe sowie ein-



geschränkte Platzverhältnisse beanstandet werden, wodurch ein unverhältnismäßig hoher Anteil von Oberkörperbeugung und Oberkörperdrehung entsteht.

Als positives Beispiel ist die in Abbildung 17 dargestellte Gebindefüllung von Fässern zu nennen. An diesem Arbeitsplatz sind die Arbeitshöhen gut angepasst und die Anzahl der Lasthandhabungen ist auf ein Minimum reduziert. Beachtenswert ist die Anordnung der Verschlusswerkzeuge in Arbeitshöhe über den Fässern. Darüber hinaus erfolgt der Fasstransport selbsttätig über eine Rollenbahn.



Abbildung 17:  
Gebindefüllung von Fässern

### 3.6 Ausblick

Bei manuellen Abfüll- und Abwiegevorgängen wird der größte Teil der körperlichen Belastungen durch Umsetzen von Säcken und ähnlichen Gebindefüllern hervorgerufen. Technische Hebehilfen können hier gute Dienste leisten, müssen allerdings auf die erforderliche Situation angepasst sein. Der reibungslose und zügige Umgang mit den Geräten ist bei den häufig zeitgetakteten Arbeiten zur Erzielung der notwendigen Akzeptanz von größter Wichtigkeit.



Ebenfalls spielt eine optimale Arbeitsorganisation eine große Rolle. Diese trägt z. B. dazu bei, unnötige Lastenbewegungen und belastende Körperhaltungen zu vermeiden.

### 3.7 Literatur

- [1] Verordnung über Sicherheit und Gesundheitsschutz bei der manuellen Handhabung von Lasten bei der Arbeit (Lastenhandhabungsverordnung – LasthandhabV) vom 4. Dezember 1996. BGBl. I (1996), S. 1842, zul. geänd. BGBl. I (2003), S. 2304
  
- [2] *Höher, J.; Leier, T.*: Rückenschmerzen. In: Medicine-Worldwide. Hrsg.: A Med-World AG, Aktiengesellschaft zur Darstellung von Medizin und Gesundheit im Internet: Berlin 2002.  
[www.m-ww.de/krankheiten/orthop\\_erkrankungen/ruecken.html](http://www.m-ww.de/krankheiten/orthop_erkrankungen/ruecken.html)
  
- [3] *Grandjean, E.*: Physiologische Arbeitsgestaltung. 4. Aufl. Ott, Thun 1991
  
- [4] Heben und Tragen von Lasten. Hrsg.: Bayerisches Landesamt für Arbeitsschutz, Arbeitsmedizin und Sicherheitstechnik, München 2002.  
[www.lfas.bayern.de/arbeitsmedizin/ergonomie/heben\\_tragen/lasten.html](http://www.lfas.bayern.de/arbeitsmedizin/ergonomie/heben_tragen/lasten.html)
  
- [5] *Ellegast, R.*: Personengebundenes Meßsystem zur automatisierten Erfassung von Wirbelsäulenbelastungen bei beruflichen Tätigkeiten. BIA-Report 5/98. Hrsg.: Hauptverband der gewerblichen Berufsgenossenschaften (HVBG), Sankt Augustin 1998
  
- [6] *Karhu, O.; Kansi, P.; Kuorinka, I.*: Correcting working postures in industry: A practical method for analysis. Appl. Ergonom. 8 (1977) Nr. 4, S. 199-201



## 4 Hebehilfen

Dietrich Pöhl,  
Fa. Expresso Deutschland Transportgeräte, Burgwedel

### 4.1 Einleitung

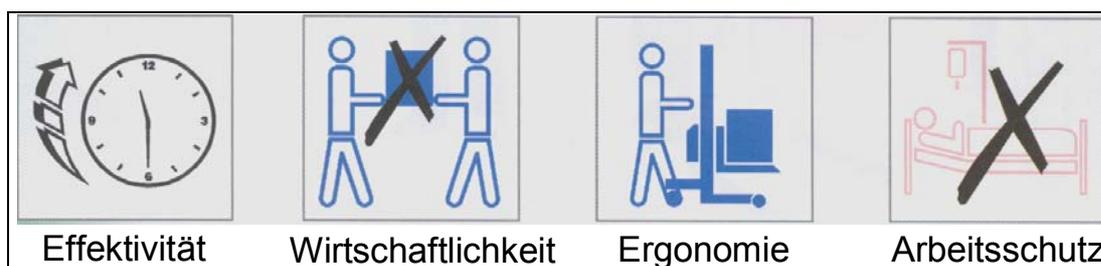
Die Menschheit hat zu jeder Zeit danach gestrebt, optimal auf den Arbeitsablauf abgestimmte Arbeitsmittel zu verwenden. Dabei hat es einen kontinuierlichen Fortschritt gegeben. Auf eine wissenschaftliche Basis wurden diese Bemühungen allerdings erst seit Mitte des 19. Jahrhunderts gestellt.

Aus den griechischen Wortstämmen „ergon“ (Arbeit) und „nomos“ (Regel bzw. Gesetz) wurde das Kunstwort „Ergonomie“ geformt, das die Wechselwirkungen zwischen Mensch und Arbeit beschreibt.

### 4.2 Ergonomie und Produktivität in unmittelbarem Zusammenhang

Ergonomische Arbeitsmittel werden in Betrieben nur dann als sinnvoll angesehen und angeschafft, wenn Ergonomie und Produktivität stimmen. Sind die Arbeitsmittel zu umständlich zu bedienen, so wird der produktive Output gemindert. Letztendlich zählen immer die wirtschaftlichen Gesichtspunkte für ein Unternehmen (Abbildung 1). Dabei ist ein Arbeitsmittel die kleinere Investition. Die Produktivität des Beschäftigten ist das Kapital des Unternehmens. Diesen Produktivitätsfaktor gilt es zu schützen, zu unterstützen und zu erhalten.

Abbildung 1:  
Wirtschaftliche Gesichtspunkte eines Unternehmens





Die Produktivität darf nicht alleine anhand einer Momentaufnahme bewertet werden, wie es viele Arbeitnehmer beim Test von Arbeitshilfen tun: Steht ein Testgerät zur Verfügung, wird häufig behauptet, dass z. B. eine Hebehilfe zu langsam arbeite und dass von Hand alles viel schneller ginge.

Richtig ist, dass der menschliche Körper viele komplexe Tätigkeiten, wie Greifen, Drehen und Heben, gleichzeitig ausführen kann. Dies kann er jedoch nicht – ohne Beeinträchtigung der Gesundheit – in einem über den gesamten Arbeitstag gleichmäßigem Tempo leisten.

### **4.3 Gesundheit der Mitarbeiter als Produktivitätsfaktor**

Eine Maschine ist austauschbar und auch bei einem Defekt problemlos wieder reparierbar. Aber was ist mit dem Menschen? Ist seine Wirbelsäule erst einmal kaputt, kann diese nicht einfach ausgetauscht oder instandgesetzt werden.

Je höher der technische Standard eines Unternehmens in seiner Ausstattung mit Arbeitsmitteln ist, umso besser sind mittel- und langfristig die produktiven Ergebnisse. Das lässt sich relativ leicht berechnen: Fällt z. B. ein Arbeitnehmer an einer Verpackungsstation, an der jeden Tag hunderte von Paketen vom Rollenband palettiert werden müssen, wegen eines Rückenleidens aus, so ist an diesem Arbeitsplatz sofort für Ersatz zu sorgen. Darüber hinaus muss der erkrankte Mitarbeiter weiter bezahlt werden. Der Ausfall des Mitarbeiters hat also eine doppelte Auswirkung. Die Investition in Hebe- und Transporthilfen sowie Handhabungssysteme zur Ausrüstung von Arbeitsplätzen scheint im Moment vielleicht verhältnismäßig groß, aber mittel- und langfristig sind solche Investitionen gering im Vergleich zu den Kosten und Produktivitätseinbußen, die durch sie eingespart werden.

### **4.4 Arbeitstempo**

Tätigkeiten, die den Körper stark beanspruchen, können nicht gleichmäßig den gesamten Tag über ausgeführt werden. Morgens wird motiviert und mit „Vollgas“ gearbeitet. Der „menschliche Akku“ wird aber im Laufe eines Arbeitstages leerer und



die Arbeitsgeschwindigkeit nimmt immer weiter ab, wobei der Bedarf an Pausen zunimmt. Unabhängig von der Konstitution des Arbeitnehmers ist eine gleichmäßige körperliche Arbeit, die das Heben, Tragen oder Bewegen von Lasten beinhaltet, über den Tag gesehen nicht möglich. Die Batterie einer Hebehilfe ist im Gegensatz zum „menschlichen Akku“ hingegen schnell wieder aufladbar.

#### **4.5 Anpassung der Technik an den Menschen und nicht umgekehrt**

Grundsätzlich geht es beim Thema Ergonomie darum, das Gefährdungspotenzial für den Menschen beim Arbeiten unter Berücksichtigung der Wirtschaftlichkeit und Arbeitsproduktivität möglichst niedrig zu halten.

Mitarbeiter sollen geschützt werden, um ihre Gesundheit und Arbeitskraft zu erhalten. Bei der Ergonomie müssen unterschiedliche Aspekte der Arbeitswelt berücksichtigt werden. Dabei soll der Mensch aber immer im Mittelpunkt der Betrachtungen stehen. Bei der Konstruktion von Arbeitsmitteln gab es zwar gewaltige Fortschritte, ein Arbeitsgerät ist aber nur dann effektiv, wenn es Sicherheit und Funktionalität optimal miteinander verbindet. Dann sind aber erst die selbstverständlichen Mindestanforderungen erfüllt. Im Hinblick auf die Arbeitssituation soll heute auch der ästhetische Aspekt eine Rolle spielen. Produktdesign ist also ebenfalls ein Gesichtspunkt der Ergonomie, wobei es sich um mehr als nur um das „Aussehen“ eines Arbeitsmittels handelt. Design heißt in diesem Zusammenhang auch Handlichkeit und Bedienbarkeit, denn ein Arbeitsmittel muss ohne Anstrengung betätigt werden können.

Ergonomische Arbeitsmittel sollen den Mitarbeiter schützen und den wirtschaftlichen Output erhöhen. Ein Arbeitsgerät ist mit der Kleidung vergleichbar – es muss wie angegossen passen, also auf den Anwender und die zu verrichtende Tätigkeit ausgerichtet sein. Nur wenn alle Voraussetzungen stimmen, können Arbeitsabläufe optimiert und Produkte wirtschaftlich hergestellt werden.

Ergonomische Arbeitsgeräte zum Handhaben und Transportieren von Lasten bieten diese Erleichterung und Unterstützung für die Arbeitnehmer zum Wohle ihrer Gesundheit und so schlussendlich auch zum Wohle der Betriebe.



## 4.6 Fazit

Die Nutzung von Transportgeräten, wie z. B. Stapelkarren (Abbildung 2) oder Vier-  
radwagen (Abbildung 3), und Hebehilfen, wie Vakuumheber (Abbildung 4) oder batte-  
riebetriebene Lifte (Abbildung 5), entlastet die Anwender elementar. Die Geräte lassen  
sich leicht bewegen und manövrieren und Lasten können dadurch einfacher gehand-  
habt werden. So wird eine gleichmäßige Arbeitsleistung der Mitarbeiter gewährleistet.

Abbildung 2:  
Stapelkarren



Abbildung 3:  
Vierradwagen mit sensorgesteuertem Antrieb



Abbildung 4:  
Mobiler Vakuumheber

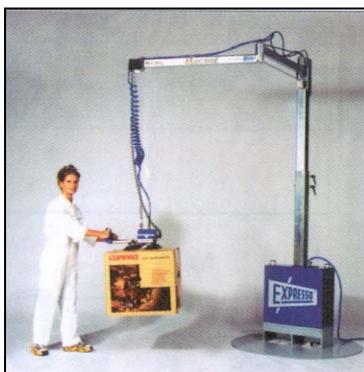


Abbildung 5:  
Batteriebetriebene mobile Hebehilfe





## **5 Volumenreduzierung und Abpackung von leeren Verpackungshüllen**

Klaus Borgner,  
Fa. Borgner & Partner, Hirzenhain

### **5.1 Einleitung**

Säcke sind nach wie vor eine unverzichtbare Gebindeart für Schüttgüter. Daran wird sich auch in nächster Zeit nichts ändern. An vielen Betriebsstätten werden aber nach wie vor beim Umgang mit Leersackhüllen gewerbehygienische Bestimmungen missachtet. Zwar wird das Schüttgut in abgesaugten Entleerungskabinen relativ staubarm aus den Säcken entleert, aber im Anschluss treten bei der Handhabung der entleerten Sackhüllen je nach Staub- oder Produkthanhaftung Staubemissionen auf.

Besonders intensiv ist die Staubbelästigung dann, wenn vor oder neben den Entleerungskabinen angehäufte Leersackhüllen zusammengedrückt und unverpackt oder in Gitterboxen durch Produktionsräume zur zentralen Ballenpresse oder zum Sammelcontainer getragen werden. Herausrieselnde Produktreste und aufgewirbelte Stäube verursachen nicht nur im direkten Umfeld der Sackentleerstation vermeidbare Kontaminationen. Auflagen und Forderungen nach hygienischeren Arbeitsplätzen sind deshalb Gründe für Optimierungsmaßnahmen an bestehenden Anlagen.

Staubbelästigungen um Sackschütten herum oder Produktablagerungen auf Fluren können durch den Einsatz von vertikalen oder horizontalen Abpacksystemen sowie geschlossenen Leersacktransporteinrichtungen zum großen Teil abgestellt werden.

Die Humanisierung der Arbeitsstätte ist neben dem sicherheitsrelevanten Aspekt ein Anschaffungsmotiv für derartige Systeme, wenn eine Rationalisierung aufgrund geringer Kapazitäten, z. B. bei Chargenbetrieben, nicht im Vordergrund steht.



## 5.2 Vertikale Leersackverdichter

Bei der einfachsten Art von Leersackverdichtern handelt es sich um seitlich an Sackschütten anflanschbare Vertikalkompaktoren (Abbildung 1). Diese können wegen ihres geringen Platzbedarfs auch an bestehenden Sackentleerstationen nachgerüstet werden und eventuell vorhandene Absackstutzen ersetzen.

Die entleerten Sackhüllen werden manuell direkt aus der Sackschütte durch eine Öffnung in der seitlichen Gehäusewand zugeführt. Eine Stempelhülse presst die Leersäcke in einen vertikal angeklebten Auffangsack. Die Auslösung erfolgt über ein Ventil an der Gehäuseaußenseite. Der Stempel fährt nur so lange aus, wie das Ventil gedrückt wird. Nach dem Loslassen fährt er sofort in seine Ausgangslage zurück. Durch die Büchsenform der Stempelhülse gibt es keine Scherkante, die Verletzungen verursachen oder Säcke beim Rückhub nach oben ziehen könnte.

Mobile Sonderkonstruktionen in Pharmaausführung, die bei Reinigungsvorgängen entkoppelt und entfernt werden, sowie autarke Varianten mit verschließbarem Einwurfsutzen ergänzen die Reihe der so genannten Einfachverdichter (Abbildung 2).

Abbildung 1:  
Anflanschbarer  
Vertikalkompaktor



Abbildung 2:  
Mobiler Einfachverdichter  
mit Folienauffangsack





Für höhere Volumenreduzierung stehen an Sackschütten oder an halbautomatischen Sackentleerungsgeräten anschließbare Vertikalverdichter mit pneumatischer oder hydraulischer Verdichtungseinheit zur Verfügung. Der Aufnahmesack wird bei diesem Gerät mit dem aufschwenkbaren Schutzgehäuse stabilisiert und gegen Beschädigung geschützt. Der Vertikalverdichter mit Schutz- und Stabilisierungsgehäuse erfüllt die Forderung nach sortenreiner Getrenntabpackung, da er sowohl in Auffanggebinde aus Folie als auch in solche aus Papier pressen kann (Abbildung 3).

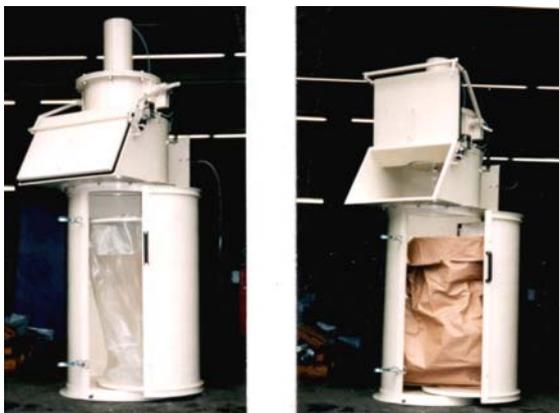


Abbildung 3:  
Autarke pneumatische Vertikalverdichter

In autarker Version ist dieser Verdichter mit einer verriegelten Aufgabeklappe und mit einem Absaugstutzen ausgestattet. Anstelle einer Anbindung an die Zentralentstaubung kann auch ein Bunkeraufsatzfilter direkt aufgeflanscht werden. Filterstäube werden in diesem Falle in das Auffanggebinde abgereinigt und mitentsorgt. Auf Wunsch sind auch Untergestelle für den mobilen Einsatz lieferbar.

### 5.3 Horizontale Schneckenverdichter

Horizontal abpackende Leersackschneckenverdichter werden in Verbindung mit Sackschütten und, wegen des Zwangseinzugs der Leersäcke sowie der kontinuierlichen Arbeitsweise, vorzugsweise in Kombination mit halbautomatischen- und vollautomatischen Sackentleerungsmaschinen eingesetzt. Die Leersackschneckenverdichter gibt es auch in autarker Version (Abbildung 4, siehe Seite 46).

Auffanggebinde sind neben einfachen Müllsäcken auch Schlauchbeutel, Leertücher und Big-Bag-Hüllen (Abbildung 5, siehe Seite 46).



Abbildung 4:  
Leersackschneckenverdichter



Abbildung 5:  
Leersackschneckenverdichter mit einfachem Müllsack  
bzw. Schlauchbeutel als Auffanggebinde



Für kontaminationsfreie Handhabung, z. B. von gesundheitsgefährdenden Produkten, ist die Schlauchfolienverpackung besonders geeignet. Über die am Außenmantel der Schnecke mittels Bajonettverschluss befestigte Aufnahmhülse (auch als Kartusche bezeichnet) werden 40 oder 50 m patentgespulte Schlauchfolie gestülpt und am Ende verschlossen. Das Bestücken kann außerhalb der Produktionsstätte erfolgen. Ist eine zweite Kartusche vorhanden, können die Rüstzeiten auf ein Minimum reduziert werden.

Während der Einpressung wird die Folie gleichmäßig und dichtschrüssig über einen speziellen Lippenring von der Kartusche abgezogen. Nach Erreichen einer einstellbaren Länge wird die mitfahrende Staudruckplatte entriegelt und der Schlauchsack



am Ende verschnürt. Da die Folie zwischen zwei Abschnürungen durchtrennt wird, kann der Bediener nicht in Kontakt mit den Verpackungsabfällen kommen.

Für toxische Stäube empfiehlt sich ein vertikaler Schneckenverdichter mit anschließendem Schweiß-Verschließ-Apparat. Nach Erreichen der gravimetrisch ermittelten Füllmenge wird die Schlauchfolie durch zwei gegeneinander pressende Schweißbacken beidseitig verschweißt. Nach der Abtrennung des gefüllten Sackes ist der Schlauchsack wieder aufnahmebereit für die nächste Befüllung. Am Befüllrohr befindet sich ein Absaugstutzen für Stäube.

#### 5.4 Volumenreduzierung

Produkteigenschaften, Sackmaterialien, behördliche Auflagen und Anforderungsprofile der Kunden haben oft projektspezifische Sonderanfertigungen zur Folge. Eine dieser Sonderausführungen ist eine Leersackzerkleinerungs- und Sackschnitzelabpackanlage. Hierbei erfolgt die Abpackung der zuvor in Streifen zerkleinerten Leersäcke durch eine vertikale Abpackschnecke mit Aufnahmedorn (Kartusche) und Endlosschlauchbeutel (Abbildung 6).



Abbildung 6:  
Leersackzerkleinerungs- und  
Sackschnitzelabpackanlage



Entleerte Säcke, die manuell zugeführt oder über einen Verbindungsschacht z. B. direkt aus einer automatischen Sackentleerungsmaschine kommen, gelangen via Einfülltrichter direkt auf die Zerkleinerungsmaschine, auch als „Shredder“ bezeichnet. Diese zieht die Säcke durch zwei gegenläufige Wellen mit versetzten Hakenmessern ein und zerkleinert sie in Streifen von ca. 150 mm x 14 mm (ähnlich einem Reißwolf).

Abstreifkämme komprimieren die Streifen vor dem Abwurf in die Abpackschnecke, wodurch das Volumen bereits reduziert wird. Doppelwandung und perforierte Wandsegmente an der Abpackschnecke ermöglichen eine kontinuierliche Absaugung von Reststäuben. Komplette Einhausungen schirmen das Umfeld zusätzlich ab.

Weitere Einrichtungen zur Volumenreduzierung und Abpackung von leeren Verpackungshüllen sind:

- Ballenpressen (Abbildung 7),
- Kombinationen von Leersackzuführschnecken und Ballenpressen sowie
- Leersacksammel- und Transportförderbänder zur Beschickung von Containerpressen.



Abbildung 7:  
Ballenpresse

## 5.5 Zusammenfassung

Emissionen bei der Leersackentsorgung treten nur dann auf, wenn entleerte Säcke staubbehaftet aus der Sackentleerungseinrichtung kommen. Deshalb ist es wichtig, aufeinander abgestimmte Sackentleerungs- und Leersackentsorgungssysteme einzusetzen, die darüber hinaus Voraussetzungen zur Deponierung oder zum Recycling erfüllen können.



## 6 Einsatz von Sackentleermaschinen in der Praxis

Michael Tischer,  
Fa. Druckfarbenfabrik Gebrüder Schmidt, Frankfurt am Main

Die Herstellung von Druckfarben ist ein physikalisches Verfahren, bei dem Lösungsmittel, Harze und Pigmente gelöst, gemischt und gemahlen werden. Der erste Verfahrensschritt besteht im Lösen von Harzen in Lösungsmittel. Die Harze werden meist als Sackware angeliefert, da sich zum einen durch den weltweiten Einkauf ein Rücktransport von Leergebinden nicht rechnet und zum anderen verschiedene Harze in eine Lösung gebracht werden.

Die manuelle Handhabung (Handaufgabe) an mehr oder weniger offenen Mischern bedeutet eine Belastung des Bedienpersonals durch Stäube und Lösungsmitteldämpfe. Mithilfe einer starken Absaugung kann dieses Problem gelöst werden. Dabei werden aber auch Lösungsmittel aus der Produktion abgesaugt, die in eine Abgasreinigungsanlage geführt werden müssen, um die Umwelt nicht zu belasten.

Daher wurde bei einem Massenprodukt eine Sackentleermaschine eingesetzt. Dies ist möglich, wenn nur ein Produkt oder miteinander verträgliche Produkte verarbeitet werden. Im Pigmentbereich (Rot, Blau, Gelb) ist dies nicht möglich; hier werden andere Systeme genutzt.

Die Sackentleermaschine ist auf einer Fläche von circa 7,6 x 3,4 m<sup>2</sup> untergebracht (Abbildung 1, siehe Seite 50). Sie kann pro Stunde bis zu 400 Säcke öffnen und entleeren, wobei sie von einer Person bedient wird (Abbildung 2, siehe Seite 50). Der Bediener steuert gleichzeitig auch die Weiterförderung der Produkte zu den einzelnen Mischern. An die Sackentleermaschine ist ein automatischer Leersackverdichter angeschlossen, in dem die entleerten Säcke staubfrei in Plastiksäcke verpresst und der Entsorgung zugeführt werden (Abbildung 3, siehe Seite 50).



Abbildung 1:  
Schematische Darstellung der eingesetzten Sackentleermaschine

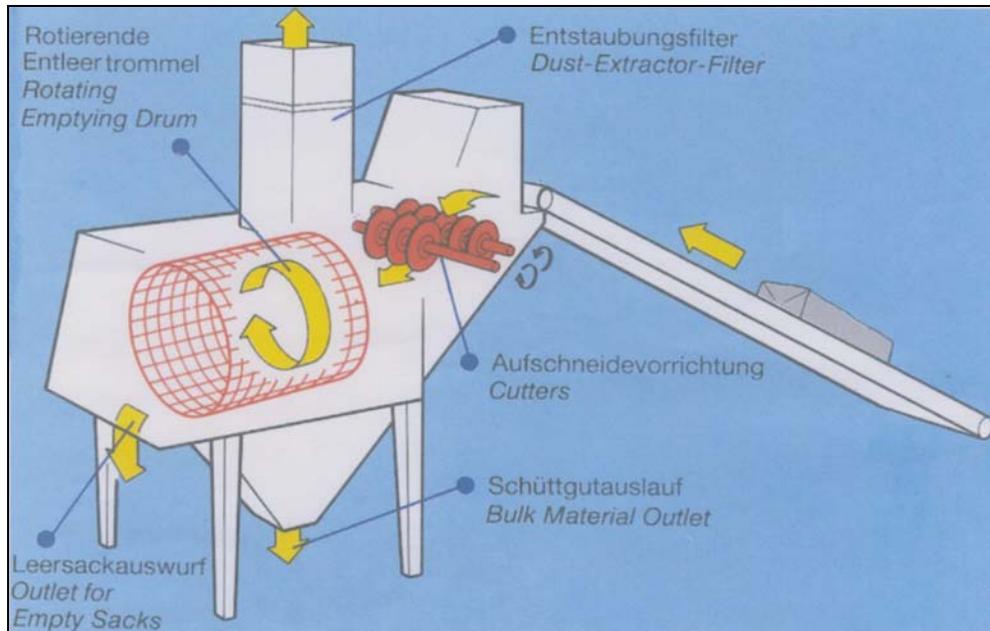


Abbildung 2:  
Sackaufgabe



Abbildung 3:  
Leersackverdichter



Durch den Leersackverdichter und die Staubabsaugung (Abbildung 4) an der Maschine konnten die Konzentrationen von Staub in der Luft am Arbeitsplatz von  $4,8 \text{ mg/m}^3$  auf  $1,1 \text{ mg/m}^3$  gesenkt werden. Eine Lösungsmittelbelastung ist nicht mehr gegeben, da die Lösungsmittel nun direkt in den Mischer gepumpt werden. An den Mixchern befindet sich kein ständiger Arbeitsplatz.



Abbildung 4:  
Staubabscheider

Durch die Minderung der Staub- und Lösungsmittelbelastung sowie zusätzliche Einsparung von Personal hat sich die Investition der Anlage schnell amortisiert.





## 7 Maßnahmen zum Arbeitsschutz an Maschinen

Ralf Apfeld,  
Berufsgenossenschaftliches Institut für Arbeitsschutz – BGIA, Sankt Augustin

### 7.1 Einleitung

Die Arbeit des Menschen an Maschinen wird von vielen Gefährdungen begleitet. Zu nennen sind hier u. a. mechanische und elektrische Gefährdungen, aber auch die Einwirkungen von Lärm, Vibration und Staub gefährden die Gesundheit des Menschen. Eine sehr umfangreiche Auflistung möglicher Gefährdungen ist in der Norm DIN EN 1050 „Sicherheit von Maschinen – Leitsätze zur Risikobeurteilung“ [1] zu finden. In diesem Beitrag sollen Gefährdungen aufgrund mechanischer und elektrischer Einwirkungen betrachtet und Hinweise zur Gestaltung von erforderlichen Schutzmaßnahmen gegeben werden.

### 7.2 Rechtsgrundlagen

Basis für alle sicherheitstechnischen Anforderungen an Maschinen ist die EG-Maschinenrichtlinie [2], die in Deutschland durch das Geräte- und Produktsicherheitsgesetz [3] rechtsverbindlich ist. Durch die EG-Konformitätserklärung (CE-Zeichen) bestätigt der Maschinenhersteller die Übereinstimmung mit der Richtlinie.

Die Maschinenrichtlinie nennt verbindliche Schutzziele und grundlegende Anforderungen, die jedoch in der Regel sehr allgemein gehalten sind. Man könnte meinen, die Maschinenrichtlinie lässt den Maschinenhersteller hier im Stich, denn es gibt selten konkrete Aussagen, wie ein Schutzziel zu erfüllen ist. Auf der anderen Seite behält der Maschinenhersteller aber dadurch seinen gestalterischen Spielraum bei der Konstruktion einer Maschine, den er für eigene kreative Lösungen nutzen kann. Der Zusammenhang zwischen Richtlinie und Normen ist in Abbildung 1 (siehe Seite 54) dargestellt.



Während die Maschinenrichtlinie verbindliche Schutzziele formuliert, konkretisieren harmonisierte Normen die Anforderungen, indem sie sich mit bestimmten Fragen zur Maschinengestaltung befassen. Beispielhaft genannt seien hier die Normen DIN EN 60204-1 [4] für die elektrische Ausrüstung von Maschinen und DIN EN 954-1 [5] für die Gestaltung von sicherheitsbezogenen Teilen von Steuerungen.

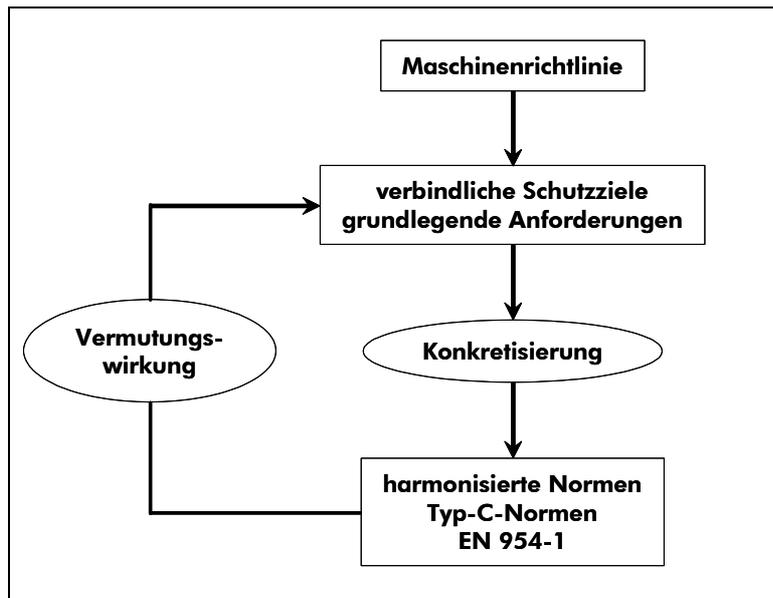


Abbildung 1:  
Maschinenrichtlinie  
und Normen

Eine weitere Erleichterung bei der Erfüllung der Anforderungen nach der Maschinenrichtlinie stellt die Anwendung von solchen harmonisierten Normen dar, die zusätzlich unter der Maschinenrichtlinie gelistet sind [6]. Hiermit verbunden ist die so genannte Vermutungswirkung. Wendet ein Maschinenhersteller eine gelistete Norm an, so kann er davon ausgehen, dass die Anforderungen nach der Maschinenrichtlinie bezüglich des betreffenden Sachgebiets erfüllt werden. Harmonisiert und gelistet sind u. a. die folgenden Normen:

- DIN EN ISO 12100-1: Sicherheit von Maschinen – Grundbegriffe, allgemeine Gestaltungsleitsätze – Teil 1: Grundsätzliche Terminologie, Methodologie [7]
- DIN EN ISO 12100-2: Sicherheit von Maschinen – Grundbegriffe, allgemeine Gestaltungsleitsätze – Teil 2: Technische Leitsätze [8]
- DIN EN 1050: Sicherheit von Maschinen – Leitsätze zur Risikobeurteilung [1]



- ❑ DIN EN 60204-1: Sicherheit von Maschinen – Elektrische Ausrüstung von Maschinen, Teil 1: Allgemeine Anforderungen [4]
- ❑ DIN EN 954-1: Sicherheit von Maschinen – Sicherheitsbezogene Teile von Steuerungen, Teil 1: Allgemeine Gestaltungsleitsätze [5]
- ❑ DIN EN 418: Sicherheit von Maschinen – NOT-AUS-Einrichtung: funktionelle Aspekte – Gestaltungsleitsätze [9]
- ❑ DIN EN 1088: Sicherheit von Maschinen – Verriegelungseinrichtungen in Verbindung mit trennenden Schutzeinrichtungen – Leitsätze für Gestaltung und Auswahl [10]
- ❑ DIN EN 1037: Sicherheit von Maschinen – Vermeidung von unerwartetem Anlauf [11]

Besonders hilfreich sind produktspezifische Normen (Typ-C-Normen). Diese behandeln spezielle Maschinen oder Maschinentypen und können daher detaillierter auf die erforderlichen Maßnahmen an spezifischen Gefahrenstellen eingehen.

### **7.3 Konstruktion einer sicheren Maschine**

Die grundlegenden Anforderungen der Maschinenrichtlinie an Maschinen finden sich im Anhang I der Richtlinie. Neben den allgemeinen Grundsätzen für die Integration der Sicherheit gibt es in diesem Anhang eigene Abschnitte zu Steuerungen und Befehleinrichtungen von Maschinen und Anforderungen an Schutzeinrichtungen.

Die grundlegenden Sicherheitsanforderungen bei der Gestaltung von Maschinen verpflichten den Hersteller, eine Gefährdungsanalyse durchzuführen, um alle mit der Benutzung der Maschine verbundenen Gefährdungen zu ermitteln. Eine Konkretisierung der Vorgehensweise erfolgt durch DIN EN ISO 12100-1 [7] und DIN EN ISO 12100-2 [8]. Um die mit den einzelnen Gefährdungen verbundenen Unfallrisiken auf ein akzeptables Maß zu reduzieren, ist hier folgende Reihenfolge festgelegt:



1. Grenzen der Maschine festlegen
2. Gefährdungen identifizieren und Risiko abschätzen
3. Gefährdungen beseitigen (konstruktiv) oder das Risiko soweit wie möglich einschränken
4. Schutzeinrichtungen gegen verbleibende Risiken einbauen
5. Benutzer über das Restrisiko informieren und davor warnen
6. ggf. zusätzliche Maßnahmen in Betracht ziehen

So sind Gefährdungen idealerweise bereits bei der Konstruktion zu vermeiden bzw. durch konstruktive Maßnahmen zu beseitigen. Erst wenn das nicht möglich ist, sind Schutzeinrichtungen gegen das verbleibende Risiko vorzusehen. Sehr selten gibt es Gefahrenstellen, die nicht konstruktiv vermieden oder durch die Verwendung von Schutzeinrichtungen abgesichert werden können. Nur in diesen seltenen Fällen ist es als einzige Maßnahme zulässig, den Benutzer über das Restrisiko zu informieren und entsprechende Warnhinweise zu verwenden.

Weiterhin ist festgelegt, dass nicht nur der Betrieb, sondern alle Lebensphasen einer Maschine berücksichtigt werden müssen, und zwar

- Bau,
- Transport und Inbetriebnahme,
- Einsatz und Gebrauch sowie
- Außerbetriebnahme, Abbau und Demontage.

Sind verschiedene Betriebsarten möglich, wie z. B. Einrichten, Teachen, Automatikbetrieb oder Störungsbeseitigung, so sind diese bei der Risikoanalyse zu berücksichtigen, denn die verbindlichen Schutzziele der Maschinenrichtlinie gelten natürlich immer.

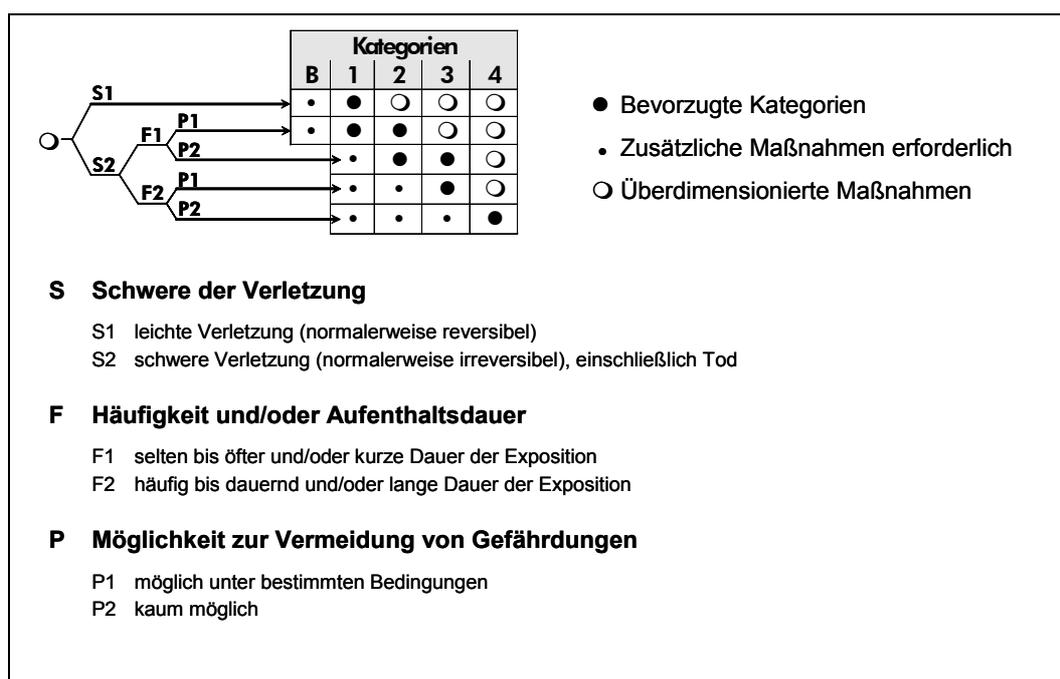


Dies wird in der Praxis leider nicht konsequent durchgeführt. Oft wird nur der Automatikbetrieb betrachtet und nicht der manuelle Eingriff, der u. a. zum Einrichten und zur Störungsbeseitigung erforderlich ist. Bei diesen Maschinen ist die Umgehung von Schutzeinrichtungen vorhersehbar. Damit ist es zweifelhaft, ob die Schutzziele der Maschinenrichtlinie erfüllt werden und die Kennzeichnung mit dem CE-Zeichen gerechtfertigt ist.

Das Verfahren zur Identifizierung von Gefährdungen sowie zur Risikoeinschätzung und -bewertung der einzelnen Gefährdungen wird in DIN EN 1050 [1] beschrieben. Auf der Basis dieser Norm sowie der Normen DIN EN ISO 12100-1 [7] und DIN EN ISO 12100-2 [8] beschreibt die DIN EN 954-1 [5] die erforderliche Risikominderung bei der Gestaltung und dem Aufbau von sicherheitsbezogenen Teilen von Steuerungen und Schutzeinrichtungen.

Grundlage für die Gefahrenanalyse ist die Norm DIN EN 1050 [1]. Anschaulicher ist jedoch das in Abbildung 2 dargestellte Verfahren. Obwohl der Risikograf nur im informativen Anhang der Norm enthalten ist, wird er in der Praxis fast immer verwendet.

Abbildung 2:  
Risikograph nach DIN EN 954-1 – Betrachtung ohne Schutzeinrichtung [5]





Die zu analysierende Gefahrenstelle wird ohne Schutzeinrichtung betrachtet und es werden die Kriterien

- Schwere der Verletzung (S),
- Häufigkeit und/oder Aufenthaltsdauer (F) sowie
- Möglichkeit zur Vermeidung von Gefährdungen (P)

bewertet. Dies führt im Grafen zu einer Zeile, in der die vollen Punkte die bevorzugte Kategorie für die untersuchte Gefahrenstelle vorgibt.

Mit den Kategorien B, 1, 2, 3 und 4 wird eine Einteilung der sicherheitsbezogenen Teile von Steuerungen in Bezug auf ihre Widerstandsfähigkeit gegen Fehler und ihr Verhalten im Fehlerfall vorgenommen. Eine höhere Widerstandsfähigkeit gegen Fehler bedeutet eine höhere mögliche Risikoreduzierung. Die Kategorien sind daher grundsätzlich geeignet, durch steuerungstechnische Mittel das Risiko an einer Maschine auf ein akzeptables Maß zu reduzieren. Eine kurze Übersicht der charakteristischen Eigenschaften der Kategorien zeigt Tabelle 1.

Tabelle 1:  
Steuerungskategorien nach DIN EN 954-1 [5]

| Kategorie | Anforderungen (Kurzfassung)   | Grundlegende Sicherheitsprinzipien | Bewährte Sicherheitsprinzipien |
|-----------|---|------------------------------------|--------------------------------|
| B         | Erwarteten Betriebs- und Umgebungsbeanspruchungen standhalten   | X                                  |                                |
| 1         | Anforderungen von <b>B</b> , Anwendung bewährter Bauteile   | X                                  | X                              |
| 2         | Anforderungen von <b>B</b> , Prüfung der Sicherheitsfunktionen in geeigneten (maschinenabhängigen) Zeitabständen  | X                                  | X                              |
| 3         | Anforderungen von <b>B</b> , Verlust der Sicherheitsfunktionen nicht bei einem einzelnen Fehler (mit common mode), Fehlererkennung „Wann immer in angemessener Weise durchführbar“            | X                                  | X                              |
| 4         | Anforderungen von <b>B</b> , Verlust der Sicherheitsfunktionen nicht bei einem einzelnen Fehler (mit common mode), Detektion während oder vor der nächsten Anforderung, Häufung bis maximal 3 | X                                  | X                              |



## 7.4 Schutzeinrichtungen gegen mechanische Gefährdungen

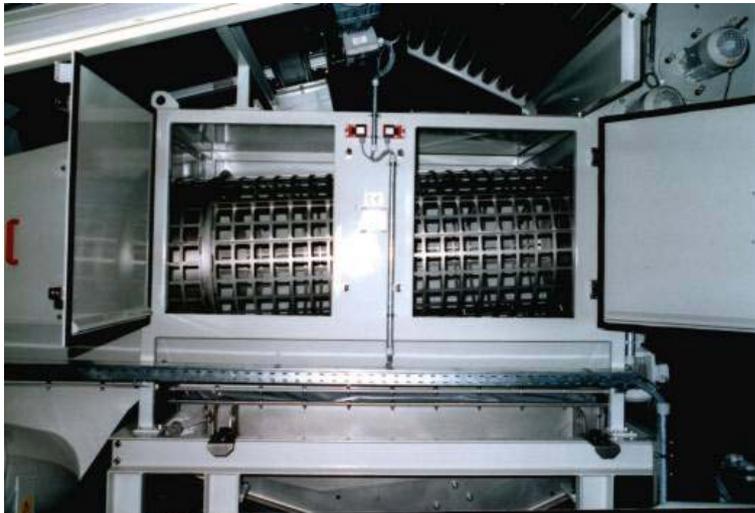
An praktisch jeder Maschine gibt es Gefahrenstellen, die durch Gefahr bringende Bewegungen verursacht werden. Beispielhaft sind hier Quetschstellen, Scherstellen, Fang-, Stich- und Einzugsstellen zu nennen. Falls diese Gefährdungen nicht durch konstruktive Maßnahmen beseitigt werden können, sind u. a. folgende Schutzeinrichtungen gegen die verbleibenden Risiken möglich:

- ☐ trennende Schutzeinrichtungen, z. B.
  - feststehend, trennend – z. B. Schutzzaun,
  - beweglich, trennend – z. B. Schutztür,
  - mit oder ohne Zuhaltung
- ☐ nicht trennende Schutzeinrichtungen, z. B.
  - berührungslos – z. B. Lichtschranke, Laserscanner,
  - mit Ortsbindung – z. B. Zweihandschaltung,
  - Zustimmungseinrichtung,
  - Schrittschaltung.

Die Anforderungen an die sicherheitsbezogenen Teile der Maschinensteuerung ergeben sich durch die Risikoanalyse. Sofern für die betreffende Maschine eine produktspezifische Norm zur Verfügung steht, kann jedoch bereits hier eine Festlegung der erforderlichen Kategorie nach DIN EN 954-1 erfolgt sein. In älteren Normen findet sich ggf. auch eine Beschreibung des erforderlichen Fehlerverhaltens, wie z. B. „Einfehlersicher“, ohne die betreffende Kategorie zu nennen. Falls keine Festlegung vorhanden ist, muss eine Risikoanalyse für jede Gefahrenstelle durchgeführt und daraus die betreffende Kategorie ausgewählt werden. Ein Beispiel ist in Abbildung 3 (siehe Seite 60) zu sehen.



Abbildung 3:  
Gefahrenstelle mit Schutzeinrichtung



Eine Risikoanalyse führt mit S2, F1 und P1 nach Abbildung 2 zu den Anforderungen von Kategorie 1 oder Kategorie 2 nach DIN EN 954-1. Da elektromechanische Positionsschalter zur Stellungsüberwachung der Schutzeinrichtungen verwendet werden sollen, wird die Kategorie 1 gewählt. Kategorie 2 würde eine den Betriebsablauf störende Testung der Sicherheitsfunktion erfordern, da das Öffnen und Schließen der Schutztüren erforderlich wäre.

Die Gefahrenstelle ist mit zwei Schutztüren (bewegliche trennende Schutzeinrichtung) abgesichert, deren Stellung von je einem Positionsschalter überwacht wird. Die Positionsschalter sind so mit der Maschinensteuerung verriegelt, dass die Maschine bei geöffneter Schutztür nicht gestartet werden kann und beim Öffnen einer Schutztür eine Stillsetzung der Gefahr bringenden Bewegung erfolgt. Der Schaltplan hierzu ist in Abbildung 4 (siehe Seite 61) prinzipiell dargestellt.

Durch Öffnen der Schutztür wird der Schaltkontakt des Positionsschalters S1 geöffnet und damit die Ansteuerung des Hauptschützes K1 unterbrochen. K1 fällt ab und trennt den Motor von der Energieversorgung. Die Folge ist ein ungesteuertes Stillsetzen des Antriebs. Erst nach Schließen der Schutztür kann der Antrieb erneut eingeschaltet werden.

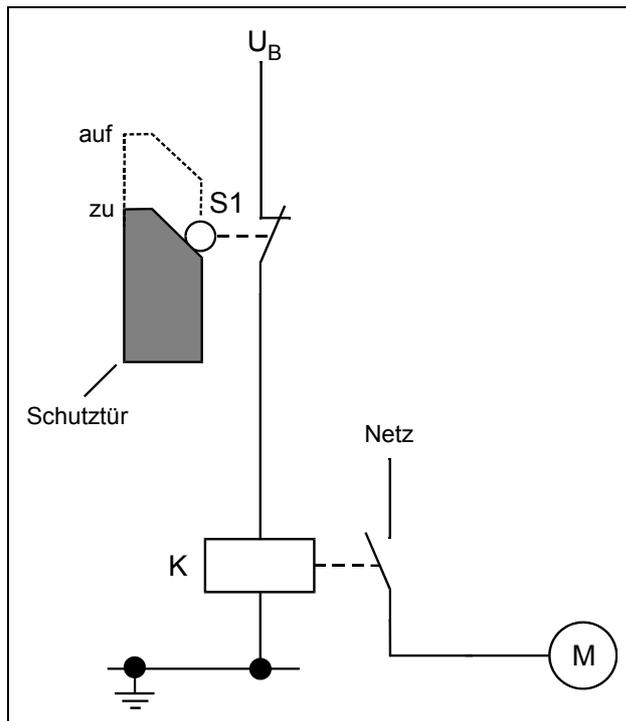


Abbildung 4:  
Elektromechanische Steuerung in  
Kategorie 1 nach DIN EN 954-1

Weitere Hinweise zur Risikoanalyse sowie Schaltungsbeispiele für die unterschiedlichen Kategorien und Technologien finden sich im BIA-Report 6/97 [12].

## 7.5 Elektrische Ausrüstung von Maschinen

Anforderungen an die elektrische und elektronische Ausrüstung von Maschinen sind in DIN EN 60204-1 [4] festgelegt. Sie gilt für Maschinen, die während des Arbeitens nicht von Hand getragen werden und die mit Nennspannungen bis einschließlich 1 000 V Wechselspannung oder 1 500 V Gleichspannung betrieben werden. Hierbei werden sowohl die Gefährdungen betrachtet, die sich durch das direkte bzw. indirekte (durch Isolationsfehler) Berühren von leitfähigen Teilen ergeben, als auch die Fehlermöglichkeiten in Steuerstromkreisen, die zu Gefahr bringenden Bewegungen führen können. Weiterhin wird Wert auf die Funktionssicherheit von Maschinen gelegt, da hiermit die Störanfälligkeit reduziert wird. Geringere Störanfälligkeit bedeutet weniger manuelle Eingriffe zur Störungsbeseitigung und damit eine geringere Unfall- und Verletzungsgefahr.



Der Betrachtungsbereich der DIN EN 60204-1 beginnt an der Netzanschlussstelle und berücksichtigt im Wesentlichen

- die Netztrenneinrichtung,
- den Schutz gegen elektrischen Schlag,
- den Schutz der Ausrüstung, u. a. vor Überlastung,
- das Schutzleitersystem,
- die Steuerstromkreise,
- die Bedienerschnittstelle,
- die elektronische Ausrüstung,
- die Schaltgeräte,
- Verdrahtung, Leiter und Kabel,
- die Motoren,
- die Kennzeichnung,
- die technische Dokumentation sowie
- die Prüfungen.

Der Einsatz von elektronischen Bauteilen in sicherheitsrelevanten Stromkreisen wird in der gültigen Fassung der DIN EN 60204-1 von 1998 teilweise ausgeschlossen. Dies trifft z. B. auf das Stillsetzen im Notfall zu. Es ist jedoch in Normungskreisen eine zunehmende Akzeptanz für elektronische Lösungen festzustellen. Bereits jetzt sind Abweichungen möglich, wenn andere zutreffende Normen Anwendung finden, die zu einer vergleichbaren Sicherheit führen (vgl. Vorwort in [4]).

Weitere Hinweise zur Anwendung der DIN EN 60204-1 finden sich in Band 26 der VDE Schriftenreihe Normen [13]. Darüber hinaus steht im Internet unter der Adresse



www.hvbg.de/bgia, Webcode 497121 eine Prüfliste zum Herunterladen zur Verfügung.

## 7.6 Literatur

- [1] DIN EN 1050: Sicherheit von Maschinen – Leitsätze zur Risikobeurteilung (01.97). Beuth, Berlin 1997
- [2] Richtlinie 98/37/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 22. Juni 1998 zur Angleichung der Rechts- und Verwaltungsvorschriften der Mitgliedstaaten für Maschinen (Maschinen-Richtlinie). ABl. EG Nr. L 207 (1998), S. 1; zul. geänd. ABl. EG Nr. L 331 (1998), S. 1
- [3] Gesetz über technische Arbeitsmittel und Verbraucherprodukte (Geräte- und Produktsicherheitsgesetz – GPSG) vom 6. Januar 2004. BGBl. I (2004), S. 2, ber. BGBl. I (2004), S. 219
- [4] DIN EN 60204-1: Sicherheit von Maschinen – Elektrische Ausrüstung von Maschinen, Teil 1: Allgemeine Anforderungen (11.98). Beuth, Berlin 1998
- [5] DIN EN 954-1: Sicherheit von Maschinen – Sicherheitsbezogene Teile von Steuerungen, Teil 1: Allgemeine Gestaltungsleitsätze (03.97). Beuth, Berlin 1997
- [6] References of harmonised standards. Machinery.  
<http://europa.eu.int/comm/enterprise/newapproach/standardization/harmstds/reflist/machines.html>
- [7] DIN EN ISO 12100-1: Sicherheit von Maschinen – Grundbegriffe, allgemeine Gestaltungsleitsätze – Teil 1: Grundsätzliche Terminologie, Methodologie (04.04). Beuth, Berlin 2004
- [8] DIN EN ISO 12100-2: Sicherheit von Maschinen – Grundbegriffe, allgemeine Gestaltungsleitsätze – Teil 2: Technische Leitsätze (04.04). Beuth, Berlin 2004



- [9] DIN EN 418: Sicherheit von Maschinen – NOT-AUS-Einrichtung, funktionelle Aspekte – Gestaltungsleitsätze (03.97). Beuth, Berlin 1997
  
- [10] DIN EN 1088: Sicherheit von Maschinen – Verriegelungseinrichtungen in Verbindung mit trennenden Schutzeinrichtungen – Leitsätze für Gestaltung und Auswahl (02.96). Beuth, Berlin 1996
  
- [11] DIN EN 1037: Sicherheit von Maschinen – Vermeidung von unerwartetem Anlauf (04.96). Beuth, Berlin 1996
  
- [12] *Kleinbreuer, W.; Kreuzkamp, F.; Meffert, K.; Reinert, D.*: Kategorien für sicherheitsbezogene Steuerungen nach EN 954-1. BIA-Report 6/97. Hrsg.: Hauptverband der gewerblichen Berufsgenossenschaften (HVBG), Sankt Augustin 1997
  
- [13] *Heyder, P.; Gohlke, K.; Panten, D.*: Elektrische Ausrüstung von Maschinen. Erläuterungen zu DIN EN 60204-1 (VDE0113 Teil 1). Schriftenreihe Normen 26. 4. Aufl. 1999



## 8 Betriebliche Umsetzung von Schutzmaßnahmen beim Abfüllen und Abwiegen

Michael Weigerding,  
Fa. Aventis Pharma Deutschland, Frankfurt am Main

### 8.1 Einleitung

In der pharmazeutischen Industrie wird eine Vielzahl von Gefahrstoffen gehandhabt. Sie kommen bei der Synthese, Reinigung, Formulierung und Analytik der pharmazeutischen Produkte zum Einsatz. Die Handhabung dieser Gefahrstoffe wird durch die Gefahrstoffverordnung (GefStoffV) [1] und das nachgeordnete technische Regelwerk bestimmt. Neben den bekannten herkömmlichen Gefahrstoffen unterliegen auch Arzneimittelwirkstoffe den Umgangsvorschriften der GefStoffV. Die Verordnung berücksichtigt allerdings nicht die pharmakologischen Besonderheiten dieser Wirkstoffe.

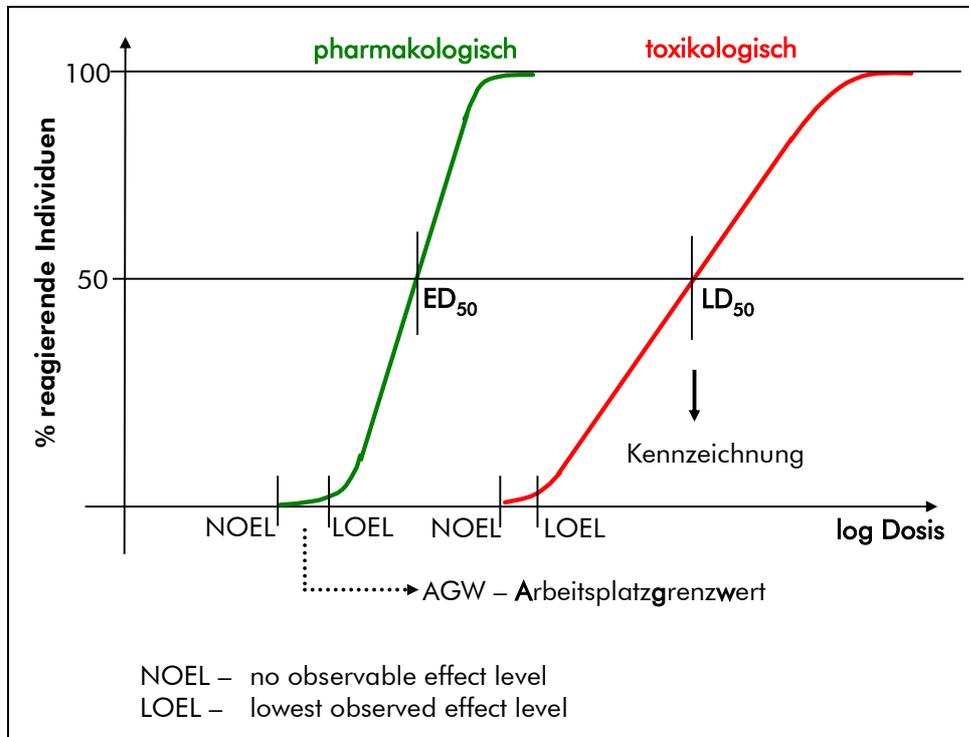
Während bei herkömmlichen Chemikalien aufgrund ihrer toxikologischen Wirkung letztlich Arbeitsplatzgrenzwerte festgelegt werden, erfolgt dies bei Wirkstoffen bereits anhand ihrer früher einsetzenden pharmakologischen Wirkung (Abbildung 1, siehe Seite 66).

Die Untersuchungsergebnisse einer Studie sind in zwei Dosis-Wirkungs-Kurven wiedergegeben. Die rechte Kurve zeigt als so genannte Letalitätskurve, wie viel Prozent der Individuen unter der Einwirkung einer bestimmten Dosis verstorben sind. Bei Arzneimittelwirkstoffen ist darüber hinaus die linke Kurve, die pharmakologische Kurve, von Interesse. Sie gibt an, wie viel Prozent der Individuen unter einer gewissen Dosis eine Reaktion gezeigt haben. In der Regel liegt die pharmakologische Kurve bei geringeren Dosis-Werten als die toxikologische. Verlauf und Abstand der beiden Grafen zueinander bestimmen die so genannte therapeutische Breite, der Sicherheitsabstand zwischen therapeutischer und toxischer Wirkung.



Abbildung 1:

Vergleich der Dosis-Wirkungs-Kurven einer therapeutisch erwünschten Wirkung (pharmakologisch) und einer unerwünschten Wirkung (toxikologisch) des gleichen Pharmakons



Für den Arbeitsschutz heißt das Ziel: Vermeidung aller unbeabsichtigten Wirkungen. Es wäre z. B. nicht akzeptabel, wenn ein Beschäftigter beim Umgang mit dem Wirkstoff für ein Kreislaufmittel eine Gefahr bringende Menge inkorporiert. „Gefahr bringend“ kann bereits eine Menge sein, die den Betroffenen zwar nicht unmittelbar schädigt, jedoch seine Fahrtüchtigkeit einschränkt und damit zu einem Risiko für ihn wird. Deshalb stehen bei Chemikalien deren toxische Eigenschaften, bei Wirkstoffen hingegen deren pharmakologische Eigenschaften im Vordergrund. Dies hat zur Folge, dass sich MAK-Werte und andere Richtwerte des Arbeitsschutzes bei Wirkstoffen an geringeren Konzentrationen bzw. Dosen orientieren.



## 8.2 Risikoklassenkonzept

Die Wirkstoffe der Fa. Aventis Pharma werden durch ein multinationales Team von Toxikologen, Medizinerinnen und Product Stewards in Risikoklassen eingeordnet (OEB-Klassen – Occupational Exposure Band). Jeder OEB-Klasse wird ein so genannter OEB-Bereich zugeteilt und ggf. ein dezidiertes Grenzwert (OEL – Occupational Exposure Limit) innerhalb dieses Bereiches zugeordnet. Dadurch ergeben sich Aussagen über die tolerierbare Staubbelastung am Arbeitsplatz.

Dieses Beurteilungssystem lässt sich vergleichen mit dem von der Berufsgenossenschaft der chemischen Industrie empfohlenen System (Tabelle 1).

Tabelle 1:  
Vergleich des Aventis-Konzepts zur Einteilung der Staubrichtwerte mit einem Vorschlag der Berufsgenossenschaft der chemischen Industrie

| Staubrichtwerte und Gruppen gemäß Aventis-Konzept | Staubrichtwerte und Gruppen gemäß Merkblatt M057 [2] der BG Chemie |
|---|--|
| OEB 5<br>< 0,001 mg/m <sup>3</sup>                | G 4<br>< 0,001 mg/m <sup>3</sup>                                   |
| OEB 4<br>0,001 bis 0,01 mg/m <sup>3</sup>         | G 3<br>0,001 bis 0,1 mg/m <sup>3</sup>                             |
| OEB 3<br>0,01 bis 0,1 mg/m <sup>3</sup>           |  |
| OEB 2<br>0,1 bis 1 mg/m <sup>3</sup>              | G2<br>0,1 bis 1 mg/m <sup>3</sup>                                  |
| OEB 1<br>> 1 mg/m <sup>3</sup>                    | G 1<br>> 1 mg/m <sup>3</sup>                                       |

Die Wahl der technischen, organisatorischen und personenbezogenen Schutzmaßnahmen ergibt sich aus der dem Konzept entsprechenden Zuordnung und der arbeitsplatzbezogenen Gefährdungsanalyse (Tabelle 2, siehe Seite 68).



Tabelle 2:  
Übersicht über die für die einzelnen OEB-Klassen zu treffenden Schutzmaßnahmen

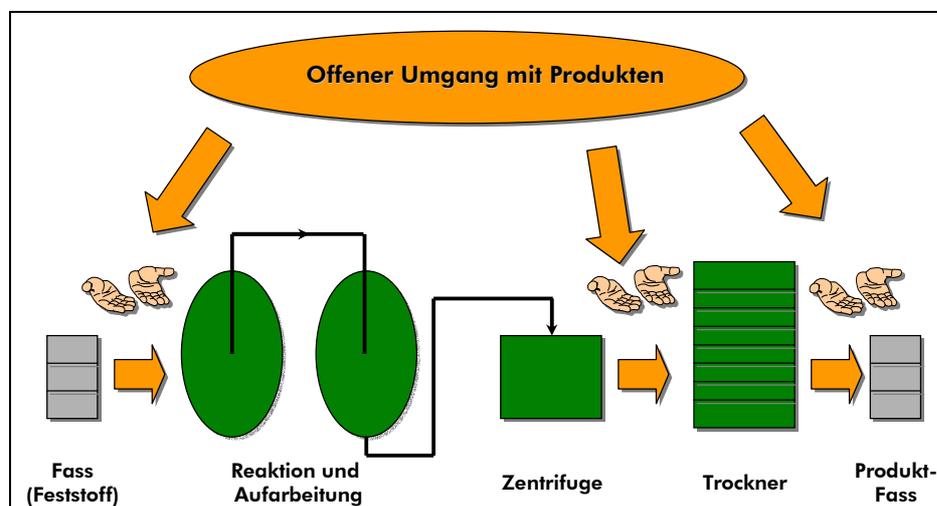
| OEB-Klasse     | Toxizität und pharmakologische Aktivität  | Umfang der Schutzmaßnahmen  |
|----------------|---|---|
| 1<br>oder<br>2 | geringe bis mäßige Toxizität<br>und/oder geringe bis mäßige<br>pharmakologische Aktivität | GMP-Richtlinien mit strengeren<br>Kontrolle; einschließlich einer<br>lokalen Abluftanlage   |
| 3<br>oder<br>4 | mäßige bis starke Toxizität<br>und/oder mäßige bis hohe<br>pharmakologische Aktivität     | <input type="checkbox"/> in der Regel nicht offen zu<br>verwenden (geschlossene<br>Systeme)<br><input type="checkbox"/> Schutz des Außenbereiches |
| 5              | sehr starke Toxizität<br>und/oder extrem hohe<br>pharmakologische Aktivität               | <input type="checkbox"/> nicht offen zu verwenden<br>(geschlossene Systeme)<br><input type="checkbox"/> Schutz des Außenbereiches                 |

GMP: Good Manufacturing Practice

### 8.3 Technische Schutzmaßnahmen

Innerhalb der Produktionsschritte für pharmazeutische Wirkstoffe sind mitunter die Phasen besonders kritisch, bei denen mit staubförmigen Substanzen umgegangen wird (Abbildung 2).

Abbildung 2:  
Produktionsschritte, bei denen möglicherweise offener Umgang mit staubenden Substanzen besteht (Einsatz von Persönlicher Schutzausrüstung als Schutzkonzept)

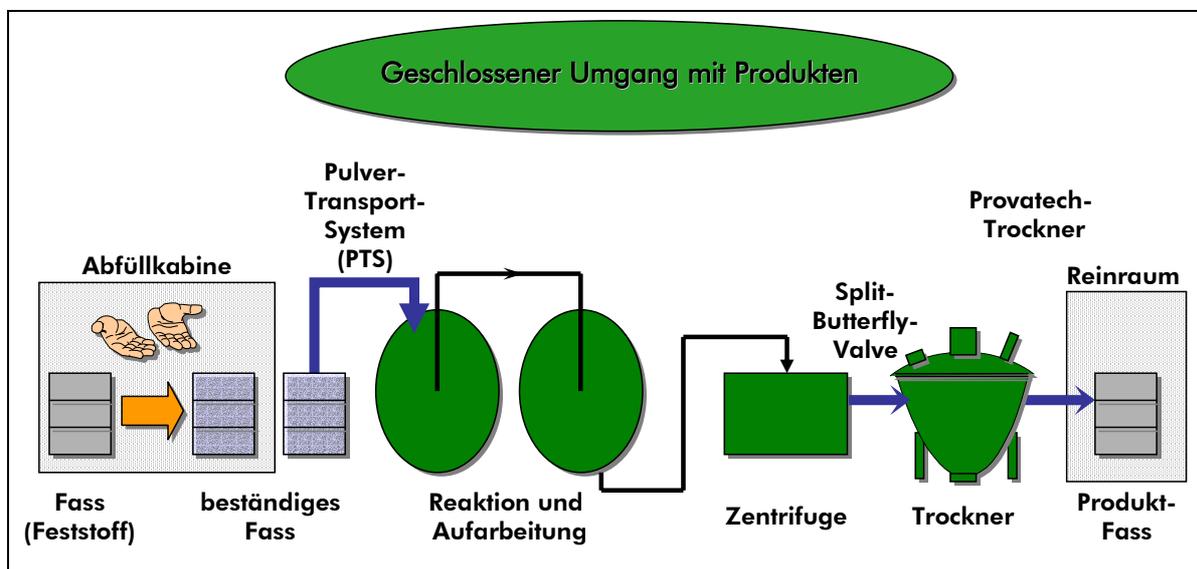




Zu Beginn eines Verfahrens werden die Edukte u. a. als Fassware verwendet. Die Reaktoren werden manuell mit den zuvor gewogenen Mengen beschickt. Nach der Reaktion und Aufarbeitung fallen sehr oft Feststoffe an, die über Zentrifugen abgetrennt werden. Die Zentrifugen werden geleert und die Produkte anschließend auf Trockenblechen verteilt. Nach dem Trocknen werden die Produkte in Fässer abgefüllt. Die Punkte mit manuellem Umgang sind Abbildung 2 entsprechend markiert. Vor allem beim Abfüllen von Produkten mit kleiner Korngröße in Fässer kommt es zu einer starken Staubbildung. Daher ist dieser Schritt besonders kritisch zu betrachten.

Beim Einsatz von technischen Schutzmaßnahmen zur Vermeidung bzw. Begrenzung des offenen Umgangs mit staubenden Produkten, kann der Aufwand an Persönlicher Schutzausrüstung (PSA) stark reduziert werden (Abbildung 3).

Abbildung 3:  
Technische Schutzmaßnahmen zur Vermeidung  
des offenen Umgangs mit staubenden Produkten



### 8.3.1 Abfüllkabinen

Vielfach werden Rohstoffe im Vorfeld abgewogen. Zu diesem Zweck stellen die Beschäftigten größere Gebinde oder Säcke in Abfüllkabinen (Abbildung 4, siehe Seite 70) und entnehmen dort die benötigte Menge. Die Abfüllkabinen oder -bereiche sind



vom sonstigen Betrieb abgetrennt. Sie zeichnen sich dadurch aus, dass in ihnen eine gerichtete Luftströmung herrscht. Absaugungen in der hinteren Wand der Kabinen sorgen dafür, dass alle Emissionen (Staub, Geruch) gleich an Ort und Stelle erfasst und vom Beschäftigten weggeführt werden. Im Abluftstrom befinden sich qualifizierte Filter. Probenahmen können ebenfalls in diesem Bereich erfolgen.



Abbildung 4:  
Abfüllkabine

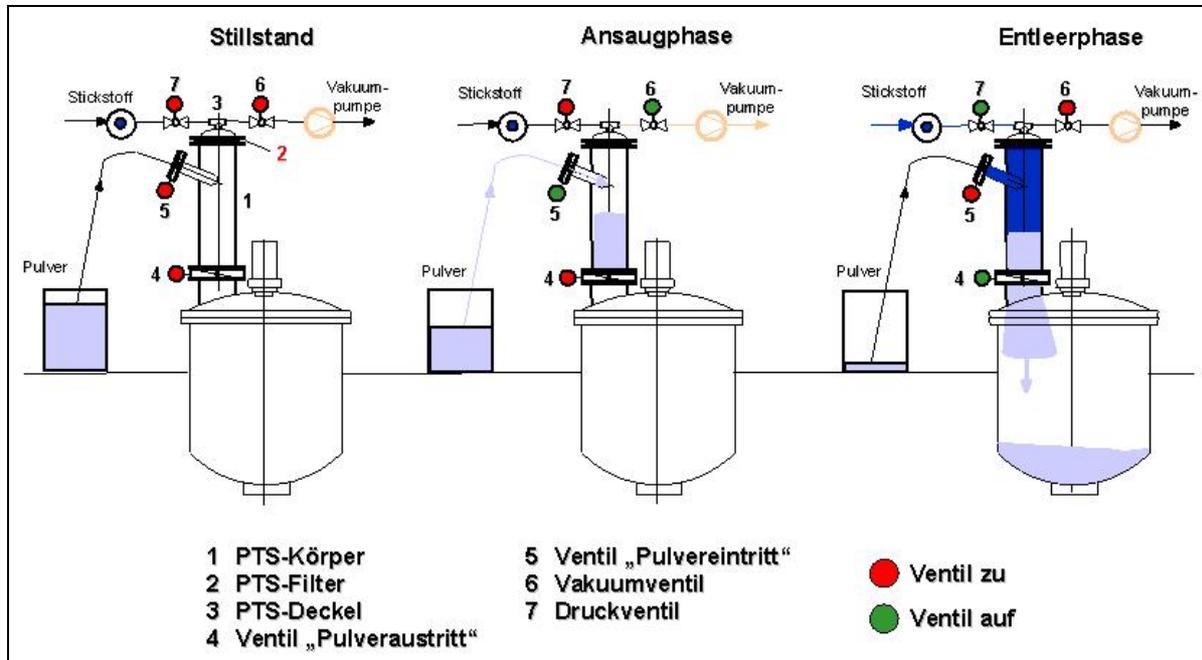
### 8.3.2 Pulver-Transport-System

Um Feststoffe in Kessel einzutragen, hat sich bei der Fa. Aventis das so genannte Pulver-Transport-System (PTS) der schweizerischen Firma DEC bewährt (Abbildung 5, siehe Seite 71). Die Beschickung von Kesseln kann damit unter inerten Bedingungen erfolgen.

Das Pulver-Transport-System besteht aus dem PTS-Körper (1), dem PTS-Filter (2) und dem PTS-Deckel (3). Am gesamten PTS-System befinden sich vier Anschlüsse mit Absperrventilen. Am PTS-Körper sind das Ventil für die Produktzufuhr (5) und das Ventil für die Produktentleerung (4) angebracht. Am PTS-Deckel, der vom PTS-Körper durch eine Membrane getrennt ist, sind Kugelhähne für den Vakuumanschluss (6) und für die Druckgaszuführung (7) mit Schläuchen angebracht.



Abbildung 5:  
Schematische Darstellung des Pulver-Transport-Systems



Als Druckgas kann prinzipiell jedes für den Prozess geeignete Gas, wie z. B. Luft, Stickstoff oder Argon, verwendet werden. Durch die flache PTS-Membrane wird die Produktseite im PTS-Körper von der Reingasseite getrennt. Die Absperrventile werden durch eine pneumatische Steuerung in einer zeitlich definierten Reihenfolge geöffnet und geschlossen. Dabei wird einerseits eine Förderung mit sehr geringen mechanischen Belastungen auf das Produkt, andererseits ein staubfreies Befüllen ohne Sauerstoffeintrag in die nachgeschalteten Anlagenteile ermöglicht. Die Ansaug-, Entleer- und Wartezeiten werden gemäß den jeweiligen Prozessvorgaben eingestellt (Abbildungen 6 und 7, siehe Seite 72).

Eine Erweiterung dieser Technik stellt das so genannte Drum Containment System (DCS) dar. Hierbei wird das PTS quasi mit einer Handschuhbox kombiniert, die auf das zu entleerende Fass aufgesetzt wird.



Abbildung 6:  
PTS-Körper auf einem  
Mannloch montiert



Abbildung 7:  
Absaugen von Feststoff aus  
einem Fass



### 8.3.3 Doppelklappensystem

Am Ende einer Synthese steht die Isolation des Produktes. Vielfach kommen hier Zentrifugen zum Einsatz. Das Entleeren moderner Zentrifugen erfolgt automatisch. Fässer oder andere Apparate, in denen der nächste Verfahrensschritt ablaufen soll, werden direkt angeschlossen. Für dieses Umfüllen hat sich ein System bewährt, das aus zwei Klappen besteht (Doppelklappensystem – Split Butterfly Valve). Dabei sitzt eine Klappe auf dem Fass oder der Apparatur, der andere dazu passende Teil ist am Entleerstutzen der Zentrifuge befestigt (Abbildung 8, siehe Seite 73).

Nach dem Andocken werden beide Teile fest miteinander verbunden. Durch eine Steuerung werden anschließend beide Klappen synchron geöffnet und die Zentrifuge entleert. Danach werden die Klappen wieder geschlossen und in umgekehrter Reihenfolge die Anlagenteile voneinander getrennt.

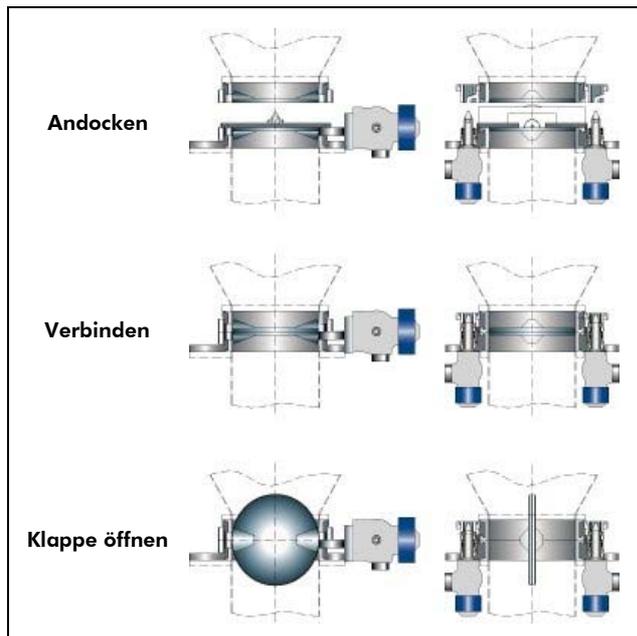


Abbildung 8:  
Schematische Darstellung der  
Arbeitsweise des Doppelklappen-  
systems

Auch Umfüllvorgänge zwischen zwei Fässern können so erfolgen. Mit dieser Technik wird in Aventis-Technika ein geschlossenes Umfüllen in einen verfahrbaren Kegelschnecken-Trockner (Anfertigung der Fa. Provatech) durchgeführt (Abbildung 9). Unter Stickstoffatmosphäre kann das Produkt in dieser Apparatur getrocknet werden (Abbildung 10, siehe Seite 74). Bei der Abfüllung in ein Fass wird eine Manschette verwendet, um die Staubemission zu verhindern (Abbildung 11, siehe Seite 74). Weiterhin findet der Vorgang innerhalb einer gerichteten Luftströmung statt, die wie oben den Personenschutz gewährleistet.



Abbildung 9:  
Befüllen eines Trockners an einer Zentrifuge



Abbildung 10:  
Trocknen



Abbildung 11:  
Entleerung in ein Fass



In großen Produktionsverfahren werden Feststoffsilos eingesetzt, aus denen Kessel direkt über eine feste Rohrleitung beschickt werden können. Die Befüllung dieser Silos wird – sofern möglich – aus Tankfahrzeugen sichergestellt. Feste Anschlüsse und Gaspendingelung verhindern wie bei Flüssigkeiten ein Austreten von Stäuben in die Umgebung.

### 8.3.4 Randabsaugung

Für Synthesen im kleineren Maßstab werden zur Rohstoff-Versorgung mitunter auch Big-Bags eingesetzt. Abbildung 12 zeigt eine Aufgabestation für solche Big-Bags. Der Betrieb hat hier mit einer Einzelfalllösung für eine Absaugung vor Ort und einen möglichst geschlossenen Prozess gesorgt.



Abbildung 12:  
Absaugung an Big-Bag-  
Aufgabestation



### 8.3.5 Laborabzug

Die Beispiele für realisierte technische Lösungen zur Verhinderung von Staubemissionen in Arbeitsbereichen können recht unterschiedlich sein und umfassen nicht nur die Produktion. Bei hoch aktiven Wirkstoffen ist es wichtig, auch den Laborbereich in das Schutzkonzept mit einzubeziehen. So werden gerade im Qualitätslabor die fertigen Wirkstoffe vielfachen Tests zur Analyse unterzogen. Der offene Umgang ist nicht vollständig zu verhindern. Es gibt hier jedoch die Möglichkeit, durch Einhausung und Absaugung Stäube direkt an ihrer Entstehungsquelle zu erfassen und von den Beschäftigten wegzuführen (Abbildung 13).



Abbildung 13:  
Laborabzug mit eingehauster Waage

### 8.3.6 Glove-Box

Zur Weiterverarbeitung in der Galenik ist es oft notwendig, den festen Wirkstoff in einer bestimmten Korngrößenverteilung zu erhalten. Falls dies nicht durch einen Kristallisationsprozess erreicht werden kann, wird der Feststoff gemahlen. Dabei ist die Staubbildung allerdings besonders groß, deshalb wird das Verfahren bei Stoffen der Kategorie OEB 4 und OEB 5 im Labormaßstab in einer Glove-Box durchgeführt (Abbildung 14, siehe Seite 76). Die Apparatur ist mit einer Reinigungsvorrichtung versehen. Die Waschwässer werden in einem speziellen Behälter aufgenommen und anschließend entsorgt.



Abbildung 14:  
Mahl-Apparatur in einer Glove-Box  
(Frontscheibe mit Handschuhen wurde  
zur Montage abgenommen)

#### 8.4 Zusammenfassung

Die besprochenen Beispiele stellen eine Auswahl von durchgeführten Maßnahmen dar. Vielfach handelt es sich um Speziallösungen, die sich an den Gegebenheiten vor Ort und an den Stoffeigenschaften orientieren und daher nur schwer auf andere Anlagen übertragbar sind. An dieser Stelle muss betont werden, dass die Problematik von gesundheitsgefährdenden Stäuben im Arbeitsbereich sehr oft von Fragen des Explosionsschutzes begleitet wird, die in diesem Beitrag nicht thematisiert wurden. Ein Paket von Gegenmaßnahmen muss all diese Facetten abdecken, um den Personen- und Anlagenschutz umzusetzen. Die Konzepte sind auf ihre Effektivität zu überprüfen. Die Ergebnisse der Arbeitsbereichsanalysen nach TRGS 402 [3] sind die Messlatte für die getroffenen Schutzmaßnahmen zur Staubminderung. Die Entwicklung von geeigneten Messverfahren bleibt dabei eine ständige Herausforderung.

#### 8.5 Literatur

- [1] Verordnung zum Schutz vor Gefahrstoffen (Gefahrstoffverordnung – GefStoffV) vom 23. Dezember 2004. BGBl. I Nr. 74 (2004), S. 3758, geänd. S. 3859
- [2] Sicherer Umgang mit Gefahrstoffen in der pharmazeutischen Industrie. Merkblatt M057 (04/99). Hrsg.: Berufsgenossenschaft der chemischen Industrie, Heidelberg 1999



- [3] Technische Regeln für Gefahrstoffe: Ermittlung und Beurteilung der Konzentrationen gefährlicher Stoffe in der Luft in Arbeitsbereichen (TRGS 402). B ArbBl. (1997) Nr. 11, S. 27-33





## Ausblick

Nach dem Arbeitsschutzgesetz ist der Arbeitgeber u. a. dazu verpflichtet zu ermitteln, welche Gefahren beim Umgang mit Gefahrstoffen entstehen und wie diese Gefahren beseitigt oder die Arbeitnehmer vor ihnen geschützt werden können. Bei der Gefährdungsbeurteilung wird jedoch häufig das Arbeitsumfeld unberücksichtigt gelassen. Recherchen zeigten, dass die Arbeitsbedingungen an Arbeitsplätzen mit manuellen Füll- und Abwiegevorgängen bereits mit einfachen Mitteln, z. B. im Rahmen der Arbeitsorganisation, deutlich verbessert werden können. Diese Maßnahmen werden aber von den Betrieben häufig nicht erkannt. Darüber hinaus sind bei diesen Arbeitsschritten die Menge der Mischprodukte und die Häufigkeit der Mischvorgänge zu berücksichtigen. Die Mengen, die abgefüllt werden, reichen von mehreren Kilogramm (z. B. beim Herstellen von Bremsbelägen mit einer Gesamtmenge der Mischung von bis zu 1 t) bis in den Grammbereich (Mischung von Farbpigmenten). Die Häufigkeit liegt zwischen einmal pro Tag oder Woche bis mehrfach pro Schicht. Dabei können sich die Mischrezepturen ständig ändern.

Im Rahmen eines fachübergreifend angelegten Projektes wird zurzeit eine interaktive PC-Software erarbeitet, die dem Anwender Hilfestellung bei der Gefährdungsbeurteilung und für die Planung von Schutzmaßnahmen an entsprechenden Arbeitsplätzen liefert. Die Software wird die wesentlichen gesetzlichen Grundlagen, Praxistipps sowie weitere Hinweise enthalten und dem Nutzer im Rahmen der Gefährdungsanalyse dienen. Sie soll vor allem für kleine und mittelständische Unternehmen verständlich und leicht handhabbar sein sowie Sonderfälle berücksichtigen.





## Anschriften der Autoren

|                              |  |
|------------------------------|--|
| Dipl.-Ing. Ralf Apfeld       | Berufsgenossenschaftliches Institut für<br>Arbeitsschutz – BGIA<br>Alte Heerstraße 111<br>53754 Sankt Augustin |
| Klaus Borgner                | Fa. Borgner & Partner<br>Gartenstraße 1<br>63697 Hirzenhain  |
| Uwe Götz                     | Fa. BASF<br>67056 Ludwigshafen   |
| Dipl.-Ing. Michael Tischer   | Fa. Druckfarbenfabrik Gebrüder Schmidt<br>Gaugrafenstraße 4-8<br>60489 Frankfurt am Main                       |
| Dipl.-Ing. Wolfgang Pfeiffer | Berufsgenossenschaftliches Institut für<br>Arbeitsschutz – BGIA<br>Alte Heerstraße 111<br>53754 Sankt Augustin |
| Dietrich Pöhl                | Fa. Expresso Deutschland Transportgeräte<br>Otto-Koke-Weg 4<br>30938 Burgwedel                                 |
| Dipl.-Ing. Markus Post       | Berufsgenossenschaftliches Institut für<br>Arbeitsschutz – BGIA<br>Alte Heerstraße 111<br>53754 Sankt Augustin |



Dr. Michael Weigerding

Fa. Aventis Pharma Deutschland  
Industriepark Höchst  
65926 Frankfurt am Main