

# Nachhaltige Strategien gegen „dicke Luft“

Bei rund 25.000 täglichen Atemzügen gelangt neben Luft alles Mögliche in unseren Organismus – ganz besonders in geschlossenen Räumen. Wie die Krankmacher aus der Luft verringert werden können, war Thema des kürzlich stattgefundenen Healthy Building Kongresses in Singapur.

Hans-Peter Hutter



Aufgrund des menschlichen Sauerstoffbedarfs stehen die rund 280 Millionen Alveolen in der Lunge ununterbrochen mit der Außenluft in Kontakt. Dieser Umstand macht in puncto Gesundheit die Luft zum brisanten Umweltmedium Nummer eins

**R**egenzeit in Südostasien. Rund 30 °C und über 90 Prozent Luftfeuchtigkeit herrschten in Singapur, als der alle drei Jahre stattfindende internationale Kongress zu innenraumspezifischen Fragestellungen zum ersten Mal außerhalb des europäisch-amerikanischen Raumes stattfand.

Die Veranstalter zielten damit auf eine verstärkte Teilnahme der Entwicklungsländer ab. „Gerade dort sind eben viele Indoor-Probleme von höchster gesundheitlicher Relevanz – wie z. B. Partikelemissionen von offenen Feuerstellen oder die Übertragung von Krankheitserregern“, so Kwok Wai Tham, Präsident der HB-

Konferenz 2003. Insgesamt behandelten jedoch nur zwei Prozent der Beiträge Aspekte aus den Entwicklungsländern. „Selbst nach Singapur zu kommen ist leider für die meisten asiatischen Forscher zu teuer“, bedauerte Tham.

Das Interesse an dieser Veranstaltung war nichtsdestotrotz groß. So

registrierten sich rund 400 Teilnehmer (unter ihnen ein österreichischer Forscher) aus 45 Ländern, die ihre Beiträge auf 2.500 Seiten starken bzw. 7,5 kg schweren Proceedings of Healthy Buildings 2003 wiederfanden.

Jeder konnte sich persönlich davon überzeugen, wie sich der ständige Wechsel zwischen der drückend schwülen Witterung draußen und den kühl-klimatisierten Vortragsräumen auswirkte: Zahlreiche Vortragende gaben verschnupft ihr Bestes. So wurden an fünf Tagen ca. 300 Vorträge in 55 Parallelsitzungen gehalten. Aus der Vielzahl der Präsentationen kristallisierten sich folgende große Themenkreise heraus:

- Chemische und mikrobiologische Luftverunreinigungen;
- Luftqualität, Sick Building Syndrom (SBS), Innenraum-Richtwerte;
- Belüftung und Lüftungsströme;
- Gebäudearchitektur, Energie- und Kosteneffizienz.

### Chemische/mikrobiologische Verunreinigungen

Eindeutiger Schwerpunkt waren die chemischen Luftverunreinigungen mit fast 100 Präsentationen. Die meisten davon widmeten sich dem Detektieren bestimmter Schadstoffe (z. B. Formaldehyd) und Schadstoffgruppen (z. B. Aldehyde, VOC) – sei es aus diversen Materialien oder an außergewöhnlichen Örtlichkeiten (Vorkommen von Ameisen- und Essigsäuren in Schaukästen von Museen [Rhyll-Svendsen]).

Mehrfach erörtert – hinsichtlich gesundheitlicher Wirkungen [Rohr] und Messmöglichkeiten [Uhde] – wurden die Terpene bzw. Reaktionsprodukte zwischen Partikeln, Terpenen und Ozon (TOP: Terpen Oxidation Products). Rohr aus Paolo Alto erläuterte, dass viele Produkte aus Alken/Ozon-Reaktionen aufgrund ihres niedrigen Dampfdrucks entweder selbst nukleieren oder auf bereits vorhandenen Partikeln kondensieren und so sekundäre organische Aero-



Singapur war erstmals Austragungstätte des internationalen Kongresses zu innenraumspezifischen Fragestellungen

sole bilden können. Unklar ist dabei, welche Reaktionsprodukte überhaupt gesundheitsrelevant sind.

Eines ist allerdings gesichert: In Bezug auf die gesundheitliche Bedeutung von TOP nimmt toxikologische Evidenz zu: Sie reicht von Reizerscheinungen der Luftwege bis hin zu allergischen Erscheinungen (z. B. Oxidationsprodukte von d-Limonen: Carvon, cis- und trans-(+)-Limonen).

Ebenfalls in den Vordergrund gerückt sind Flammschutzmittel (z. B. Kemlein et al., Wensing et al.). Diese heterogene Gruppe von Industriechemikalien umfasst rund 75 Verbindungen wie polybromierte Flammschutzmittel beispielsweise polybromierte Diphenylether (PBDE) oder Organophosphate.

Polymere Verbindungen haben einen gewichtsmäßigen Anteil an Flammschutzmitteln von rund fünf bis 30 Prozent [WHO 1994]. Dem gegenüber stehen große Unklarheiten hinsichtlich ihrer gesundheitlichen Wirkungen. Beschrieben werden jedenfalls Expositionsunterschiede zwischen der nordamerikanischen und der europäischen Bevölkerung: In den USA und Kanada wurden erheblich höhere PBDE-Konzentrationen in

der Bevölkerung festgestellt.

Mit drei Sessions, die eher technische (z. B. Detektion von MVOC [Virnich et al.], Aflatoxine [Lorenz et al.] Expositionsabschätzung [Iwata et al.]) als gesundheitliche Aspekte behandelten, stellten „Bioaerosole“ diesmal ein weniger prominentes Thema der Konferenz dar.

Dafür fanden sich Beiträge zu sonst bei Innenraumtagungen weniger beachteten Mikroorganismen, wie z. B. der Nachweis von Protozoen und Aktinomyceten in feuchtegeschädigten Gebäudematerialien (Yli-Pirilä et al.).

### Sick Building Syndrom und Gesundheit

SBS ist ein Krankheitsbild, dem ebenfalls immer mehr Raum gewidmet wird, das jedoch häufig unterschiedlich definiert wird. Auch bei dieser Konferenz fiel auf, dass in den SBS-Studien uneinheitliche Symptome erhoben werden. So werden z. B. nur ungenügend standardisierte, selbstbeobachtete, unspezifische Symptome wie Kopfschmerzen und Konzentrationsstörungen als Indikatoren für SBS verwendet.

Die Ursachen von SBS sind zwar nicht vollständig aufgeklärt, sicher ist allerdings, dass die Beschwerden von den Bedingungen am Arbeitsplatz wie auch vom Raumklima abhängen. Gezielte arbeitsorganisatorische Maßnahmen sind deshalb von ebensolcher Bedeutung wie der sachgerechte Betrieb von Klimaanlage und deren regelmäßige Wartung.

Wyon wies in seiner Präsentation darauf hin, dass aus den 150 Studien über Lüftung nur wenige sichere Folgerungen zu ziehen seien: Eine zu geringe Lüftungsrate ( $< 0,5/\text{Std}$ ) führt zu Verminderungen der Leistungsfähigkeit und Wohlbefinden. Je komplizierter das Lüftungssystem, desto mehr kann schief gehen.

Wer sich am Arbeitsplatz nicht wohl fühlt, klagt häufiger über psychische oder körperliche Beschwerden. Welcher Einfluss von chemischen, biologischen und physikalischen Innenraumfaktoren ausgeht und wie dieser Einfluss u. a. durch psychosoziale und ergonomische Bedingungen überlagert und verändert wird, wurde in dem niederländischen Beitrag von Leyten und Boerstra diskutiert.

Viele Fachleute sehen gesundheitliche Beschwerden in Bürogebäuden

gerne dann als psychologisch an, wenn Messungen verschiedener Innenraum-Parameter keine auffälligen Werte ergeben haben. Die Autoren weisen die These zurück, dass Beschwerden primär psychologisch verursacht werden. Psychologische Mechanismen können dann eine (aggravierende) Rolle spielen, wenn bereits Symptome vorhanden sind, die so verstärkt werden können. Psychologische Effekte sind keine Ausschlussdiagnose, sondern müssen mit entsprechenden Methoden diagnostiziert werden.

In einigen Beiträgen ging es auch um Multiple Chemical Sensibility (MCS), (z. B. Vortrag zu selbstbeobachtetem MCS von Wiesmüller et al.). In den anregenden Diskussionen wurde betont, dass mit dem Begriff „MCS“ vorsichtig umgegangen werden muss.

„Nicht vermischen“ lautete die Devise: Das Krankheitsbild muss z. B. stark von sensiblen Bevölkerungsgruppen abgegrenzt werden.

### Mitreibendes Highlight

Während bei einigen Vortragenden sich das feuchtheiße Wetter schein-

bar auch auf den Esprit ihrer Präsentation auswirkte, faszinierte der Plenarvortrag von Peng Lim Ooi (Disease Control des Gesundheitsministeriums und Universität von Singapur).

Er berichtete unter dem Titel „SARS and the city“ (in Anlehnung an die bekannte TV-Serie) fesselnd und anschaulich über seine Erfahrungen als „Frontmann“ während des SARS-Outbreaks in Singapur. Eines der Hauptprobleme war die Verhinderung der Virus-Ausbreitung. Gerade in einer dichtbevölkerten Stadt wie Singapur, wo rund 4,1 Mio. Menschen auf 700 km<sup>2</sup> und engem Raum (großdimensionierte Häuserblocks mit hunderten Wohneinheiten, unzählige Straßenmärkte) zusammenleben, war dies ein schwieriges Unterfangen – besonders da die Übertragungswege des Erregers (Lüftungssysteme) kaum bekannt waren.

Der Outbreak begann im heurigen Frühjahr mit einem kranken Heimkehrer und dauerte rund elf Wochen. Zu dieser Zeit waren 238 Fälle von SARS diagnostiziert worden, von denen 33 tödlich endeten. Er betonte, dass zukünftig auch SARS-bedingte gastrointestinale Beschwerden beachtet werden müssen, obwohl respiratorische Symptome im Vordergrund stehen.

So wurde versucht möglichst früh Kranke zu identifizieren und zu isolieren. Dazu wurden Checkpoints eingerichtet (u. a. an Grenzen, in Spitälern). Alle Reisende wurden einem Thermoscan-Check unterzogen und mussten einen speziellen Fragebogen ausfüllen. In den Spitälern wurden die Besuchsmöglichkeiten für alle Patienten massiv eingeschränkt.

Das Personal arbeitete nur noch mit N95-Mundschutz. Um zu verhindern, dass SARS-verdächtige Patienten mehrere Gesundheitseinrichtungen kontaminieren, wurde eine Hotline und ein Transportsystem eingerichtet, so dass „verdächtige“ Personen nur noch in ein Schwerpunkt-Krankenhaus kamen.

Über die Massenmedien forderte



Luft ist neben den freiwillig eingegangenen Risiken wie etwa Zigarettenrauch auch mit anorganischen Bestandteilen bzw. organischen Stoffen wie zum Beispiel Schimmelpilzen oder Pollen belastet



man die Bevölkerung auf, Körpertemperatur zu messen und bei Fieber entsprechende Stellen zu informieren. Nach einem festgelegten Procedere wurde ein Quarantäne-Bescheid ausgestellt. Ooi ging auf viele interessante Details ein (z. B. Umgang mit Quarantäne-Brechern, illegale Arbeiter).

Seine Hauptbotschaften lauteten:

- Soziale Verantwortung in der Bevölkerung erzeugen. Die Verantwortlichkeit jedes Einzelnen wurde in den Kampagnen immer wieder betont: Wenn jemand unklares Fieber hat und sich nicht meldet, kann er möglicherweise andere anstecken und verantwortlich für Krankheit oder Tod sein.
- Die Notwendigkeit einer multidisziplinären Zusammenarbeit: Eine Fachexpertengruppe für sich allein kann gar nichts ausrichten. Nur aufgrund der ausgezeichneten fachübergreifenden Auseinandersetzung war Erfolg möglich.
- „Wir müssen wieder mehr Bescheidenheit an den Tag legen.“ Gerade angesichts des geringen Wissens über Erkrankung, Ausbreitung etc.

Co-Autor Tham fügte hinzu: „Zur Eindämmung der Erkrankung trug wesentlich die ehrliche Informationsarbeit bei.“ Und weiter: „Die Erkrankung hat letztendlich so viele betroffen gemacht, dass die Nation enger zusammengedrückt ist.“

### Beiträge aus Österreich

Eine Studie vom Institut für Umwelthygiene der Universität Wien, Zentrum für Bauen und Umwelt der Donauuniversität Krems und Innenraum Mess- und Beratungsservice [Hutter et al.] berichtete über ärztliche und messtechnische Interventionen bei gesundheitlichen Beschwerden, die bei den MitarbeiterInnen nach Einzug in ein neues Bürogebäude gehäuft auftraten.

Zur Abklärung wurden in mehreren Büroräumen Innenraumluftschadstoffe Volatile organic compo-

unds (VOC), Formaldehyd gemessen sowie Materialproben und Hausstaub auf mittel- bis schwerflüchtige organische Verbindungen untersucht. Neben Interviews wurde eine Fragebogen-Erhebung durchgeführt, um die Beschwerden vor und nach dem Einzug in das neue Bürogebäude sowie beeinträchtigende (Umwelt-)Faktoren am Arbeitsplatz zu erfassen.

Während die Formaldehyd- und VOC-Konzentrationen unauffällig waren, konnten in allen Staubproben verschiedene Phthalate und Tris-(2-butoxyethyl)-phosphat (TBEP) in höheren Konzentrationen nachgewiesen werden. Als Quelle von TBEP wurde die Beschichtung des Kautschukbodens identifiziert, die zu einer hohen, deutlich sichtbaren Staubentwicklung führte.

Nach dem Entfernen der Versiegelung der Böden im gesamten Gebäude konnte im Hausstaub eine deutliche Reduktion von TBEP auf ein Zehntel festgestellt werden. Trotz Sanierungsmaßnahmen wurde bei den Phthalaten jedoch keine so deutliche Reduktion wie bei TBEP erzielt.

Die Fragebogenerhebung zeigte eine Zunahme von Symptomen von Schleimhautreizungen und allgemeiner Befindlichkeitsstörung nach Bezug des neuen Bürogebäudes. Ein Zusammenhang von Raumluftfaktoren mit diesen Beschwerden konnte ebenfalls nachgewiesen werden, jedoch nicht mit der sichtbaren Staubbelastung.

Ein bloßer Attribuierungseffekt ist daher unwahrscheinlich. Trotzdem ist nicht ausgeschlossen, dass der Feinstaub gepaart mit ungünstigen Raumklimabedingungen an der Entwicklung der Beschwerden beteiligt war.

In einer zweiten Arbeit wurde die Richtlinie des Arbeitskreises Innenraumluft (im Lebensministerium eingerichtet) präsentiert [Hutter et al.]. Aufgabe des interdisziplinären Arbeitskreises aus MedizinerInnen, Toxikologen, Chemikern, Messtechnikern und Juristen ist es, eine möglichst harmonisierte Vorgehensweise zur

## LITERATUR

- WHO (1994): Brominated diphenyl ethers. Environmental Health Criteria 162. Geneva, Switzerland: International Program on Chemical Safety. Aus den Proceedings Healthy Buildings 2003: 7th International Conference on Healthy Buildings, 7th-11th December 2003, Singapore: Hutter HP, Moshhammer H, Tappler P (2003): Setting indoor air guidelines in Austria. 593-596. Hutter HP, Moshhammer H, Wallner P, Damberger B, Tappler P, Kundi M (2003): Health complaints after moving into a new office building: results of measurements and investigations of employees. 65-69. Iwata T, Shinohara F, Sano C, Kowashi Y (2003): Comparison of air samplers for fungal exposure assessment. 632-636. Kemmlin S, Hahn O, Jann O, Kalus S, Stolle D (2003): Emission of phosphorus organic and polybrominated flame retardants from consumer products and building materials. 143-147. Lorenz W, Trautmann C, Dill I, Gareis M (2003): Detection of an Aflatoxin-like Substance in an office building. 560-565. Leyten J, Boerstra A (2003): The influence of psychological factors on the reporting of IEQ complaints. 95-100. Ooi PL, Lim S, Tham KW (2003): SARS and the city - health concerns in the built environment. 73-80. Rhyll-Svendsen M (2003): Indoor air pollution in museum display cases. 189-192. Rohr A (2003): Indoor chemistry and health: where are we going? 301-307. Uhde E (2003): Sampling of volatile terpenes in indoor air. 277-282. Virnich L, Lorenz W, Trautmann C (2003): MVOC out of new materials. 566-671. Wensing M, Pardemann J, Schwampe W (2003): Flame retardants in the indoor environment. Part V: Measurements and exposure evaluation of organophosphate esters from automobile interiors. 172-177. Wiesmüller G, Bachert C, van Thriel C, Steup A, Blaszkewicz M, Kiesswetter E, Seeber A (2003): Rhinological reactions in persons with self-reported chemical sensitivity (SCS). 82-87. Wyon D (2003): Evaluating IAQ effects on people. 51-60. Yli-Pirilä T, Kusnetsov J, Haatainen S, Jalava P, Hänninen M, Hirvonen M-R, Reiman M, Seuri M, Nevalainen A (2003): Amoebae and other protozoa in moisture-damaged building materials. 578-581.

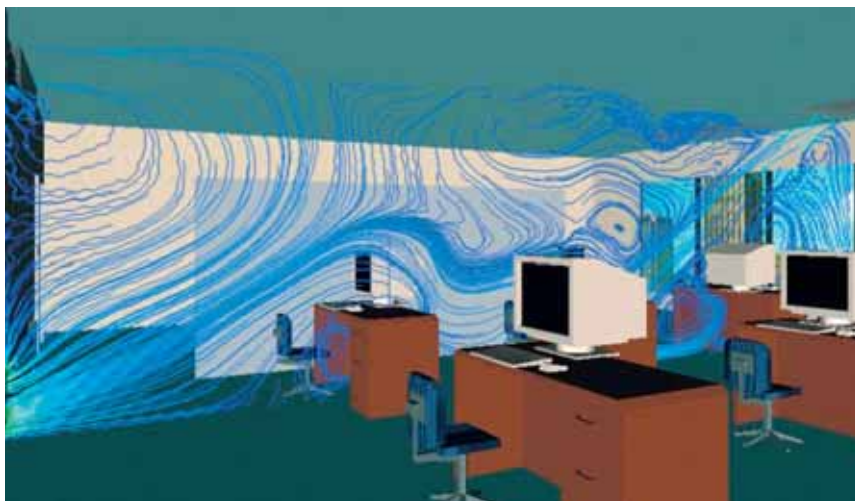
Erfassung und Bewertung der Schadstoffbelastung in Innenräumen festzulegen.

Dazu werden für ausgewählte Luftschadstoffe auf toxikologischer Basis (No-Adverse-Effect-Level, Sicherheitsfaktoren) Richtwerte abgeleitet. Mit den Empfehlungen, die in der Publikationsreihe des Ministeriums als Richtlinie in Form einer Loseblattsammlung erscheinen, steht für Sachverständige in Österreich ein informatives Nachschlagewerk zur Verfügung. Bisher erschienen sind die Abschnitte „Bewertung der Innenraumluft – Allgemeiner Teil“, „Flüchtige organische Verbindungen (VOC) – Allgemeiner Teil“ und „Flüchtige organische Verbindungen (VOC) – Tetrachlorethen (TCE)“ ([www.lebensministerium.at/publikationen](http://www.lebensministerium.at/publikationen)).

### Bewertung und Ausblick

Indoor Air pollution ist ein aktuelles Thema, das von immer mehr Fachgruppen, wie Architekten, Lüftungstechnikern, Ärzten oder Toxikologen, bearbeitet wird. Ein Tummelfeld der Interdisziplinarität, das neben eigenem Fachwissen auch eine große Portion an Verständnis für andere Fachrichtungen erfordert. Soziale Kompetenz und Kommunikationsbereitschaft sind gefragt.

Gut sind Studien, die Spitzfindigkeiten untersuchen. Besser sind an-



FOTOS: PHOTODISC, BEGESTELLT (2), KLOBUCSAR

Klimaanlagen gelten beim Sick Building Syndrom als potenzielle Gefahrenquelle. Die visualisierte Luftströmung zeigt auf, dass allfällige Keime im Gerät (links unten) alle Bereiche des Raumes erreichen können

gewandte Forschungsarbeiten, um „rasch“ Umsetzungen einzuleiten und so einen Benefit für die Bevölkerung zu bewerkstelligen.

Wie schon bei der Indoor Air 2002 war ein Übergewicht an technischen Beiträgen bemerkbar: Welche Umweltparameter wie gemessen werden können. Die Wirkungsseite war weniger vertreten, was einerseits auf die Schwierigkeit der Erforschung der gesundheitlichen Effekte, aber auch auf ein geringes Interesse von Medizinern an diesem Thema zurückgeführt werden könnte.

Immer wieder rücken große Stoffgruppen in den Vordergrund wie z. B. Flammschutzmittel, die zwar weit verbreitet sind, zu deren gesundheitli-

chen Wirkungen es jedoch nur wenige Daten gibt. Daher waren die Appelle, stärker Vorsorge zu betreiben und sich von wirtschaftlichen Lobbys weniger einschüchtern zu lassen, dringend notwendig.

Univ.-Ass. Dipl.-Ing. Dr. med.  
Hans-Peter Hutter  
Abt. für Arbeits- und Sozialhygiene,  
Institut für Umwelthygiene,  
Universität Wien,  
Kinderspitalgasse 15,  
1095 Wien,  
Österreich  
Tel.: (+43 1) 42 77-0  
E-Mail: Hans-Peter.Hutter@univie.ac.at

### ZUSAMMENFASSUNG

Die alle drei Jahre veranstaltete „Healthy Buildings“ fand vom 7. Dezember – 11. Dezember 2003 in Singapur statt. 400 Forscher aus 45 Ländern diskutierten über chemische und mikrobiologische Luftverunreinigungen, Sick Building Syndrom, Gebäudearchitektur und Lüftungssysteme. Der Autor berichtet von den wichtigsten Schwerpunkten und stellt die österreichischen Beiträge vor. Sie vermitteln eine Einschätzung und einen Ausblick auf die bisherigen und die künftigen Entwicklungen.

### SUMMARY

„Healthy Buildings“ organized every three years took place from 7 to 11 December 2003 in Singapore.

400 researchers from 45 countries discussed chemical and microbiological forms of air pollution, Sick Building Syndrome, building architecture, and ventilation systems.

The author reports on the most important focal points and presents the Austrian contributions. They give an estimate and an outlook on past and future developments.

### RÉSUMÉ

„Healthy Buildings“, organisée tous les trois ans, a eu lieu du 7 au 11 décembre 2003 à Singapour.

400 chercheurs de 45 pays ont discuté sur les pollutions de l'air chimiques et microbiologiques, le Sick Building Syndrome, l'architecture de bâtiment et les systèmes d'aération.

L'auteur donne un rapport des thèmes les plus importants et présente les contributions autrichiennes. Ils donnent une estimation et une vue des développements passés et futurs.

# „Das wirft ein neues Licht auf unsere Arbeit ...“

**Ohne Licht können wir nicht leben – soweit, so gut. Aber was genau bedeutet Licht denn für uns? Welche Auswirkungen hat es auf unser Wohlbefinden? Welche auf unsere Arbeitsfähigkeit? Beeinflusst es unsere Leistungsfähigkeit?**

Brigitte-Cornelia Eder

**D**iese und ähnliche Fragen stellen sich Menschen schon seit mehr als 500 Jahren. Leonardo da Vinci (Entwürfe zur Straßenbeleuchtung), Christiaan Huygens (Wellentheorie), Sir Isaac Newton (Teilchentheorie) und Johann Wolfgang von Goethe (Farben), um nur ein paar derer zu nennen, die mit diesem Thema befasst waren und die uns sogar manche interessante Antworten geben konnten. Und dennoch blieben und bleiben viele Fragen offen. Bis im Jahre 2002 nach beinahe 150 Jahren wieder eine bahnbrechende Entdeckung gemacht wurde.

Aber der Reihe nach: In den 60er Jahren machte man eine überraschende Entdeckung: Blinde Menschen, die aus kosmetischen Gründen für ihre scheinbar funktionslos gewordenen Augen Glaskörper erhielten, verloren ihren gewohnten Tagesrhythmus. Sie behielten zwar weitgehend einen normalen Wechsel von Schlaf- und Wachphasen bei, insgesamt wurde ihr Tag meist jedoch etwas länger als 24 Stunden. Was war passiert?

## Zirkadianer Rhythmus

Schauen wir uns dafür zunächst den Schlaf-Wach-Rhythmus, der einen Teil des Biorhythmus darstellt, bzw. den zirkadianen Rhythmus näher an:

Jeder Mensch besitzt so etwas wie



ALLE FOTOS: PHOTODISC

2002 wurden neue Zellen im Auge entdeckt, die ergänzend zu den Stäbchen und Zapfen funktionieren. Diese Entdeckung könnte Entscheidendes dazu beitragen, das Rätsel um die innere Uhr zu lösen

eine innere Uhr, einen inneren Taktgeber (Biorhythmus). Unter normalen Umständen dauert so ein Zyklus unserer inneren Uhr beinahe einen Tag – daher auch der Name: zirkadianer Rhythmus.

Eine Vielzahl psychischer und physischer Messgrößen verändert sich in diesem Rhythmus. Vertraute Beispiele sind Puls und Atmung, die Verände-

rung der Körpertemperatur oder der Schlaf-Wach-Rhythmus. Dieser Biorhythmus ist in der Person an sich konstant, kann aber zwischen Personen variieren. So hat z. B. jeder Mensch zu einer anderen Tageszeit die höchste Körpertemperatur. Im Volksmund spricht man dann etwa vom „Morgenmenschen“ oder dem „Abendmenschen“.

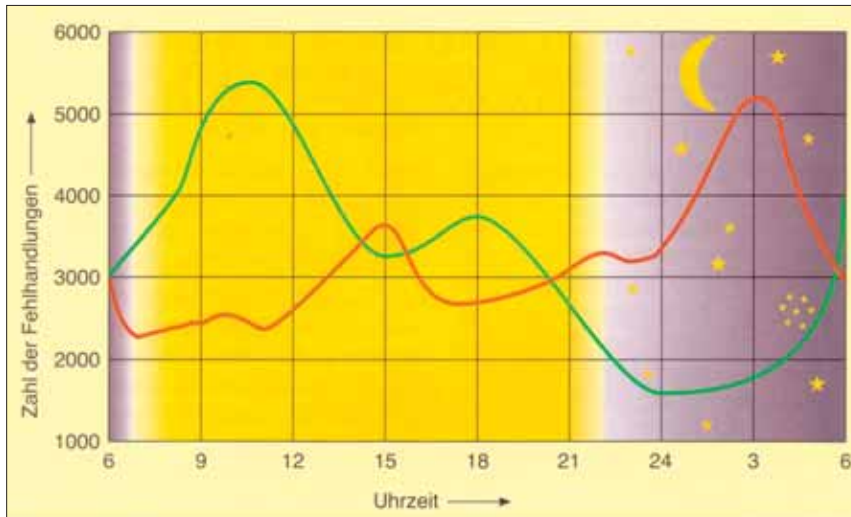


Abb. 1 – Quelle: Rüschemschmidt H. et al. (2000). Ergonomie im Arbeitsschutz. S 75

Auf Abbildung eins ist abzulesen, was vermutlich viele täglich spüren: Der zirkadiane Leistungsrhythmus (grüne Linie). „Morgenmenschen“ und „Nachtmenschen“ sollten in Gedanken die Kurve zeitlich nach links bzw. nach rechts verschieben. Auch die Fehlerhäufigkeit ist in diesem Bild eingezeichnet (rote Linie). Gut zu erkennen ist dabei die Gegenläufigkeit der beiden Kurven.

Eine spannende Studie zu diesem Schlaf-Wach-Rhythmus untersuchte freiwillige Testpersonen ohne jeglichen äußeren Zeitgeber in einem Versuchsbunker. Schon bald stellten sich die inneren Uhren der Testpersonen so um, dass sich Wachzeit und Schlafzeit auf jeweils bis zu 33 Stunden ausdehnten – und das nach nur

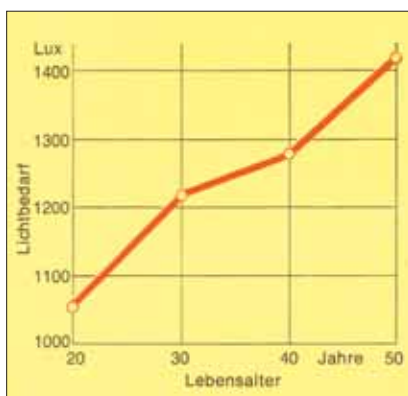


Abb. 2 – Quelle: Rüschemschmidt, H. (1988) Beleuchtung und Farbe am Arbeitsplatz. S 24

15 Tagen. Vielleicht haben Sie ähnliche Phänomene an sich selber schon mal im Urlaub beobachten können. Wobei Ihnen ja da immer noch die Sonne als zeitgebende Instanz zur Verfügung steht, und das selbst dann, wenn Sie im Urlaub alle Uhren verbannen und sich auf eine einsame Insel zurückziehen.

Abbildung zwei zeigt den Anstieg des Lichtbedarfs mit wachsendem Lebensalter, hier am Beispiel von mehr als tausend Handwerkern der verschiedensten Berufe.

### Licht und Alter

Ein zusätzlicher Faktor, der aber gerne vergessen wird, ist das Alter. Das menschliche Sehvermögen nimmt mit dem Alter beträchtlich ab – oder anders formuliert, benötigt der Mensch in zunehmendem Alter bedeutend mehr Licht. Zu Hause lässt sich dieses Problem recht leicht ausgleichen – sofern man sich dessen eben bewusst ist –, indem für bessere Lichtverhältnisse gesorgt wird. Eine helle, aber gleichmäßige Ausleuchtung des Wohnbereichs steigert den Sehkomfort und sorgt gleichzeitig für mehr Sicherheit. Der Grund für diesen zusätzlichen Bedarf an Licht in zunehmendem Alter liegt im schwächer werdenden Auge. Es braucht das zusätzliche Licht um

Kontraste wieder schärfer und um Details deutlicher wahrnehmen zu können. Interessant ist vielleicht auch, dass in zunehmendem Alter die bläuliche Farbe weniger gut gesehen werden kann, da das Auge weniger Blau durchlässt.

Abbildung drei zeigt, dass mit wachsender Beleuchtungsstärke auch die Sehschärfe steigt.

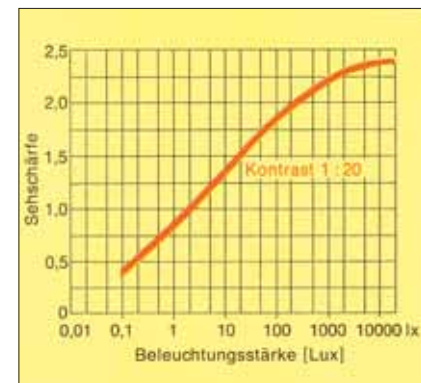


Abb. 3 – Quelle: Rüschemschmidt, H. (1988) Beleuchtung und Farbe am Arbeitsplatz. S 23

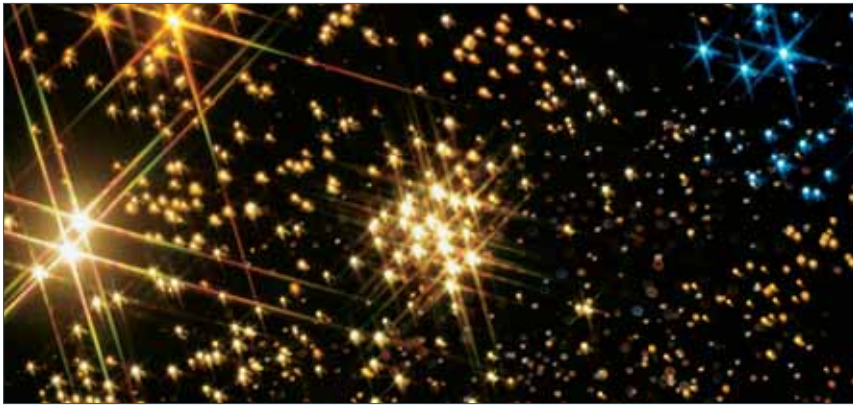
### Melatonintheorie

Nun stand den Wissenschaftlern also eine Reihe von Erkenntnissen über Auswirkungen zur Verfügung. Dennoch gab es nur Theorien über deren Zusammenhänge und Ursachen sowie über die Mechanismen, die sich dabei im Körper abspielen.

Eine dieser Theorien ist die Melatonintheorie. Zahlreiche Versuche wurden schon durchgeführt, um sie zu bestätigen. Verkürzt dargestellt kann das Neurohormon Melatonin im Menschen, ebenso wie helles Licht von außen, den Schlaf-Wach-Rhythmus steuern.

So wird etwa die Schlaflosigkeit vieler älterer Menschen auf eine mangelnde Melatoninproduktion zurückgeführt.

Junge Menschen produzieren viel mehr Melatonin, dieses aber überwiegend während des Schlafens in der Nacht. In manchen Ländern ist Melatonin auch frei erhältlich und wird gerne von Reisenden gegen Jetlag eingenommen.



Die Zapfen im Auge ermöglichen das Sehen von Farben oder das Erkennen von kleinen Objekten. Die Stäbchen treten vorwiegend nachts in Aktion. Sie sind zuständig für Hell/Dunkel- und Kontrastsehen

### Jetlag

Jetlag entsteht vor allem bei Flügen von Westen nach Osten, die eine Verkürzung des Tagesrhythmus bewirken. Eben diese Verkürzung verursacht meist eine Desynchronisation des Schlaf-Wach-Rhythmus, des Temperaturrehythmus und der oben schon beschriebenen anderen Parameter. Typisch sind Symptome wie Ein- und Durchschlafschwierigkeiten, Tagesschläfrigkeit, Verdauungsstörungen, Gereiztheit und Konzentrationsstörungen.

### Nacht- und Schichtarbeit

Unter ganz ähnlichen Symptomen leiden auch Nacht- oder Schichtarbeiter. Für diese Personengruppen kommt erschwerend hinzu, weniger Schlaf zu bekommen, denn Lärm, Tageslicht und höhere Raumtemperaturen sind zusätzliche Störfaktoren, wenn man untertags schlafen muss (von anderen Schwierigkeiten der Schichtarbeit, wie etwa den sozialen Problemen einmal ganz abgesehen). Ausgeklügelte und individuell gestaltete Lichttherapien können hier Abhilfe schaffen.

### Winterblues

Und weil wir gerade dabei sind: Kennen Sie den „Winterblues“? Man könnte diesen Zustand auch Winter-

depression nennen und sie ist häufiger anzutreffen, als man denkt. Wer spürt es denn nicht selber, wie müde und traurig man wird, wenn tagelang nur Nebel zu sehen ist, und wie sehr man aufblüht, wenn sich die Sonne nach einigen Tagen wieder blicken lässt? Falls Sie übrigens zu den Verfechtern der Schokolade als Mittel gegen den Winterblues gehören, dann haben sie in gewisser Weise auch Recht, denn kurz gesagt führt auch ein erhöhter Blutzuckerspiegel, den die Schokolade erzielt, zu einer höheren Wachheit. Im Körper selbst sorgt übrigens normalerweise das Hormon Cortisol für den „Schokolade-Effekt“.

Seit kurzem steht auch eine Spezialambulanz (z. B. AKH-Wien) zur Verfügung, in der völlig schmerzfrei und sogar sehr entspannend mit Lichttherapie (nein, nicht mit Schokolade!) geholfen werden kann.

Aber all dies erklärt noch immer nicht, warum das so ist und wie genau es funktioniert – wir wissen nur, dass es so ist.

### Eine bahnbrechende Entdeckung

Doch dann fanden 2002 David Berson und seine Arbeitsgruppe von der Brown Universität in den USA einen dritten Zelltyp im Auge, neben den allseits bekannten Stäbchen und Zapfen. Die Zapfen (ca. sechs Millio-

nen) ermöglichen das Sehen von Farben, das Erkennen von kleinen Objekten und sind für das Sehen bei Helligkeit verantwortlich. Die Stäbchen (ca. 120 Millionen) treten vorwiegend nachts in Aktion, sie sind zuständig für Hell/Dunkel- und Kontrastsehen.

Diese neu gefundenen Zellen, die noch nicht einmal einen Namen haben, liegen im Gegensatz zu den Verwandten Stäbchen und Zapfen aber in der Schicht der Ganglionzellen in der Netzhaut und unterscheiden sich deutlich im Aussehen. Es sind auch Fotorezeptorzellen und sie reagieren je nach Wellenlänge des Lichts. So zeigte sich etwa, dass bläuliches Licht zu einer höheren Aktiviertheit bzw. Wachheit führt als das rötliche.

Die neu entdeckten Zellen wandeln nun einerseits Lichtenergie direkt in Gehirnsignale um, die bei Forschern als die eigentlichen Regler des zirkadianen Rhythmus gelten. Andererseits unterdrücken sie die Produktion von Melatonin, was ja, wie oben schon beschrieben, ebenso zu mehr Wachheit führt.

Abbildung vier zeigt den schematischen Aufbau der Netzhaut. Das von links einfallende Licht passiert zunächst die Ganglien Zellen (1),

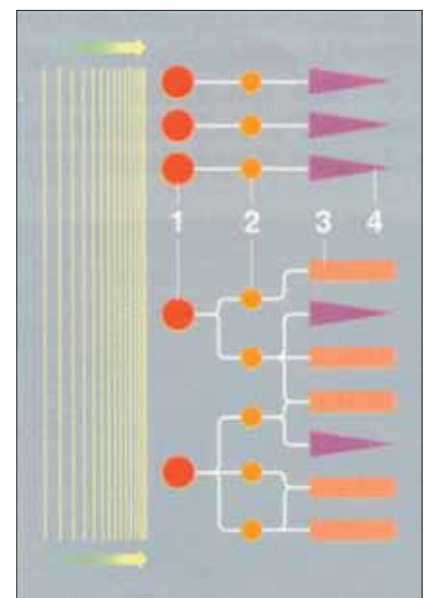


Abb. 4 – Quelle: Fördergemeinschaft Gutes Licht (1993) Die Beleuchtung mit künstlichem Licht



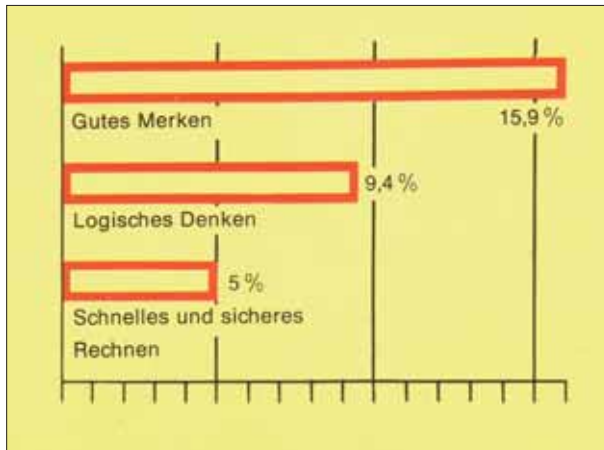


Abb. 5 – Quelle: Rüschemschmidt, H. (1988) Beleuchtung und Farbe am Arbeitsplatz. S 25

dann die Bipolaren Zellen (2) und trifft zuletzt auf die Stäbchen (3) und Zapfen (4).

Und hier schließt sich nun auch unser Kreis. Hiermit wäre nämlich erklärbar, warum die oben beschriebenen blinden Menschen mit den nicht arbeitenden Stäbchen und Zapfen, die aber kein Glasauge erhielten, dennoch ihren biologischen Rhythmus an den Tag-Nacht-Wechsel adaptieren können.

Das neu entdeckte visuelle System läuft laut Berson parallel zum bereits seit Jahren Bekannten. „Nun muss wieder neu überdacht werden, wie die Netzhaut funktioniert und das Gehirn Abläufe in der Sehwelt versteht“, analysierte der Neurowissenschaftler in einem seiner Vorträge.

So wirft wie immer eine neu gefun-

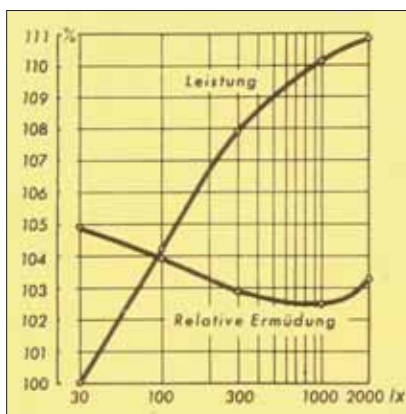


Abb. 6 – Quelle: Rüschemschmidt, H. (1988) Beleuchtung und Farbe am Arbeitsplatz. S 22

dene Antwort zahlreiche neue Fragen auf. Nun, dann warten wir gespannt ab, was die Wissenschaftler herausfinden werden! Klar ist aber, dass wir Licht brauchen und im Wachzustand sogar sehr viel davon. Abgesehen von der Gesundheit und dem Aspekt des Wohlfühlens an sich, ermöglicht eine gute Beleuchtung schnelleres Arbeiten, weniger Fehler, dafür mehr Sicherheit, weniger Unfälle und senkt somit die Fehlzeiten!

Anhand der Abbildung fünf sieht man sehr eindrucksvoll, wie das Licht auch sehungabhängige geistige Arbeit beeinflusst. Eingezeichnet sind Leistungssteigerungen (in Prozent) bei der Erhöhung der Beleuchtungsstärke von 90 Lux (ganz links) auf 500 Lux (ganz rechts).

Abbildung sechs: Ein hohes Beleuchtungsniveau senkt die Ermüdung und steigert die Leistung.

### Besseres Licht – die neue ÖNORM EN 12464

Auch die neue Lichtnorm EN 12464 arbeitet in diese Richtung: mehr und besseres Licht am Arbeitsplatz! Begründet ist dies dadurch, dass die alte ÖNORM O 1040 von der Nennbeleuchtungsstärke ausgeht, die neue EN 12464 hingegen von der Wartungsbeleuchtungsstärke.

Die Nennbeleuchtungsstärke richtet sich nach der zu leistenden Sehaufgabe und wird in Lux (Lx) gemessen. Sie bezieht sich auf den mittleren Alterungszustand der Beleuchtungseinrichtung. Die Beleuchtungsstärke darf an keinem Arbeitsplatz 60 Prozent des jeweiligen Nennwertes unterschreiten. Wartungsbeleuchtungsstärke bedeutet, dass bereits beim Erreichen des vorgegebenen Wartungswertes die Beleuchtungsanlage gewartet werden muss.

Die Angaben der alten ÖNORM O 1040 zur Nennbeleuchtungsstärke beziehen sich auf den Arbeitsraum oder die Raumzone, in der die Sehaufgabe zu verrichten ist. Die Angaben zur Wartungsbeleuchtungsstärke der neuen EN 12464 beziehen sich auf den Arbeitsbereich.

Diese EN 12464 trifft nun als neue Information Aussagen über die Gleichmäßigkeit der Beleuchtungsstärkeverteilung im Arbeitsbereich und im Umgebungsbereich. Auch die Bezugsfläche wird nun genauer bezeichnet. Die Planung der Wartungsbeleuchtungsstärke kann auf die Arbeitsflächen bezogen erfolgen.

Dennoch ist auch hier noch zu beachten, dass diese Norm wieder für junge Arbeitnehmer ausgelegt ist und bei steigendem Alter ein noch höheres Lichtlevel benötigt wird. Empfehlungen der AUVA berücksichtigen auch diese Tatsachen.

### Praxis der Beurteilung künstlicher Beleuchtung

Die Beurteilungspraxis der AUVA basiert auf standardisierten Messformularen, die dem Beurteiler Unterstützung bieten. Die Messdatenblätter beinhalten Eckdaten jedes Messauftrages, wie Auftraggeber der Messung, Name des Beurteilers, Datum und Uhrzeit, verwendete Messgeräte, die Lichtsituation im Freien und die Auflistung der durchzuführenden Messungen.

Es stehen für folgende Beurteilungsaufgaben Messformulare zur Verfügung:

- Beleuchtungsstärkeverteilung im Raum / am Arbeitsplatz;
- Leuchtdichteverteilung im Gesichtsfeld;
- BAP (Bildschirmarbeitsplatz) – Messbericht;
- Lichtrichtung und Schattigkeit;
- Lichtfarbe und Farbwiedergabe;
- Tageslichteinfluss allgemein.

Neben der persönlichen Beratung steht, wie zu vielen anderen Themen, auch schriftliches Material zur Verfügung.

## Neue Broschüre – „Beleuchtung im Büro“

Die Broschüre „Beleuchtung im Büro“ aus der Schriftenreihe Prävention, herausgegeben von der deutschen Lichttechnischen Gesellschaft (LiTG) und der Verwaltungsberufsgenossenschaft (VBG) gibt auf etwas mehr als 100 Seiten Hilfen zur Planung von Beleuchtungsanlagen in Räumen mit Bildschirm- und Büroarbeitsplätzen. In der Vorbemerkung ist dazu unter anderem Folgendes zu lesen: „Die Qualität der Beleuchtung wirkt sich auf das visuelle Leistungsvermögen des Menschen aus. Sie ist entscheidend dafür, wie genau und wie schnell Formen, Details und Farben erkannt werden. Durch schlechte Beleuchtung kann es auch zu Fehlbeanspruchungen der Mitarbeiter kommen. Darüber hinaus beeinflusst die Beleuchtung Aktivität und Wohlbefinden der Mitarbeiter und wirkt sich somit auf ihre Leistungsfähigkeit und Leistungsbereitschaft aus.“

Die übersichtlich und anschaulich gestaltete Broschüre liefert, von Basisinfor-

mationen über konkrete Informationen bis hin zu Beispielen, viele nützliche Hinweise zur Planung von Beleuchtungsanlagen in Räumen mit Bildschirm- und Büroarbeitsplätzen.

Hier erfahren Sie dann auch, wie etwa Blendungen, Spiegelungen und Reflexionen, die leider durch das vorher propagierte Mehr an Licht auch vermehrt auftreten können, schon bei der Planung weitgehend verhindert werden können.

Bestellbar ist die Broschüre bei: [www.vbg.de](http://www.vbg.de) und AUVA, Abteilung HUB, 1200 Wien, Adalbert-Stifter-Strasse 65 und LTG Lichttechnische Gesellschaft Österreichs, 2340 Mödling, Postfach 148.

Mag. Brigitte-Cornelia Eder  
Allgemeine Unfallversicherungsanstalt  
Abteilung für Unfallverhütung  
und Berufskrankheitenbekämpfung  
Adalbert-Stifter-Straße 65  
1200 Wien, Österreich  
Tel.: ++43/1/331 11-566  
E-Mail: [Brigitte-Cornelia.Eder@auva.sozvers.at](mailto:Brigitte-Cornelia.Eder@auva.sozvers.at)

## LITERATUR

- Bommel, M. van & Beld, J. van den (2003) *Lighting for work: Visual and biological effects. The Netherlands: Philips Lighting.*
- Borbély, A. (1991) *Das Geheimnis des Schlafs.* Berlin: Ullstein Verlag.
- Deutsche Lichttechnische Gesellschaft e. V. (2003) *Beleuchtung im Büro.* Wiesbaden: Universum Verlagsanstalt GmbH KG.
- Fördergemeinschaft Gutes Licht (1993) *Die Beleuchtung mit künstlichem Licht.* Berlin: Beuth Verlag GmbH.
- Hatzenbichler, J. (2002) *Mehr Licht, bitte!* Wien: AK FÜR Sie. <http://neuroscience.brown.edu/Faculty/Berson.html>
- Rüschenschmidt H. et al. (2000). *Ergonomie im Arbeitsschutz.* Bochum: Verlag Technik und Information.
- Rüschenschmidt, H. (1988) *Beleuchtung und Farbe am Arbeitsplatz.* Bochum: Verlag W. Stumpf KG. S 23.
- Wichtl, M. & Wittmann, A. (1997) *ÖNORM O 1040 versus EN 12464 – Theorie und Praxis der Umsetzung.* Wien: AUVA

## ZUSAMMENFASSUNG

Dieser Artikel liefert einen kurzen Überblick über Neuerungen und Altbekanntes zum Thema Licht. Im Jahre 2002 wurden neue Zellen im Auge entdeckt, die ergänzend zu den Stäbchen und Zapfen funktionieren. Diese Entdeckung könnte Entscheidendes dazu beitragen, das Rätsel um die innere Uhr und den mit ihr verbundenen Zirkadianen-Rhythmus zu lösen. Altbekannte Themen wie Jetlag, der Einfluss des Lichts auf die Befindlichkeit und die Arbeitsleistung könnten durch die neuen Erklärungsmöglichkeiten, die diese Zellen eröffnen in einem anderen Licht betrachtet und vielleicht deren negative Auswirkungen einfacher und rascher gelindert werden. Die neue Lichtnorm unterstützt jedenfalls die Bestrebungen, mehr und besseres Licht an den Arbeitsplätzen zu erhalten. Und als Unterstützung für die Planung der Beleuchtung in Büros steht eine sehr umfangreiche und praxistaugliche neue Broschüre zur Verfügung.

## SUMMARY

This article gives a short summary of new and long-known findings about light.

In 2002, new cells were discovered in the eye, which function in addition to the rod and cone cells.

This discovery could decisively contribute to solve the mystery around the inner clock and the circadian rhythm connected to it.

Long-known topics as the jet lag, the influence of light on well-being and work performance could appear in a new light by the new explanation possibilities, which these cells offer and perhaps their negative effects could be mitigated more simply and more rapidly. The new light standard supports the efforts to supply more and better light at the workplace.

A very extensive and practical brochure is available to support the planning of office lighting.

## RÉSUMÉ

Cet article donne un bref résumé des faits nouveaux et bien connus au sujet de la lumière. En 2002, de nouvelles cellules ont été découvertes dans l'œil qui fonctionnent complémentaires aux bâtonnets et cônes. Cette découverte pourrait être décisive pour résoudre le mystère autour de l'horloge interne et le rythme circadien qui l'accompagne. Des thèmes bien connus comme le décalage horaire, l'influence de la lumière sur l'état général et le rendement pourraient être considérés dans une autre optique à la base de ces nouvelles possibilités d'explication pour ces cellules et leurs effets négatifs pourraient être atténués plus simplement et plus rapidement. La nouvelle norme de lumière soutient en tout cas les efforts pour apporter plus de lumière d'une meilleure qualité aux postes de travail. Et comme soutien pour la planification de l'éclairage dans les bureaux une nouvelle brochure très vaste et praticable est disponible.

# Messverfahren für Kühlschmierstoffe

**Kühlschmierstoffe (KSS) sind wichtige Prozessstoffe für viele Metallbearbeitungsverfahren. Bei ihrem Einsatz zur Kühlung und zur Schmierung können aber beträchtliche Mengen an gefährlichen Aerosolen und Dämpfen entstehen.**

Wilhelm Höflinger, Bernhard Neumann, Robert Piringer

**A**ufgrund ihrer chemischen Zusammensetzung gelten KSS als gefährliche Arbeitsstoffe und haben Auswirkungen auf Personen, Maschinen und Umwelt. Um die Umgebung vor diesen KSS-Emissionen zu schützen, werden üblicherweise Maschinenkapselungen und Absaugeinrichtungen verwendet.

Um verschiedene KSS auf ihre Emissionsfähigkeit zu untersuchen bzw. zu charakterisieren, wurde ein Aerosolgenerator entwickelt, der in Abhängigkeit der Betriebsparameter Drehzahl, Form des rotierenden Werkzeuges, Wärmeentwicklung, KSS-Zuführung und Absaugsituation diese Emissionen weitgehend realitätsgetreu und reproduzierbar erzeugt. Die Tropfengrößenverteilung und die Gesamttropfenkonzentration des erzeugten KSS-Nebels kann dabei für verschiedene KSS bei unterschiedlichen Betriebsbedingungen gemessen werden.

Diese Messwerte dienen zur Klassifizierung verschiedener KSS. Der Generator besteht aus einem Rotor, der einem Fräser nachempfunden ist, der von außen zugeführten KSS zerstäubt. Zur Sicherstellung der Reproduzierbarkeit und der zeitlichen Konstanz der gemessenen Emissionen findet in der Testapparatur keine Zerspanung statt. Es kommt somit zu



Abbildung 1: Kühlschmierstoffeinsatz bei einem Fräsprozess

keinen Störungen durch sich anhäufende Spänehaufen oder abgeschleuderte Späne.

Zur Simulation verschiedener Werkzeugtemperaturen bzw. Wärmeentwicklungen wird der Rotor beheizt und auf verschiedene konstante Temperaturen geregelt. Die Besonderheit dieser Einrichtung liegt in der Möglichkeit Wärme- und Drehzahleinfluss auf die Nebelbildung getrennt voneinander zu untersuchen. Mit dieser Vorrichtung können die verantwortlichen Mechanismen der Nebelentstehung aufgeklärt werden. In diesem

Beitrag werden die Funktionsweise der Testapparatur und erste KSS-Messergebnisse dargestellt.

## Aerosolgenerator und Messverfahren

Um zuverlässige Messwerte zur Charakterisierung von verschiedenen KSS bei unterschiedlichen Betriebsbedingungen mit diesem Aerosolgenerator zu erhalten, soll dieser einen über die Versuchsdauer konstanten Massenstrom und eine konstante Tropfengrößenverteilung aufweisen. ►

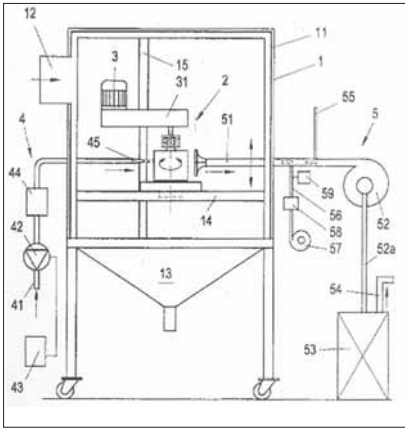


Abbildung 2: Schematische Darstellung des Aerosolgenerators und des Messverfahrens [3]



Abbildung 3: Aerosol Generator mit Absaugeinrichtung

Abbildung 2 zeigt den in einer Einhausung (1, 11) befindlichen Aerosolgenerator. Der Generator besteht aus einer KSS-Zuführeinrichtung (41, 42, 44, 45), einem Rotor mit einer Höchstdrehzahl von 30000 U/min, einem Motor (3), einem Getriebe (31) und einem Gebläsefilter (Abbildung 3), der das erzeugte Aerosol absaugt. Zunächst wurden nur Wasser/Öl-Emulsionen hinsichtlich ihrer Emissionsfähigkeit getestet. Diese KSS-Emulsionen werden zur Überflutungsschmierung eingesetzt, wo mit hohen KSS-Massenströmen die geforderte Kühl- und Schmierwirkung erzielt wird. Um ausreichende Mengen an Aerosol abzusaugen, wurde die Position des Absaugquerschnittes in unmittelbarer Rotornähe gewählt.

Im Absaugrohr ist eine Messstelle zur isokinetischen Probenahme (56-59) installiert, wo die Partikelgrößenverteilung des abgesaugten KSS-Aerosols mittels eines Streulichtpartikelzählers gemessen wird (Palas PCS2000). Der in die Umgebung austretende Absaugvolumenstrom wird gefiltert. (52, 53). Ein seitlicher Schlitz (12) bildet die Einlassöffnung für den durchgesaugten Luftvolumenstrom.

Wie im realen Prozess sammelt sich der nicht zerstäubte und nicht abgesaugte Kühlschmierstoff in einer Auffangwanne (13) und wird der KSS-Düse wieder zugeführt.

Abbildung 4 zeigt eine Detailzeichnung des Rotors. Der Rotor besteht

aus einem Hohlkörper (25), der über einen stillstehenden beheizten Zylinder gestülpt ist (21). Zwischen dem Rotor und dem stillstehenden Zylinder ist ein 2 mm breiter Luftspalt, über den die Wärme übertragen wird. Im stillstehenden Zylinder befinden sich fünf Heizelemente mit Temperatursensoren (22) die eine Höchsttemperatur von 500 °C erlauben.

Um keine Wärme über den Rotor-schaft in die Spindel einzuleiten, ist dieser Schaft mit vier Kühlrippen (26a) ausgestattet. Der innere stillstehende Zylinder beheizt den Rotor, daher ergibt sich zu jeder einstellbaren Innenzylindertemperatur in Abhängigkeit von Drehzahl und Kühlung eine dadurch ebenfalls näherungsweise einstellbare Rotoroberflächentemperatur. Die Rotoroberfläche ist, ähnlich wie sie bei Fräswerkzeugen vorliegt, mit Zähnen ausgestattet (25 a). Dadurch kommt es zu einer ausreichenden Vernebelung für den Messzweck bzw. zu ausreichenden Partikelkonzentrationen. Der stillstehende Heizzylinder ist auf einer Platte montiert, die vom Schienensystem des Gehäuses getragen wird. Dadurch ist die Anordnung, wie auch der übergestülpte Rotor in beliebigen Positionen im Gehäuse positionierbar.

So kann auch der Lageeinfluss des Rotors auf die Emissionen untersucht werden (siehe Abbildung 2). Abbildung 5 und 6 zeigen den Rotor bei Stillstand und bei Betrieb.

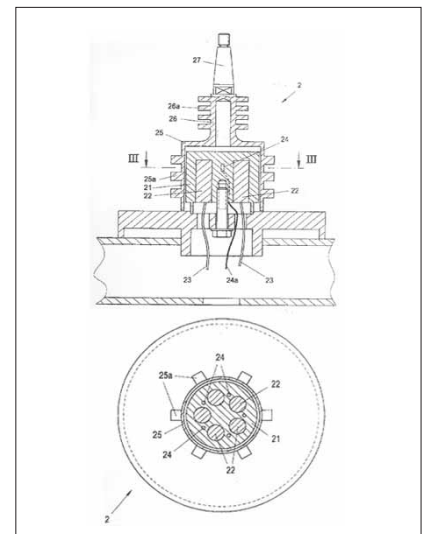


Abbildung 4: Detail des Rotors

### Versuchsergebnisse

Zuerst wurde geprüft, ob der Aerosolgenerator einen konstanten und reproduzierbaren Aerosolmassenstrom mit einer konstanten Tropfengrößenverteilung liefert. Danach wurde bei zwei verschiedenen Heizzylindertemperaturen der Einfluss der Rotordrehzahl auf die Emissionsmenge untersucht. Diese Ergebnisse haben vorerst nur orientierenden Charakter und dienen zum Nachweis der Funktionstüchtigkeit des Messverfahrens.

Beim getesteten KSS handelte es sich um Öl/Wasser Emulsion mit 6 Prozent KSS.

Der KSS wurde mit einer einfachen Düse (Abbildung 5) dem Rotor druck-



Abbildung 5: Rotor, Kühlschmierstoffdüse und Absaugrohr



Abbildung 6: Rotor in Betrieb

ALLE FOTOS &amp; GRAFIKEN: BEIGESTELLT

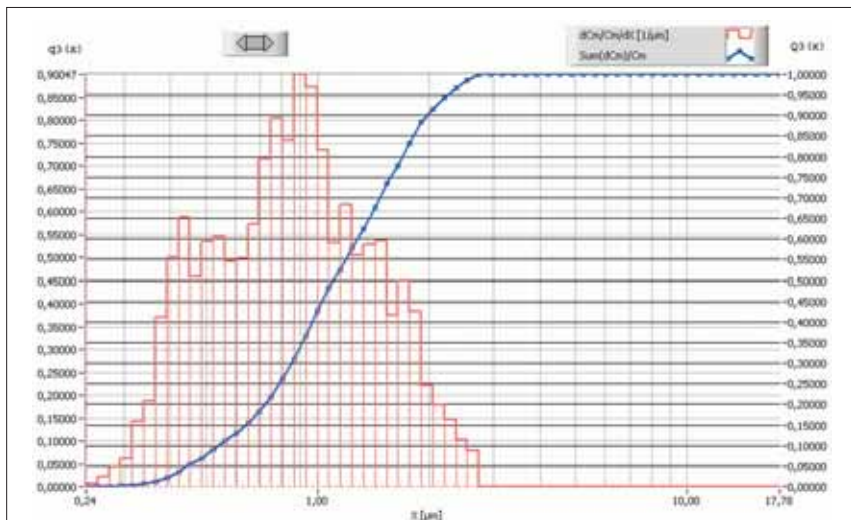
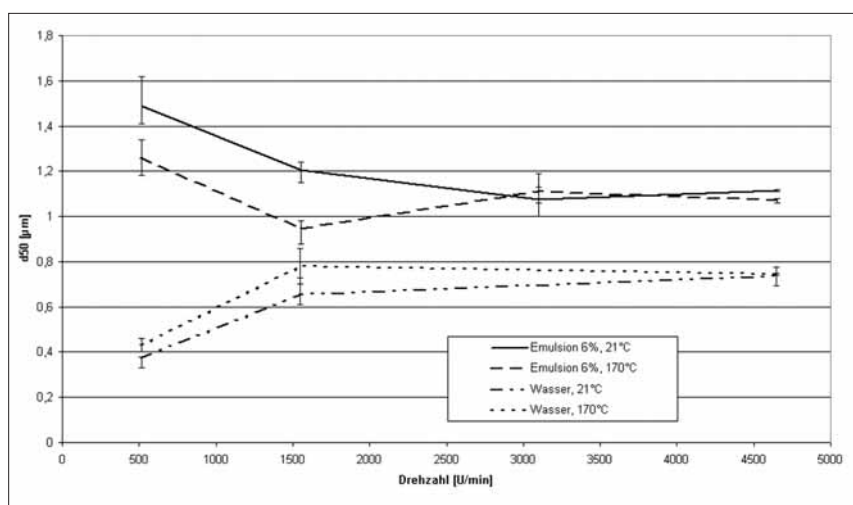


Abbildung 7: Tropfengrößenverteilung des erzeugten KSS (Öl/Wasser-Emulsion sechs Prozent, Drehzahl 4500 U/min, Temperatur 21 °C)

Abbildung 8: Medianwert  $d_{50,3}$  über der Drehzahl für Öl/Wasser-Emulsion (sechs Prozent KSS) und Wasser für zwei Temperaturen (zugeführte KSS Menge 2,1 l/min)

los mit einem konstanten Durchfluss von 2,1 l/min zugeführt.

Exemplarisch ist eine Tropfengrößenverteilung der Öl/Wasser-Emulsion (Massenverteilung) in Abbildung 7 dargestellt. Es ist zu bemerken, dass der Tropfengrößenbereich sich in einem engen Bereich rund um 1µm befindet.

Obwohl mit hoher Geschwindigkeit aus unmittelbarer Nähe des Rotors abgesaugt wird, erreichen keine größeren Tropfchen das Messvolumen des Partikelzählers. Daraus kann geschlossen werden, dass Verdunstungseffekte den Haupteinfluss auf die entstehenden Tropfengrößen haben. Diese Verdunstungseffekte werden Gegenstand zukünftiger Untersuchungen sein.

In Abbildung 8 ist der Medianwert  $d_{50,3}$  von Öl/Wasser-Emulsion und Wasser bei zwei Temperaturen (21 °C und 170 °C) dargestellt. Reines Wasser wurde zu Vergleichszwecken ebenfalls getestet. Öl/Wasser-Emulsion zeigt nahezu drehzahlunabhängig einen  $d_{50,3}$  von ca. 1µm. Wasser liefert feinere Tropfen.

Ein Temperatureinfluss auf den Tropfendurchmesser ist nur bei niedrigen Drehzahlen sichtbar. Bei höheren Drehzahlen verursacht der Rotor mehr Turbulenz, daher ist hier der Temperatureinfluss nicht sichtbar.

Abbildung 9 zeigt die Tropfenkonzentration von Öl/Wasser-Emulsion

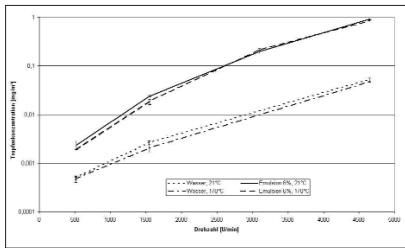


Abbildung 9: Tropfenkonzentration über der Drehzahl für Öl/Wasser-Emulsion (sechs Prozent KSS) und Wasser für zwei Temperaturen (zugeführte KSS Menge 2,1 l/min)

und Wasser bei zwei Temperaturen (21 °C und 170 °C) über der Drehzahl. Auch die relativ geringen Messabweichungen sind bei den Messpunkten dargestellt, wodurch auf eine gute Reproduzierbarkeit zu schließen ist.

Man erkennt ein starkes Ansteigen der Tropfenkonzentration mit der Drehzahl, da bei höheren Drehzahlen ein größerer Anteil des zugeführten

Kühlschmierstoffes zerstäubt wird. Wasser bildet geringere Tropfenkonzentrationen, was durch Verdunstungseffekte verursacht wird. Bei höheren Temperaturen entstehen geringfügig geringere Tropfenkonzentrationen, was vorerst auch durch Verdunstungseffekte erklärt werden kann.

*Diese Arbeit wurde von der Allgemeinen Unfallversicherungsanstalt (AUVA) finanziert und unterstützt.*

Dipl.-Ing. Bernhard Neumann  
Wilhelm Höflinger  
Institut für Verfahrenstechnik  
Technische Universität Wien  
Getreidemarkt 9/166  
1060 Wien  
Österreich  
Tel.: (+43 1)588 01-159 15  
E-Mail: bneumann@mail.zserv.tuwien.ac.at

Dipl.-Ing. Robert Piringer  
Allgemeine Unfallversicherungsanstalt  
HUB  
Adalbert-Stifter-Straße 65  
1200 Wien  
Österreich  
Tel.: (+43 1) 331 11-439  
E-Mail: Robert.Piringer@auva.sozvers.at

## LITERATUR

- [1] AUVA Merkblatt M 368-1103, Kühlschmierstoffe, Unfallverhütungsdienst der Allgemeinen Unfallversicherungsanstalt, Wien, 2003
- [2] Kühlschmierstoffe, BIA Report 7/96, Hrsg.: Hauptverband der gewerblichen Berufsgenossenschaften (HVBG), Sankt Augustin 1996
- [3] Patentanmeldung Österreich, Gegenstand: Verfahren und Vorrichtung zur Ermittlung der Eigenschaften von Kühlschmierstoffen

## ZUSAMMENFASSUNG

Zur Bestimmung der Emissionsfähigkeit von Kühlschmierstoffen wurde ein Aerosolgenerator entwickelt. Dieser Generator erzeugt in Abhängigkeit verschiedener Betriebsbedingungen realitätsnahe Aerosole, wie sie auch bei der Metallbearbeitung entstehen. Er gewährleistet konstante Messwerte für die Tropfenkonzentration und Tropfengrößenverteilung, was eine Voraussetzung zur Klassifikation verschiedener KSS ist. Der Vorteil ist, dass keine Zerspaltung stattfindet, die die Aerosolerzeugung stören würde, und dass unterschiedliche Drehzahlen und unterschiedliche Temperaturen der Rotoroberfläche unabhängig voneinander eingestellt werden können. Erste Versuchsergebnisse zeigen ein starkes Ansteigen der Tropfenkonzentrationen über der Drehzahl während der Medianwert der Tropfendurchmesser von Öl/Wasser-Emulsion weitgehend unabhängig von der Drehzahl bei ca. 1 µm liegt. Durch die Möglichkeit dieses Generators, Drehzahl und Temperatur getrennt voneinander einzustellen, können die Mechanismen bei der Nebelentstehung und auch Verdunstungsvorgänge im Rahmen der Metallzerspannung grundlegend untersucht werden.

## SUMMARY

For the determination of the emission ability of cooling lubricants an aerosol generator was developed. This generator produces close-to-reality aerosols in dependence of different operating conditions, as they also develop during metalworking. It ensures constant measured values for drop concentration and droplet size distribution, which is a prerequisite for the classification of different cooling lubricants. The advantage is that no chipping takes place, which would disturb aerosol production, and that different numbers of revolutions and different temperatures of the rotor surface can be independently set. First test results show a strong rising of drop concentrations by the number of revolutions while the median of the drop diameters of oil/water emulsion stays at approx. 1 µm largely independently of the number of revolutions. The fact that this generator allows to set the number of revolutions and the temperature separately from each other, the mechanisms during nebula emergence and also evaporation procedures can be fundamentally examined in the context of the metal chipping.

## RÉSUMÉ

Pour déterminer la capacité d'émission des lubrifiants frigorifiques, un générateur d'aérosol a été développé. Ce générateur produit des aérosols proches de la réalité dans une dépendance de différentes conditions d'opération, comme ils naissent aussi en métallurgie. Il garantit des valeurs mesurées constantes pour la concentration et la distribution de la grandeur des gouttes, ce qui est une condition pour la classification de différents lubrifiants frigorifiques. L'avantage est qu'aucun éclatement n'a lieu qui dérangerait la production d'aérosols, et que des vitesses et des températures différentes de la surface du rotor peuvent être ajustées séparément. Des premiers résultats des expériences montrent une forte augmentation de la concentration de gouttes par rapport à la vitesse tandis que la valeur de médiane des diamètres de gouttes de l'huile/eau émulsion reste largement à 1 µm indépendamment de la vitesse. Par la possibilité de ce générateur d'ajuster la vitesse et la température séparément, les mécanismes lors de la naissance de brouillard et également de processus d'évaporation peuvent être examinés fondamentalement dans le cadre de l'éclatement de métal.

# Sicherheitsmanagement in der Produktion

Sicherheitsmanagementsysteme werden oft rein technisch-rational und organisatorisch gesehen. Mit der Entwicklung in lernenden Betrieben halten sie aber nur Schritt, wenn Sicherheit in allen Bereichen und auf allen Ebenen integrierter Bestandteil ist.

Andrew R. Hale



Vor allem am Produktions- und Montagesektor hat man mit der Installation von Sicherheitsmanagementsystemen bereits viel erreicht. Was aber oft noch fehlt, ist die Implementierung von Sicherheit auch in kleinen und mittleren Unternehmen ohne fixe Sicherheitsstruktur

**S**icherheitsmanagement ist seit über zwanzig Jahren ein viel debattiertes Studienfeld von Sicherheitstechnikern, Managern und Arbeitsorganisatoren. Für die Arbeitssicherheit ist vor allem in großen Betrieben viel erreicht worden, wenn auch die meist technisch orientierte Herangehensweise in Klein- und Mittelbetrieben nicht eins zu eins umsetzbar ist. Zentral ist die Bewältigung

der Konflikte, wenn die Sicherheit anderen Unternehmenszielen scheinbar im Weg steht.

## Sicherheitsmanagement-systeme

Die wissenschaftliche Beschäftigung mit „Safety“ hat zu einer stufenweisen Weiterentwicklung der Sicherheitssysteme geführt. Technisches

und menschliches Versagen wurden vorhersagbar und beherrschbar.

Für jede erkannte Gefahr konnte eine Schranke etabliert werden. Risikoanalysen zeigten auch, wie und wo solche Barrieren geschwächt umgangen oder entfernt werden. Mittlerweile spricht man vom dritten Zeitalter (Generation/Stufe) der Sicherheit. Gefahrenszenarien werden als Modelle durchgespielt, um für den Ernst-





hilfe zu bieten. Auditoren benötigen aber ein detailliertes Fachwissen, um Risiken und das diesbezügliche SMS beurteilen zu können. Ein Abarbeiten von vorstrukturierten Checklisten ist meist sinnlos, das implizite Wissen und die Erfahrung der Beschäftigten kann eine vorgefertigte Struktur keinesfalls erfassen.

### Als gesichert angenommenes Wissen

Gesichertes Wissen über SMS stammt meist aus Großbetrieben mit hohem Risiko und entsprechender Sicherheitsorganisation. Die simple Übertragung auf KMU greift oft zu kurz, denn in kleinen Betrieben passieren kaum große Katastrophen, eher verletzen sich Einzelne. Überproportionierte Sicherheitsvorkehrungen sind in KMU nicht leistbar, da es sowohl an Know-how als auch an Personalressourcen mangelt. Generelle Checklisten erinnern bestenfalls das Inspektionpersonal an alle Arten von präsenten Gefahren, erlauben aber keine Aussagen über die Möglichkeiten, diesen Gefahren zu begegnen. Die Untersuchung von kleinen oder Beinahe-Unfällen kann wenig über die Prävention von großen und tödlichen Unfällen aussagen, da sie anderen Szenarien folgen. Besser ist die Suche nach den Vorboten der Katastrophen, die ohne geschulte Aufmerksamkeit oft unbemerkt bleiben.

Unfall-Pyramiden zeigen nur die Spitze des Eisberges. Wirklich erprobtes Sicherheitswissen gibt es wenig, vieles ist einfach „angewandter Hausverstand“. Mehr gezielte Forschung über die Wirksamkeit von SMS-Maßnahmen und Längsschnittstudien würden die schmale Basis verbreitern. Bis dato operiert die Sicherheitswissenschaft auf einer prä-wissenschaftlichen Stufe, wobei man sich auf das Handlungswissen von Leuten aus der Praxis verlässt.

### Lernende Organisationen

Engagierte Unternehmen fördern die Meldung von Unfällen oder gefährlichen Vorfällen, in der Hoffnung,



Die offene Kommunikation zwischen Sicherheitsfachkraft und Mitarbeiter ist Basis für funktionierende Sicherheitsmanagementsysteme

dass die Organisation aus diesen Daten „lernt“. Dies passiert aber nie automatisch, es muss gut organisiert werden, und nicht als zusätzliche Arbeit der SFK aufgebürdet werden.

Lernende Systeme müssen vom Output her geplant werden – das übliche Datensammeln wäre Input-orientiert. Wichtig ist die Frage nach Handlungsalternativen, und benötigten Informationen für besseres Handeln.

Das Lernen in Organisationen braucht einen Motor: SFK müssen Mittler zwischen der ArbeiterInnen- und der Leitungsebene sein, nicht VerwalterInnen der Unfallmeldungen.

Das Lernen wird auch von „Überraschungen“ angespornt: Beschäftigte sollen nach ungewöhnlichen Vorfällen nicht wortlos zur Tagesordnung übergehen, sondern das Überraschende melden. Natürlich ist Anerkennung dafür Voraussetzung, eine Software mit Leitfragen kann viel Tipparbeit ersparen.

Lernen ist erst komplett, wenn sich

die gelebte Praxis (Output) ändert. Eine Feedbackschleife zum Input-Ende sichert das Überleben des Lernsystems im Betrieb.

### Bekannte Lücken

Statt von „Sicherheitskultur“ sollte man besser von den Auswirkungen der Safety auf die Unternehmenskultur sprechen, um den Fokus explizit auf die Kultur zu legen. Nur sehr vorbildliche Unternehmen haben die Sicherheit bereits so weit in alle Bereiche integriert, dass sie nicht mehr als ein separates Ziel unter vielen missverstanden wird.

Über die Dimensionen der Unternehmenskultur ist wenig bekannt, man kann sie (noch nicht) messen.

Forschung fehlt noch, über Fragen welche Wichtigkeit die Sicherheit für MitarbeiterInnen und Führungskräfte besitzt, welche Aspekte im Sicherheitsbild inkludiert sind und wie die Einzelnen (gefühlsmäßig) die Prioritäten setzen. Wie ist die Beteiligung der MitarbeiterInnen an der Definition und der

Kontrolle von Risiken, oder sieht man sie nur als passive Anwender vorgegebener Regeln? Kann das kreative Misstrauen in Kontrollsysteme wie SMS genutzt werden, um den Prozess lebendig zu halten, oder frustriert die Beschäftigung mit Problemen, die anscheinend doch nie zu lösen sind?

Ein wohlwollendes Vertrauen aller Beteiligten und offene Kommunikation sind dabei hilfreicher als eine Kultur der gegenseitigen Schuldzuweisung, die gemeinsames Lernen verhindert. Information über Fehler darf nicht als Waffe benutzt werden, bei der Unfallanalyse soll immer die Interaktion von auslösenden Faktoren im Fokus stehen, nicht der/die Einzelne stigmatisiert werden.

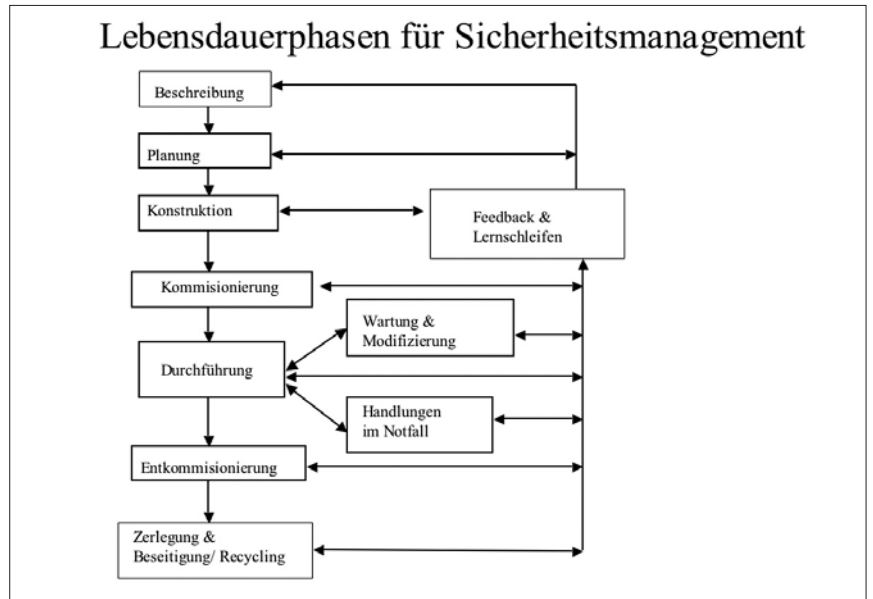
Idealer Weise fühlen sich alle im Betrieb für die Sicherheit persönlich verantwortlich und warten nicht darauf, dass andere für sie aktiv werden. In der Praxis ist diese Utopie wohl zu hoch angesetzt, in kleineren Betrieben mit geringer Gefährdung ist so viel Engagement kaum zu erwarten.

IDEALMODELL

**Eine ideale Organisationskultur in puncto Sicherheit?**

- Sicherheit hat Priorität vor anderen Zielen;
- Explizite Integration von Sicherheit in alle Bestandteile des Systems;
- Alle Sicherheitsaspekte sind mit exklusiver Priorität inkludiert;
- Glaube, dass Unfälle vermeidbar sind;
- Beteiligung von allen Mitspielern, im Sinn von gemeinsamen Anliegen;
- Wohlwollendes Vertrauen in andere, überlappende Verantwortlichkeiten;
- Offene Kommunikation, Lernen aus guten und schlechten Erfahrungen, Reflexion, angemessener Tadel;
- Kreatives Misstrauen in das SMS, Erwartung neuer Probleme:

*Wer glaubt, eine gute Sicherheitskultur zu haben, beweist dass er sie nicht hat.*



Lebendiges Sicherheitsmanagement ist nie „fertig“, es wird laufend angepasst, neu formuliert und „entsorgt“

### Ideale Organisationskultur

Realistisch ist die Beschäftigung mit der Entwicklung eines SMS im Betrieb. Obwohl es noch wenig Längsschnittstudien dazu gibt, scheint es doch einen Reifungsprozess für SMS zu geben. Von der Verantwortung der SFK und der Geschäftsführung muss der Schritt zum einzelnen Mitarbeiter gelingen, damit die aktive und fragende Arbeit an der Sicherheit bei der Arbeit wirklich in den Köpfen aller Betriebsangehörigen verankert ist

Vieles deutet darauf hin, dass Betriebe zwar gerne versuchen, von der Stufe „kein SMS“ in einem Schritt zu einem „perfekten SMS“ wechseln wollen, daran aber scheitern. Mit „Predigten“ an die MitarbeiterInnen ist eine funktionierende Sicherheitskultur nicht zu erreichen. Offenbar müssen die Stadien dazwischen durchlaufen werden, damit sich die entsprechende Kommunikationskultur etablieren kann. Erst später kann sich das SMS-Team auf das Monitoring zurückziehen, zuerst muss es die Mitarbeiter qualifizieren und das gemeinsame Lernen an Problemen vorantreiben. Die Forschung wird zeigen, ob dieser Reifungsprozess von SMS zu beschleunigen ist.

### Lebensdauerphasen

Die Komplexität von SMS verlangt nach Visualisierung, damit alle ihre Rolle in der größeren Gesamtheit erkennen, und vor allem für die Budgetierung durch die Entscheidungsträger. Was ein SMS bringt und um welchen Preis, ist auf einer A4-Seite kaum ganz simpel darzustellen. Computermodelle als „Managementsimulatoren“ könnten Maßnahmen für bestimmte Risikoszenarien so abbilden, dass Probeläufe für die betriebliche Praxis kostenneutral und ohne Gefährdung durchzuspielen sind. Die Effizienz eines SMS könnte so praxisnah überprüft werden (noch sind nur erste Ansätze in Entwicklung).

### Blinde Flecken

Manche SMS-relevante Thematik ist noch unerforscht, weil sie als potenziell unangenehm verleugnet wird: Konflikte wegen Sicherheit und Emotionen rund um das Thema.

Direktoren argumentieren vor ihren Shareholdern gerne, dass „Sicherheit gutes Geschäft“ sei, sich „rechne“. Natürlich kann Sicherheit erstaunlich wenig kosten und viel Schaden vermeiden, aber ehrlich gesagt steht Si-

cherheit immer in Konflikt zu anderen unternehmerischen Zielen. Auch wenn Sicherheit bei allen Plänen von Beginn an mit berücksichtigt wird, kann der Grundkonflikt nie ganz beseitigt werden. Soziologische und politische Forschung dazu muss in das Management dieser Differenz integriert werden. Ein Leugnen zeigt, dass an der Reife der Konfliktkultur noch zu arbeiten ist.

Sicherheitsfachkräfte sind üblicherweise Techniker, und daher an rationale, logische Analysen gewöhnt. Emotionale Argumente und Menschen mit einer anderen mentalen Strukturierung der Welt bereiten ihnen Unbehagen. Die Safety Science hat sich streng rationaler Wissenschaftlichkeit verpflichtet und die Rolle der Gefühle verdrängt. Die Diskussion um „subjektives“ und „objektives“ Risiko als Basis für Regulative illustrierte diese Unsicherheit. Auch wird gern zwischen „rationaler“ Risikoanalyse und „politischen“ Entscheidungen über Prioritäten unterschieden.

Zweifellos ist auch für Techniker Emotion zentral für ihr Engagement: Die moralische Verpflichtung, Leid und Todesfälle in der Arbeitswelt zu verhindern, sind wirksame Triebfedern für Sicherheitsarbeit.

Lernende Organisationen ent-

wickeln sich ständig weiter und müssen ihr SMS immer adaptieren. Manche sehen Änderungen als Feinde der Sicherheit, weil sie zum Verlassen bewährter Wege zwingen. Andererseits verzichten Manager leicht auf ganze Hierarchieebenen, reorganisieren ganze Abteilungen oder outsourcen gefährliche Produktionsschritte. Das gesamte SMS wird dadurch unterminiert, das Herausschlagen einzelner Teile sollte tunlichst verhindert werden. Veränderungen brauchen etwas Zeit, „Bremsen“ muss erlaubt sein – sonst muss das SMS-Team nach einem Crash die Trümmer auflesen statt zeitgerecht den Kurs mit zu bestimmen.

## Conclusio

Sicherheitsmanagement ist noch auf einer prä-wissenschaftlichen Stufe, obwohl das Rückgrat eines guten SMS bekannt ist. Wenig ist noch über das Funktionieren, seine Kultur und seine Ausrichtung bekannt. Benchmarks zeigen zwar die Unterschiede zwischen „good practice“ und unsicheren Unternehmen, aber noch sollten die spärlichen Daten vorsichtig interpretiert und nicht übergeneralisiert werden. Erst weitere Langzeitstudien können Aufschluss über die Entwicklung von SMS liefern.

Prof. Dr. Andrew R. Hale  
Delft University of Technology  
Jaffalaan 5  
P.O. Box 5015  
NL-2600 GA Delft  
Niederlande  
Tel. (+03115) 278 17 06 1477  
E-Mail: a.r.hale@tbm.tudelft.nl

Zusammenfassung seines Vortrags von  
Mag. Maria Anna Hilscher  
Allgemeine Unfallversicherungsanstalt  
Abteilung für Unfallverhütung und  
Berufskrankheitenbekämpfung  
Adalbert-Stifter-Straße 65  
1200 Wien  
Österreich  
Tel: (+43 1) 331 11-565  
E-Mail:  
Maria-Anna.Hilscher@auva.sozvers.at

## LITERATUR

- Hale, A.R. & Hovden, J. (1998): *Management and Culture. The Third Age of Safety*. In: A-M Feyer & A. Williamson (eds): *Occupational Injury: Risk, Prevention and Intervention*. London. Pp 129-166.  
Hale, A.R. (2000): *Special Issues on Safety Culture and Climate*. *Safety Science* 34, 1-3  
Koorneef, F. (2000): *Learning from small-scale incidents*. Ph.D.thesis, Delft Univ. of technology

## ZUSAMMENFASSUNG

In Bezug auf die Arbeitssicherheit ist mittels Sicherheitsmanagementsystemen vor allem in großen Betrieben bereits viel erreicht worden. Leider werden derartige Systeme aber oft nur auf der technisch-rationalen und organisatorischen Ebene gesehen.

Mit der Entwicklung in lernenden Betrieben halten sie jedoch nur Schritt, wenn Sicherheit in allen Bereichen und auf allen Ebenen integrierter Bestandteil ist.

Kommunikation und Konfliktkultur werden ins Zentrum einer menschengerechteren Arbeitswelt rücken.

## SUMMARY

Regarding industrial safety already a lot has been achieved by means of safety management systems particularly in large enterprises.

Unfortunately, such systems are often seen only on the technical-rational and organisational level.

However, they only keep pace with the development in learning enterprises if safety is an integrated component in all fields and on all levels.

Communication and conflict culture will move in the center of a more humane working sphere.

## RÉSUMÉ

En ce qui concerne la sécurité du travail, beaucoup a déjà été atteint au moyen des systèmes de gestion de sécurité surtout dans de grandes entreprises. Malheureusement, des systèmes de ce genre ne sont vus souvent qu'au niveau technique-rational et organisationnel. Or, ils ne pourront rester dans la course dans les entreprises apprenant que si la sécurité est un élément intégré dans tous les secteurs et à tous les niveaux. La communication et la culture de conflit seront placer au centre d'un monde du travail plus humain.

# Machen unsichere Arbeitsplätze krank?

Der Arbeitsinhalt beeinflusst über das Erleben der Arbeit das Wohlbefinden, gleichzeitig ist aber auch die jeweilige Arbeitsmarktsituation ein prägender Faktor.

Frauke Jahn & Winfried Hacker



Analog zur Verschlechterung der Arbeitsmarktlage – laut Statistik Austria gab es zuletzt 156.600 Arbeitslose – entwickelt sich auch das Arbeitsklima in den Betrieben. Denn die Angst vor dem Verlust des Arbeitsplatzes führt zu Befindungsbeeinträchtigungen, die schlussendlich krank machen können

**U**nter „Kranksein“ werden in diesem Beitrag im Sinne des Begriffsverständnisses der Weltgesundheitsorganisation auch Beeinträchtigungen des Wohlbefindens verstanden. Unsere Frage ist, welche Merkmale der Arbeit an der Erzeugung von Befindungsbeeinträchtigungen beteiligt sein können.

Dazu untersuchen wir nicht die materiellen Ausführungsbedingungen von Arbeitstätigkeiten, also beispielsweise nicht gesundheitsgefährdende Strahlungen, Gase, Dämpfe oder Stäube. Wir beschränken uns auf Ar-

beitsprozesse mit gesundheitlich unbedenklichen Ausführungsbedingungen. Wir konzentrieren unsere Untersuchung auf den Arbeitsinhalt. Unter dem Arbeitsinhalt werden die psychischen und physischen Anforderungen der Arbeitstätigkeiten an die Arbeitspersonen verstanden, beispielsweise Anforderungen an das Wahrnehmen, Behalten, Schlussfolgern, Entscheiden, an den Wissenseinsatz oder an das Hinzulernen. Diese Anforderungen entstehen aus dem Arbeitsauftrag und der Arbeitsorganisation, insbesondere aus der vertikalen und ho-

izontalen Arbeitsteilung.

Neben dem Arbeitsinhalt beziehen wir die Arbeitsmarktsituation für die jeweilige Berufsgruppe der Arbeitenden in die Untersuchung ein. Damit ist die wahrscheinliche Sicherheit bzw. Unsicherheit des Arbeitsplatzes einer Arbeitsperson in ihrem derzeitigen Unternehmen und die Nachfrage nach der relevanten Berufsgruppe im Territorium gemeint (Abb. 1).

In diesem Beitrag sei die Frage vereinfachend darauf eingegrenzt, ob Befindungsbeeinträchtigungen trotz gesundheitlich unbedenklicher Aus-

führungsbedingungen der Arbeit und einer potenziell gesundheitsförderlichen Beschaffenheit der Arbeitsinhalte auch durch das Erleben der Gefährdung des Arbeitsplatzes entstehen können.

Unter potenziell gesundheitsförderlichen Arbeitsinhalten werden Arbeitsanforderungen verstanden, die Lernangebote sowie Puffer gegen Belastungen, d. h. also Tätigkeitsspielraum und kollegiale Unterstützungsmöglichkeiten, enthalten (Karasek & Theorell, 1990; eingehender bei Hacker, Schroda, Riemer & Ishig, 2000).

### Methodik

In elf Fertigungs- und Dienstleistungsunternehmen – beispielsweise einem Energieversorger, einer Molke- und einem Arbeitsamt – wurden in 45 Abteilungen Dokumenten- und Arbeitsprozessanalysen sowie Befragungen zu arbeitstätigkeitsspezifischen Befindensmerkmalen (beispielsweise der arbeitsbedingten Ermüdung) und arbeitsunspezifischen Befindensmerkmalen (beispielsweise der allgemeinen Gereiztheit und Depressivität) durchgeführt.

Die Analyseeinheiten waren die Abteilungen. Die Personenstichprobe umfasst 478 ArbeitnehmerInnen, das entspricht mit wenigen abwesenheitsbedingten Ausnahmen den jeweiligen Belegschaften der einzelnen Abteilungen.

Das psychische Befinden wurde untersucht, weil bekannt ist, dass bei arbeitslosen Männern psychische Störungen im Sinne der ICD-10 (International Statistical Classification of Diseases and Health Problem) siebenmal häufiger und bei arbeitslosen Frauen dreimal häufiger vorliegen als somatische Diagnosen (Grobe & Schwartz, 2003). Das lässt vermuten, dass auch bereits die befürchtete Arbeitslosigkeit sich hauptsächlich im psychischen Bereich äußern sollte.

Die Erfassung erfolgt mit Fragebögen (BMS von Plath & Richter, 1984; Trierer Persönlichkeitsinventar von Becker, 1989; SAZ-Kurzskala von Fi-

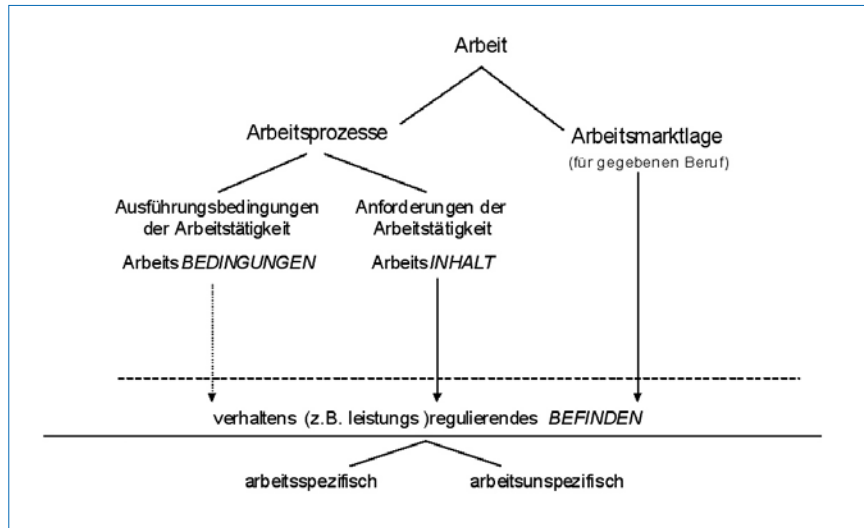


Abb. 1: Schema der Untersuchung

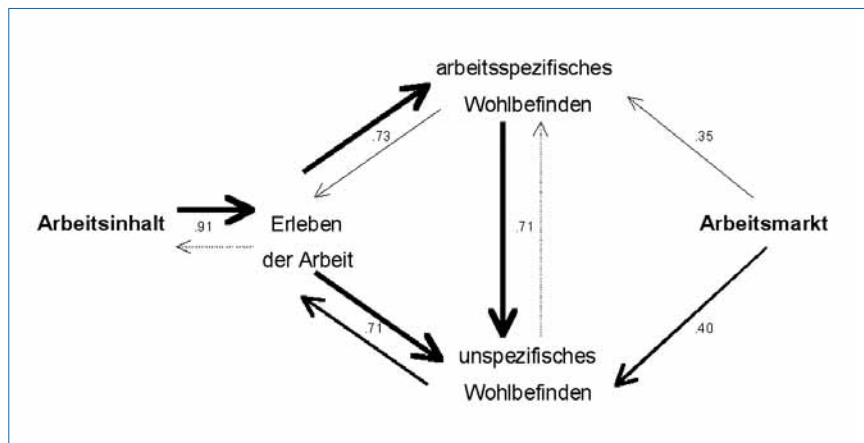


Abb. 2: Modifiziertes Arbeitsmodell nach der Kausalanalyse

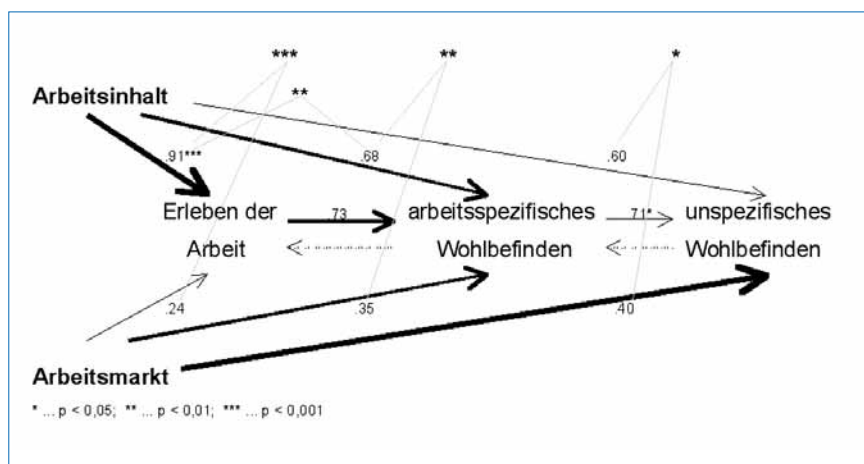
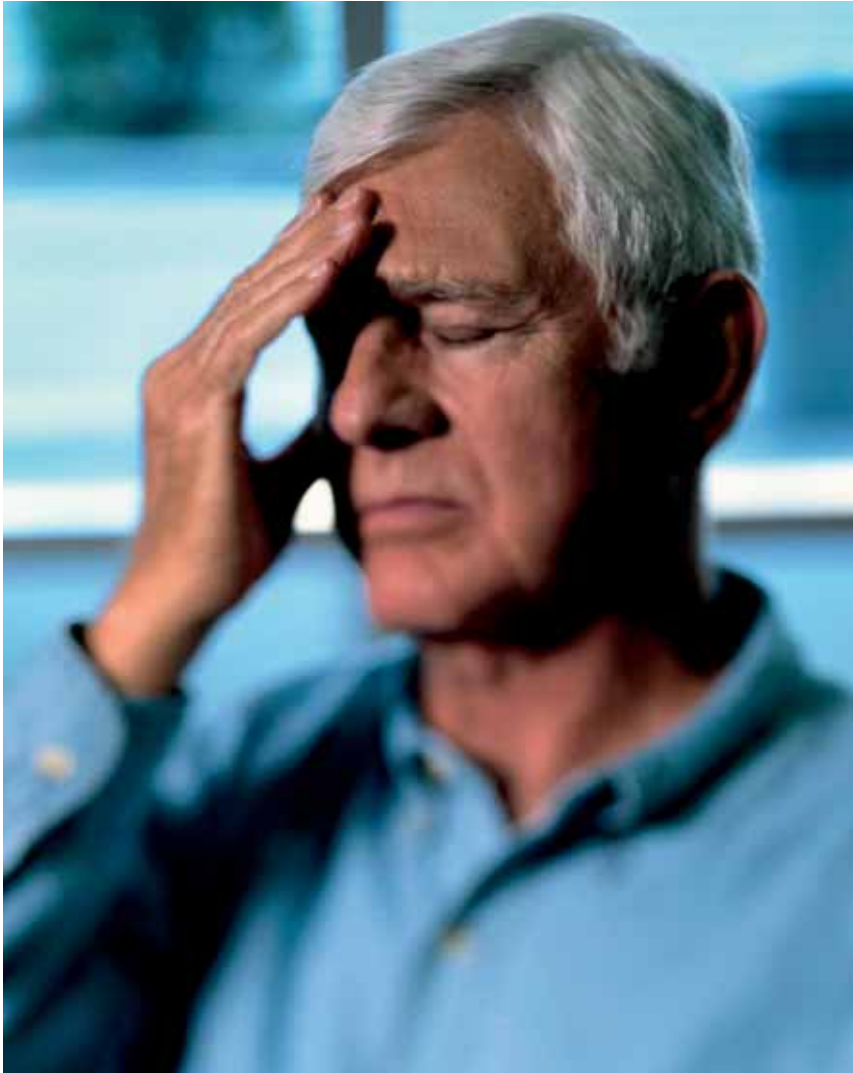


Abb.3 : Risikoanalyse zu Zusammenhängen zwischen dem Arbeitsinhalt bzw. dem Arbeitsmarkt und der Gesundheit (N = 45 Arbeitsbereiche mit 478 Arbeitnehmern in 11 mittleren und großen Unternehmen)

ALLE GRAFIKEN: BEIGESTELLT



FOTOS: PHOTODISC

Besonders bei älteren Arbeitnehmern verschlechtert die subjektiv erlebte Arbeitsplatzgefährdung das Wohlbefinden und kann so zu einer selbsterfüllenden Prophezeiung werden, indem diese Verunsicherung zu einem herabgesetzten Engagement führt, wodurch der Arbeitsplatz dann tatsächlich in Gefahr ist

scher, 1985; Job-Involvement-Fragebogen von Lodahl & Keyner, 1965; zum detaillierten Vorgehen und den Quellen der Verfahren vergleiche Schroda & Hacker, 2001).

Die statistische Auswertung der Daten erfolgt mit den Verfahren der Risiko- und Kausalanalyse (Bortz, 1993, Kreienbrock & Schach, 1995, Weber, 1961; zum Vorgehen im einzelnen vgl. Schroda & Hacker, 2001). Die erhobenen Daten wurden für die statistische Auswertung zweistufig bewertet: Der Arbeitsinhalt wurde in gesundheitsförderliche vs. nicht gesundheitsförderliche Merkmalkombi-

nationen eingeteilt, die Einschätzung der Arbeitsmarktlage gemeinsam mit dem jeweiligen Firmenmanagement in Arbeitsbereiche mit überwiegend sicheren vs. Arbeitsbereichen mit überwiegend unsicheren Arbeitsplätzen. Die Befindensmerkmale wurden in unbeeinträchtigtes vs. beeinträchtigtes Wohlbefinden arbeitsspezifischer sowie unspezifischer Art eingeteilt.

### Ergebnisse

Mittels risikoanalytischer Schritte konnten Beziehungen zwischen der Merkmalkombination für die Be-

schaffenheit des Arbeitsinhalts, der Arbeitsmarktsituation und dem Befinden der Arbeitenden ermittelt werden (Abb. 2).

Der Arbeitsinhalt hat starke Beziehungen zum Erleben der Arbeit (beispielsweise als anregend oder als lernförderlich) und Beziehungen zum arbeitsspezifischen sowie unspezifischen Wohlbefinden.

Gleichzeitig liegen weniger starke Beziehungen für die Arbeitsmarktsituation vor. Am ausgeprägtesten sind diese zum unspezifischen Wohlbefinden, am niedrigsten zum Erleben der Arbeit.

Damit sind zunächst nur Beziehungen im Sinne eines gemeinsamen Vorkommens, jedoch keine kausalen Zusammenhänge dargelegt. Daher wurden Modelle möglicher Kausalbeziehungen entwickelt und mit Partial- und Semipartialkorrelationen geprüft (Bortz, 1993; Weber, 1961).

Die Vorteile dieses Vorgehens gegenüber anderen sind, dass damit Scheinkorrelationen und unterdrückte Korrelationen identifiziert werden können. Im Ergebnis dieses Arbeitsschrittes entstand ein modifiziertes kausales Modell (Abb. 3).

Hinsichtlich der Frage nach dem Einfluss der Arbeitsmarktsituation ergibt sich: Im Unterschied zu den Angaben in der Abb. 2 wirkt die Arbeitsmarktsituation nicht vorzugsweise vermittelt über das Erleben der Arbeit auf das Wohlbefinden, sondern sie beeinflusst – neben dem stärker wirksamen Arbeitsinhalt – direkt das unspezifische und das arbeitsspezifische Wohlbefinden und vermittelt über beide Befindensarten auch das Erleben der Arbeit.

### Diskussion

Gesundheits- hier befindensförderliche Wirkungen der Gestaltung der Arbeitsinhalte können durch eine schlechte Arbeitsmarktsituation gestört werden. Arbeitsplatzinhaber fühlen sich bei aus arbeitswissenschaftlicher Sicht unkritischen Arbeitsbedingungen sowie bei gut ge-

stalteten Arbeitsinhalten auf Grund einer kritischen Arbeitsmarktsituation weniger wohl, als dies bei unkritischer Arbeitsmarktlage, d. h. ohne Sorge um den Arbeitsplatz, der Fall wäre. Umgekehrt können befindensbeeinträchtigende Arbeitsinhalte, wenn der Arbeitsplatz sicher erscheint, als akzeptabel erlebt werden im Sinne von: „Besser wenig gut gestaltete Arbeit als keine“.

Allerdings ist der Einfluss der Arbeitsinhaltsgestaltung auf das Befinden deutlich stärker als der Einfluss des Arbeitsmarktes. Praktisch könnten diese Befunde bedeuten:

- Eine schlechte Arbeitsmarktsituation für Berufsgruppen eines Unternehmens kann befindens- und damit auch leistungsförderlich gestaltete Arbeitsinhalte in ihrer positiven Wirkung beeinträchtigen.
- Ohne gezielte Gegenmaßnahme kann eine selbsterfüllende Prophezie als Teufelskreis einsetzen. Die erlebte Arbeitsplatzgefährdung verschlechtert das Wohlbefinden. Sofern dies zur Verunsicherung mit herabgesetztem Engagement führt, kann damit die Unternehmenssituation arbeitsplatzgefährdend beeinträchtigt werden.

■ Arbeitsinhaltsgestaltung bleibt lohnend; ihre Wirkungen auf das allgemeine Wohlbefinden – und damit wahrscheinlich auf das Leistungsverhalten – sind deutlich stärker als die ermittelten Wirkungen der Arbeitsmarktlage.

Insgesamt sprechen die Ergebnisse dafür, kritische Merkmale des Arbeitsmarkts für die untersuchten Beschäftigungsgruppen stärker in Arbeitsanalysen einzubeziehen: Es ist nicht auszuschließen, dass eine schlechte Arbeitsmarktlage förderlich gestaltete Arbeitsinhalte in ihrer Wirkung befindensbeeinträchtigend überlagern kann bzw. befindensbeeinträchtigende Arbeitsinhalte besser wahrgenommen werden, als sie tatsächlich sind.

Prof. Dr. Winfried Hacker

Technische Universität Dresden

Fachrichtung Psychologie

Arbeitsgruppe „Wissen-Denken-Handeln“

Objekt Falkenbrunnen

01062 Dresden

Tel: (+49 351) 46 33 62 26

Fax: (+43 351) 46 33 72 95

E-Mail: hacker@psychologie.tu-dresden.de

## ZUSAMMENFASSUNG

In 45 Arbeitsbereichen von elf Fertigungs- und Dienstleistungsunternehmen mit 478 ArbeitnehmerInnen wurden mittels Arbeitsstudien und Befragungen mit standardisierten Instrumenten die Beziehungen zwischen den Arbeitsinhalten, d. h. den Anforderungen der Arbeitstätigkeiten an die Arbeitspersonen, und der Arbeitsmarktsituation der relevanten Berufsgruppe mit dem arbeitsspezifischen sowie dem unspezifischen Wohlbefinden untersucht. Die Ausführungsbedingungen waren an allen Arbeitsplätzen gesundheitlich unbedenklich. Risiko- und Kausalanalysen ergaben: Der Arbeitsinhalt beeinflusst, vermittelt über das Erleben der Arbeit, das Wohlbefinden stark. Gleichzeitig beeinflusst auch die Arbeitsmarktsituation direkt aber weniger stark das Wohlbefinden, sowie vermittelt über dieses das Erleben der Arbeit.

## SUMMARY

In 45 divisions of 11 manufacturing and service firms with 478 employees the relationships between work content, i.e. the task requirements, the situation of the relevant jobs at the labour market, and the task-specific and unspecific perceived well being were analysed with standardised tools.

The general working conditions were inoffensive in terms of occupational health at all work places involved.

The risk and causal analyses show: The job content – communicated by the experiencing of the work - strongly determines the well-being.

Simultaneously, the situation at the labour market determines directly but less strongly the well-being.

## LITERATUR

**Bortz, J.** (1993). Statistik für Sozialwissenschaftler. Berlin: Springer.

Grobe, Th.G. & Schwartz, F.W. (2003). Arbeitslosigkeit und Gesundheit. Gesundheitsberichterstattung des Bundes, Heft 13. Berlin: Robert-Koch-Institut.

**Hacker, W., Schroda, F., Riemer, S. & Ishig, A.** (2000). Theorie und Methoden. Projektbericht, Heft 2, TU Dresden: Institut für Psychologie I, Arbeitsgruppe Wissen-Denken-Handeln.

**Jahn, F., Wetzstein, A., Ishig, A., Riemer, S. et. al.** (2001). Der Aufgabenbezogene Informationsaustausch (AI) – Weiterentwicklung einer Methode zur Gestaltung und Optimierung von Arbeitsprozessen. Projektbericht, Heft 6, TU Dresden: Institut für Psychologie I, Arbeitsgruppe Wissen-Denken-Handeln.

**Karasek, R. & Theorell, T.** (1990). Healthy work: Stress, productivity and the reconstruction of working life. New York: Basic Books.

**Kreienbrock, L. & Schach, S.** (1995). Epidemiologische Methoden. Stuttgart: Fischer Verlag.

**Schröda, F. & Hacker, W.** (2001). Risiko- und Kausalanalyse zur Gegenwirkung zwischen Arbeitsinhalt und Arbeitsmarkt auf die Gesundheit. Projektberichte, Heft 5. TU Dresden, Institut für Psychologie I, Arbeitsgruppe Wissen-Denken-Handeln.

**Weber, E.** (1961). Grundriss der biologischen Statistik. Jena: Gustav FischerVerlag.

## RÉSUMÉ

Dans 45 zones de travail de onze entreprises de services et de fabrications avec 478 employés les relations entre les contenus de travail, c.-à-d. les exigences du travail à l'égard de la personne, et la situation au marché du travail relatif à la profession pertinente, et le bien-être professionnel ainsi que non-spécifique ont été examinées au moyen des études de travail et des enquêtes avec des instruments standards. Les conditions d'exécution étaient inoffensives à tous les postes de travail. Des analyses causales et de risque ont montré: Le contenu de travail, communiqué par l'expérience du travail, influence fortement le bien-être. En même temps la situation au marché du travail influence directement mais moins fortement le bien-être.