

Zbl Arbeitsmed 2018 · 68:244–246  
<https://doi.org/10.1007/s40664-018-0282-9>  
 Online publiziert: 11. Juni 2018  
 © Springer Medizin Verlag GmbH, ein Teil von  
 Springer Nature 2018



H. Drexler

Institut und Poliklinik für Arbeits-, Sozial- und Umweltmedizin, FAU Erlangen-Nürnberg, Erlangen, Deutschland

## Bedeutung von Biomonitoring-Ergebnissen für die Regulation

Deutschland war weltweit das erste Land, das rechtsverbindliche Grenzwerte im biologischen Material einführt [2]. Die ursprüngliche Definition lautete: Der BAT-Wert ist die höchstzulässige Konzentration eines Arbeitsstoffes, seines Metaboliten oder einer dadurch ausgelösten Normabweichung eines biologischen Indikators, die bei 8 h täglich bzw. 40 h wöchentlich in der Regel langfristig auch keine Gesundheitsschäden bewirkt [5]. Der BAT-Wert war damit ein Höchstwert, der zu keinem Zeitpunkt überschritten werden durfte. Diese Definition wurde auch in das staatliche Regelwerk übernommen, und die BAT-Werte wurden in der TRGS 903 publiziert. Bis 2004 war unter § 18 in der Gefahrstoffverordnung festgelegt, dass bei Auftreten gefährlicher Arbeitsstoffe zu ermitteln ist, ob die maximale Arbeitsplatzkonzentration, die technische Richtkonzentration oder der biologische Arbeitstoleranzwert unterschritten sind. Der BAT-Wert war somit bis zum Jahr 2004 ein rechtsverbindlicher Grenzwert.

Für krebserzeugende Arbeitsstoffe kann das Grenzwertkonzept nicht angewendet werden, da in der Regel eine gefahrlose Exposition nicht definiert werden kann. Daher werden Expositionsäquivalente für krebserzeugende Arbeitsstoffe abgeleitet, aus denen entnommen werden kann, welcher Luftkonzentration welche Konzentration im biologischen Material zugeordnet werden kann. Damit konnte einer technischen Richtkonzentration (TRK) auch ein äquivalenter Wert im biologischen Material zugeordnet werden, solange es TRKEN gab.

In frühen arbeitsmedizinischen Studien, bei denen biologisches Monitoring zum Einsatz kam, wurden mehr oder weniger akute Effekte der jeweiligen Arbeitsstoffbelastung zugeschrieben und daraus dann Grenzwerte abgeleitet. Mit zunehmender Verfeinerung der klinischen Diagnostik wurden in den folgenden Jahrzehnten auch subklinische oder chronische Effekte einer Belastung mit Arbeitsstoffen zugeordnet, die bei immer niedrigeren Konzentrationen im biologischen Material nachweisbar waren. Eingedenk der analytischen Genauigkeit und dem Schutzziel, subklinische chronische Effekte zu verhüten, die erst nach Jahrzehnten auftreten, erfolgte 2007 ein Paradigmenwechsel bei der Arbeitsgruppe Aufstellung von Grenzwerten im biologischen Material der DFG-Senatskommission zur Prüfung gesundheitsschädlicher Arbeitsstoffe [3]. BAT-Werte sind seither als mittlere Werte für gesunde Einzelpersonen konzipiert. Bei mehreren Untersuchungen einer Person darf die mittlere Konzentration des Parameters den BAT-Wert nicht überschreiten. Messwerte oberhalb des BAT-Wertes müssen arbeitsmedizinisch-toxikologisch bewertet werden. Aus einer alleinigen Überschreitung des BAT kann nicht notwendigerweise eine gesundheitliche Beeinträchtigung abgeleitet werden [1]. Beispiele hierfür wären chronische Schäden durch Blei oder Quecksilber, für die eine langzeitige Belastung relevant ist und eine kurzzeitige Überschreitung des Grenzwertes diesen chronischen Effekt nicht befürchten lässt.

Auch beim rechtsstaatlichen Einsatz von biologischem Monitoring erfolgte im Jahr 2004 ein Paradigmenwechsel. So wurde unter § 15 Arbeitsmedizinische

Vorsorge in der Gefahrstoffverordnung von 2004 festgelegt, dass das biologische Monitoring Bestandteil der arbeitsmedizinischen Vorsorgeuntersuchungen ist, soweit anerkannte Verfahren dafür zur Verfügung stehen und Werte zur Beurteilung – insbesondere biologische Grenzwerte – vorhanden sind. Diese Formulierung wurde später in die Verordnung zur arbeitsmedizinischen Vorsorge übernommen. Das Humanbiomonitoring unterliegt daher als Ausübung der Heilkunde den Bestimmungen des ärztlichen Berufsrechts. Danach sind die Beschäftigten, die sich einem Biomonitoring unterziehen, vorher umfassend über die Durchführung, die Zielsetzung und die Verwendung der Analyseergebnisse aufzuklären (Arbeitsmedizinische Regel 6.2). Das biologische Monitoring wurde dadurch zu einem ärztlichen Instrument der Individualprävention, das dem Schutz des einzelnen Beschäftigten dient [4].

Im Vergleich zur Verwendung von individualmedizinischen Ergebnissen aus einem Humanbiomonitoring ist die Überwachung des Arbeitsschutzes mittels Ambientmonitoring (Luftmessung) rechtsstaatlich einfacher zu regulieren. Es wird bei Heranziehung von Luftmesswerten in kein Persönlichkeitsrecht eingegriffen, und eine kontinuierliche Überwachung der Luft am Arbeitsplatz ist möglich. Dennoch muss immer berücksichtigt werden, dass die Konzentration eines Gefahrstoffes in der Luft nur ein Surrogat für die potenzielle schädliche Wirkung dieses Stoffes beim Menschen ist. Im Allgemeinen wird davon ausgegangen, dass die Konzentration in der Luft mit der Konzentration im Körper und diese wiederum mit der

biologischen Wirkung korreliert ist. Es gibt allerdings eine Vielzahl von Randfaktoren, die diese Assoziationen stören. Zu nennen sind hier insbesondere die Resorption bei Hautkontakt, der orale Aufnahmeweg, die körperliche Arbeit, die zu einer erhöhten Atemfrequenz führt, und auch alternative Arbeitszeitmodelle, wenn die Arbeitszeit deutlich länger als 8 h beträgt. Auch individuelle Faktoren wie Organschäden oder eine genetische Suszeptibilität beeinflussen die Beanspruchung mit dem Arbeitsstoff. Daher zeigen die Ergebnisse des biologischen Monitoring die tatsächliche Belastung des Beschäftigten präziser an und sollten deshalb auch in die Gefährdungsanalyse und die Regulation des Arbeitsschutzes eingehen.

Bereits im Arbeitssicherheitsgesetz von 1973 wurde unter den Aufgaben des Betriebsarztes aufgeführt, die Untersuchungsergebnisse zu erfassen und auszuwerten. In diesem Sinne ist es für den Arbeitsmediziner, der biologisches Monitoring durchführt, Pflicht, die Ergebnisse auch systematisch auszuwerten und seine Erkenntnisse den für den Arbeitsschutz zuständigen Personen mitzuteilen. Auch in der ArbMedVV ist festgehalten, dass die Erkenntnisse aus dem Biomonitoring in die Gefährdungsbeurteilung einfließen. Dabei ist streng darauf zu achten, dass die Ergebnisse des biologischen Monitorings der ärztlichen Schweigepflicht unterliegen und dass eine Zuordnung von Einzelwerten zu Beschäftigten nicht möglich sein darf. Für den seltenen Fall, dass nur eine Person exponiert ist, bedarf es der Zustimmung dieser Person, die Untersuchungsergebnisse weiterzugeben.

Gemäß Anhang Teil 1 der ArbMedVV ist u. a. bei Tätigkeiten mit Gefahrstoffen eine Pflichtvorsorge erforderlich, wenn eine wiederholte Exposition nicht ausgeschlossen werden kann und der Gefahrstoff ein krebserzeugender oder keimzellmutagener Stoff der Kategorie 1A oder 1B oder ein krebserzeugendes oder keimzellmutagenes Gemisch der Kategorie 1A oder 1B im Sinne der Gefahrstoffverordnung ist oder die Tätigkeiten mit dem Gefahrstoff als krebserzeugende Tätigkeiten oder Verfahren Kategorie 1A oder 1B im Sinne

Zbl Arbeitsmed 2018 · 68:244–246 <https://doi.org/10.1007/s40664-018-0282-9>  
© Springer Medizin Verlag GmbH, ein Teil von Springer Nature 2018

H. Drexler

## Bedeutung von Biomonitoring-Ergebnissen für die Regulation

### Zusammenfassung

Bei vielen Arbeitsstoffen sind Luftmesswerte nur wenig valide in Bezug auf den Gesundheitsschutz des Beschäftigten. Das biologische Monitoring, das die individuelle Exposition oder die Beanspruchung durch die Exposition anzeigen kann, hat in Deutschland eine lange Tradition im Arbeitsschutz. Dennoch können die Ergebnisse nicht wie Luftmesswerte unmittelbar für die Überwachung und Regulation eingesetzt werden, da es sich dabei um individualmedizinische Befunde handelt, die der ärztlichen Schweigepflicht unterliegen. Im

Arbeitssicherheitsgesetz, in der Verordnung zur Arbeitsmedizinischen Vorsorge und in der Arbeitsmedizinischen Regel 11.1 ist festgelegt, wie die Ergebnisse eines Humanbiomonitorings am Arbeitsplatz in die Gefährdungsanalyse und den Arbeitsschutz einfließen sollen.

### Schlüsselwörter

Biologischer Grenzwert · Luftmessung · Gefährdungsanalyse · Toxikologie · Arbeitsstoffe

## Importance of biomonitoring results for regulation

### Abstract

For many hazardous substances an ambient air monitoring is not sufficient for a valid health risk assessment. Human biological monitoring can assess the individual exposure or the burden caused by exposure and the individual risk more precisely. Biomonitoring is a part of preventive occupational health care; however, the results cannot be directly implemented for surveillance and regulation as medical science is being applied and biomonitoring is therefore part of medical professional regulations and doctors

must observe medical confidentiality. The Occupational Safety Act, the Preventive Occupational Medical Care Ordinance and the Medical Rules for Occupational Medical Care 11.1 regulate the application of human biological monitoring for the occupational risk assessment and protection.

### Keywords

Biological limit value · Ambient monitoring · Risk assessment · Toxicology · Agents at work

der Gefahrstoffverordnung bezeichnet werden und der Gefahrstoff ein Stoff aus der Liste im Anhang der ArbMedVV Teil 1 Absatz 1 Nummer 1 ist. Wenn der Arbeitsstoff kein Listenstoff ist, ergibt sich die Indikation zur Angebotsvorsorge. Es ist allerdings davon auszugehen, dass eine Vielzahl von Beschäftigten, die Umgang mit diesen Stoffen hat, nicht höher belastet ist als die Allgemeinbevölkerung, da diese Stoffe auch in der Umwelt vorkommen. Die Frage, ob der Umgang mit derartigen Stoffen am Arbeitsplatz auch zu einer zusätzlichen (inneren) Exposition führt und damit eine Pflichtvorsorge erforderlich macht, kann nur mittels Biomonitoring beantwortet werden. Zunächst aber begründet die wiederholte Exposition im Sinne der ArbMedVV eine Pflichtvorsorge mit Angebot zur Untersuchung des Gefahr-

stoffs im biologischen Material. Ist für einen Gefahrstoff eine Exposition-Risiko-Beziehung (ERB) aufgestellt und sind Äquivalenzwerte für das biologische Material abgeleitet worden, so sind dies die Werte zur Beurteilung nach ArbMedVV. Ist keine ERB vorhanden, ist von einer beruflichen Exposition auszugehen, wenn der biologische Arbeitsstoffreferenzwert (BAR), der die Hintergrundbelastung der beruflich nicht exponierten erwachsenen Bevölkerung beschreibt, überschritten wird (Arbeitsmedizinische Regel 11.1). Zeigt sich bei der statistischen Auswertung, dass die Äquivalenzwerte zum Akzeptanzrisiko bei einzelnen oder allen Beschäftigten überschritten werden, bleibt die Pflichtvorsorge bei allen Exponierten weiterhin erforderlich. Gleiches trifft für Stoffe ohne ERB zu, wenn bei mehr als 5 % der Beschäftigten der BAR

überschritten wird. Der BAR stellt das 95. Perzentil der Belastung mit einem Fremdstoff in der Allgemeinbevölkerung dar. Definitionsgemäß wird daher bei 5 % aller Untersuchten der BAR überschritten sein, ohne dass dies auf eine zusätzliche, z. B. berufliche Belastung hinweist. Wenn der BAR bei mehr als 5 % der Probanden überschritten wird, ist dies als Hinweis auf eine berufliche Exposition zu werten.

Wichtige Hinweise für die Beurteilung von kollektiven Biomonitoring-Ergebnissen sind in der Arbeitsmedizinischen Regel 11.1 beschrieben. Insbesondere finden sich dort auch Angaben darüber, wie viel Prozent der Belegschaft teilgenommen haben müssen, um bei einer bestimmten Betriebsgröße verlässliche Angaben erzielen zu können. Es wird zwar immer einzelne Beschäftigte geben, die eine Untersuchung im biologischen Material ablehnen. Nach sorgfältiger Aufklärung spielt dies erfahrungsgemäß in der Praxis jedoch keine große Bedeutung, da jeder Beschäftigte seine eigene Gesundheit schützen möchte.

Auch dann, wenn valide Luftgrenzwerte toxikologisch nicht evaluiert werden können, ist ein derartiges Vorgehen anzuwenden. So kann bei einer Bleiexposition die Luftbelastung nicht als repräsentatives Maß für die Belastung der Exponierten herangezogen werden, so dass die Ableitung eines Luftgrenzwertes nicht zielführend ist. Der einzig relevante Parameter, um eine Gefährdung rechtzeitig zu erkennen, gesundheitliche Effekte abzuschätzen und eine Schädigung der Gesundheit verhüten zu können, ist das biologische Monitoring. Es bedarf daher neuer Konzepte, wie die Ergebnisse des biologischen Monitorings von Gefahrstoffen in die Gefährdungsanalyse, den Arbeitsschutz und die Regulation einfließen können.

Damit das Konzept des biologischen Monitorings, so wie es das Arbeitssicherheitsgesetz, die Gefahrstoffverordnung und die Verordnung zur arbeitsmedizinischen Vorsorge vorsehen, auch tatsächlich umgesetzt wird, bedarf es einer regelmäßigen externen Überwachung. Das duale System im Arbeitsschutz sieht hier sowohl die Länder als auch die Unfallversicherungsträger in der Verantwortung.

Artikel 2 des Grundgesetzes sieht das Recht auf körperliche Unversehrtheit vor, das Grundlage für die Überwachungspflicht der Gewerbeaufsichtsämter ist. Nach dem Sozialgesetzbuch VII müssen die Unfallversicherungsträger mit allen geeigneten Mitteln arbeitsbedingte Gesundheitsgefahren verhüten. Sowohl die Gewerbeaufsichtsämter als auch die Unfallversicherungsträger werden in Zukunft vermehrt darauf achten müssen, ob regelmäßig ein biologisches Monitoring bei Gefahrstoffexposition durchgeführt wird und ob die Grenzwerte im Kollektiv eingehalten sind.

Da die Interpretation von Biomonitoringbefunden einerseits ärztliches Wissen voraussetzt (z. B. Begleiterkrankungen, konkurrierende Noxen) und andererseits die Befunde als individualmedizinische Befunde der ärztlichen Schweigepflicht unterliegen, kann in Deutschland ein biologisches Monitoring nur vom Arzt durchgeführt werden. Der Betriebsarzt ist damit bei einer validen Gefährdungsbeurteilung und für einen effizienten Arbeitsschutz nicht ersetzbar, wenn Gefahrstoffe am Arbeitsplatz vorhanden sind.

### Fazit für die Praxis

**Luftmessungen sind ein weltweit eingesetztes Instrument um die Expositionen am Arbeitsplatz zu überwachen. Es gibt jedoch zahlreiche Arbeitsstoffe, bei denen Luftmessungen nur eingeschränkt eine valide Gefährdungsanalyse zulassen, beispielsweise weil der Arbeitsstoff**

- bevorzugt über die Haut aufgenommen wird,
- eine sehr lange Halbwertszeit im menschlichen Organismus hat,
- in der Luft nicht hinreichend präzise gemessen werden kann oder
- weil die Exposition sehr wechselhaft auftritt, wie beim Arbeiten im Freien.

**In diesen Konstellationen kann mittels Biomonitoring die individuelle Belastung valide erfasst werden und erlaubt Rückschlüsse auf die Situation am Arbeitsplatz. Liegen die Befunde mehrerer Beschäftigter vor, müssen die Messwerte statistisch ausgewertet werden und die Ergebnisse in die Gefährdungsana-**

**lyse einfließen. Die gesetzliche Grundlage ist vorhanden (ASiG), so dass dieses Vorgehen in Verordnungen geregelt werden kann (GefStoffV, ArbMedVV).**

### Korrespondenzadresse

**Prof. Dr. H. Drexler**

Institut und Poliklinik für Arbeits-, Sozial- und Umweltmedizin, FAU Erlangen-Nürnberg  
Henkestraße 9–11, 91054 Erlangen,  
Deutschland  
hans.drexler@fau.de

### Einhaltung ethischer Richtlinien

**Interessenkonflikt.** H. Drexler leitet die AG „Aufstellung von Grenzwerten im biologischen Material“ der DFG Senatskommission zur Prüfung gesundheitsschädlicher Arbeitsstoffe und den Arbeitskreis „Biologische Grenzwerte“ des UA III des AGS.

Dieser Beitrag beinhaltet keine von den Autoren durchgeführten Studien an Menschen oder Tieren.

### Literatur

1. Deutsche Forschungsgemeinschaft (2017) MAK und BAT-Werte-Liste 2017. VCH Verlag, Weinheim
2. Drexler H (2007) Aufstellung von Grenzwerten im Biologischen Material. In: Deutsche Forschungsgemeinschaft (Hrsg) Erfolgreiche Konzepte der Gefahrstoffbewertung – 50 Jahre MAK-Kommission. Wiley-VCH, Weinheim
3. Drexler H, Göen T, Schaller KH (2008) Biological tolerance values: change in a paradigm concept from assessment of a single value to use of an average. *Int Arch Occup Environ Health* 82(1):139–142
4. Drexler H, Letzel S, Janning R, Hoffmann B (2012) Biologisches Monitoring: Rechtliche Grundlagen. In: Triebig D, Letzel, Nowak (Hrsg) Biomonitoring in Arbeitsmedizin und Umweltmedizin. Ecomed, Landsberg am Lech
5. Lehnert G (1980) Biologische Arbeitsstoff-Toleranz-Werte: Ein Konzept zur Individualprävention bei Exposition gegenüber gesundheitsschädlichen Arbeitsstoffen. *Arbeitsmed Sozialmed Praventivmed* 80:266–220