

# **Mensch und Raumklima, Praxisbeispiele näher betrachtet**

Baubiologische Erfahrungen mit Innenraumbelastungen  
und entsprechende Messmöglichkeiten

*Dr. Manfred Mierau*

21.3.2019, HBN-Innovationsworkshop

**'Messen ist Wissen: Wie gesund ist  
Ihre Wohn- und Arbeitsumgebung'**

# über mich

---

- **Diplom-Biologe** (RWTH Aachen)
- **seit 1998 tätig als Sachverständiger für Baubiologie bzw. als baubiologischer Messtechniker** (Ausbildungen beim Institut für Baubiologie und Nachhaltigkeit IBN), **eigenes Mess- und Beratungsbüro in Aachen**
- **seit 2000 Mitarbeit beim Sachverständigenbüro Baubiologie Maes** (Neuss)
- **Messungen für Zeitschrift 'Ökotest', Fachdozent und Seminarleiter** (z.B. IBN-Messtechniker-Ausbildung, Verband Baubiologie, Architektenkammer Niedersachsen...)
- **Redaktionsmitglied der Fachzeitschrift des IBN** ('Wohnung+Gesundheit')

# Baubiologie

---

- **Begriff vor rund 50 Jahren geprägt**
- **Ziel: Gesundes und nachhaltiges Bauen und Wohnen**
- **sehr ganzheitlicher Ansatz, Vorsorge-Strategie**  
Beachtung ökologischer und gesundheitlicher Aspekte
- **Vorsicht: Baubiologie/Baubiologen keine geschützten Begriffe**  
im Einzelfall immer hinterfragen
- **Pionier: Institut für Baubiologie und Nachhaltigkeit IBN**  
seit 1977 staatlich zugelassener Lehrgang 'Baubiologie IBN'  
dazu mit den Jahren weitere umfassende Fortbildungen 'Baubiologische Messtechnik',  
'Baubiologische Raumgestaltung', 'Baubiologische Gebäude-Energieberatung'
- **'Standard der Baubiologischen Messtechnik'**  
veröffentlicht erstmals 1992 durch IBN und Baubiologie Maes

## STANDARD DER BAUBIOLOGISCHEN MESSTECHNIK

SBM-2015

# Baubiologie

---

Eine Übersicht der physikalischen, chemischen, biologischen, raumklimatischen und sonstigen Risikofaktoren, welche in Schlaf- und Wohnräumen, an Arbeitsplätzen und auf Grundstücken sachverständig untersucht, gemessen, ausgewertet und schriftlich (mit Angabe der Messergebnisse, Messgeräte und Analyseverfahren) protokolliert werden. Bei Auffälligkeiten werden entsprechende Sanierungsempfehlungen erarbeitet und vorgeschlagen.

Die einzelnen Punkte des Standards beschreiben biologisch kritische Umwelteinflüsse in Innenräumen. Deren professionelle Erkennung, Minimierung und Vermeidung im individuell machbaren Rahmen, das ist Sache der baubiologischen Messtechnik. Anspruch und Ziel ist es, unter ganzheitlicher Beachtung aller Standardpunkte und Diagnosemöglichkeiten ein möglichst gesundes, unbelastetes, naturnahes Lebensumfeld zu schaffen. Bei den Messungen, Bewertungen und Sanierungen stehen baubiologische Erfahrung, Vorsorge und das Erreichbare im Vordergrund, unterstützt von wissenschaftlichen Erkenntnissen. Jede Risikoreduzierung ist prinzipiell anzustreben.

Dieser dreiteilige Original-Standard ist seit 1992 roter Faden und Basis für baubiologisch-messtechnisches Arbeiten und vorsorgliches Bewerten, das inzwischen international. Der 2002 gegründete Verband Baubiologie VB macht den Standard mit den dazugehörigen Richtwerten und Randbedingungen zu seiner Arbeitsgrundlage.

### **A FELDER, WELLEN, STRAHLUNG**

**Elektromagnetische Felder und Wellen, Radioaktivität, Radon, Schall, Licht...**

### **B WOHNIGIFTE, SCHADSTOFFE, RAUMKLIMA**

**Formaldehyd, Lösemittel, Pestizide, Weichmacher, PCB, PAK, Stäube, Fasern...  
Temperatur, Feuchte, Kohlendioxid, Luftwechsel, Luftbewegung, Gerüche...**

### **C PILZE, BAKTERIEN, ALLERGENE**

**Schimmelpilze, Hefepilze, Bakterien, Hausstaubmilben...**

Zu diesem Standard gehören die aktuellen baubiologischen Richtwerte für Schlafbereiche, welche speziell für das Langzeitrisiko und die besonders empfindliche Regenerationszeit des Menschen entwickelt wurden, und die messtechnischen Randbedingungen, Erläuterungen und Ergänzungen, in denen unter anderem die Kriterien für baubiologisch-sachverständige Messungen und Analysen näher beschrieben und festgelegt sind.

Der Standard nebst Richtwerten und Randbedingungen wurde in den Jahren 1987 bis 1992 von der *BAUBIOLOGIE MAES* auf Wunsch und mit Unterstützung des Institut für Baubiologie + Nachhaltigkeit IBN entwickelt. Kolleg(inn)en und Ärzte haben mitgeholfen. Er wurde erstmals im Mai 1992 publiziert. Standard, Richtwerte und Randbedingungen werden seit 1999 von erfahrenen baubiologischen Sachverständigen mit Unterstützung von unabhängigen Wissenschaftlern aus den Bereichen Physik, Chemie, Biologie, Architektur, von Laboren, Umweltmedizinern und anderen Experten mitgestaltet. Dieser aktuelle SBM-2015 ist die 8. Neuerscheinung, vorgestellt im Mai 2015.



# Messverfahren

## Elektromagnetische Felder und Wellen: diverse Messgeräte (Feldsonden, Spektrumanalysatoren...)



# Messverfahren

---

## Radioaktivität und Radon:

**diverse Messgeräte** (Szintillationszähler, Kontaminationsmonitore, Geigerzähler, Dosimeter...)



# Messverfahren

---

## Schall und Licht:

**diverse Messgeräte** (Schallpegelmesser, Spektrometer...)



# Messverfahren

---

## Schadstoffe:

**wenige Messgeräte** (Formaldemeter, Photoionisationsdetektoren...)



# Messverfahren

## Schadstoffe:

Pumpen zur Luftprobenahme,  
nachfolgend Laboranalytik



# Messverfahren

---

## **Schadstoffe:**

**Staubproben**

**Materialproben**

**Prüfkammertests**



# Messverfahren

---

## Fasern und Stäube:

Partikelzähler, Spektrometer

Probenahmen von Luft, Staub, Materialien



# Messverfahren

---

## Raumklima:

**diverse Messgeräte** (Feuchtigkeit und Temperatur von Luft und Oberflächen, Kohlendioxid, Luftbewegung..., Kurzzeit-, Langzeit- oder Dauermessungen)

# Messverfahren

## Schimmelpilze...:

Probenahmen von Luft, Oberflächen, Materialien... mit nachfolgenden Laboranalysen (per Kultivierung oder direkter Mikroskopie)



# Bewertung

---

## 1. von Toxikologie ausgehend

**Ziel:** Vermeiden der Konzentrationen, bei denen bekannte oder wahrscheinliche Schädwirkungen auftreten

**Probleme:** **toxikologische Daten oft kaum oder nicht vorhanden, synergistische Effekte kaum abschätzbar** (in der Innenraumluft kann man hunderte bis tausende Substanzen nachweisen!)

rechtlich recht verbindlich; vorhanden z.B. für Asbest (500-1000 Fasern/m<sup>3</sup>), Polychlorierte Biphenyle (300 ng/m<sup>3</sup>), Pentachlorphenol (0,1 µg/m<sup>3</sup>, 1 mg/kg Staub, 50 mg/kg Material), Formaldehyd (0,08 ppm), diverse VOC (UBA-Richtwerte I und II)

## 2. von Statistik ausgehend

**Ziel:** Erreichen möglichst niedriger bzw. normaler, Innenraum-typischer Hintergrund-Konzentrationen (z.B. deuten 90.-Perzentil-Werte auf besondere Innenraumquellen hin)

**Probleme:** **keine toxikologische Grundlage, Hintergrund variabel** z.B. Agoef-Orientierungswerte für Raumluft oder Hausstaub, VOC-Gesamtwerte UBA

# Bewertung

---

## **Erfahrung über die Jahrzehnte:**

**Grenz- oder Richtwerte werden mit der Zeit immer niedriger**  
(viele Substanzen und damit auch Baustoffe werden also immer kritischer eingeschätzt)

⇒ **Vorsicht bei Bewertungen, oft besser vorsorgliche Minimierungsstrategie als strikte Orientierung an aktuellen Vorgaben**

⇒ **Einsatz bewährter, alter Baustoffe** (Holz, Kalk, Lehm...)  
ergänzt durch neue Innovationen, die baubiologisch-ganzheitlich vor dem Einsatz überprüft werden sollten

# Bewertung

---

Ergänzung zum Standard der baubiologischen Messtechnik SBM-2015

## BAUBIOLOGISCHE RICHTWERTE FÜR SCHLAFBEREICHE

Baubiologische Richtwerte sind Vorsorgewerte. Sie beziehen sich auf Schlafbereiche, die besonders empfindliche Regenerationszeit des Menschen und das damit verbundene Langzeitrisiko. Sie basieren auf dem aktuellen baubiologischen Erfahrungs- und Wissensstand und orientieren sich am Erreichbaren. Darüber hinaus werden wissenschaftliche Studien und andere Empfehlungen zur Bewertung herangezogen. Es geht bei der baubiologischen Messtechnik um die professionelle Erkennung, Minimierung und Vermeidung kritischer Umwelteinflüsse in Gebäuden im individuell machbaren Rahmen. Anspruch und Ziel ist, bei ganzheitlicher Beachtung aller Standardpunkte und sachverständiger Zusammenstellung der vielen Diagnosemöglichkeiten die Quellen von Auffälligkeiten identifizieren, lokalisieren und einschätzen zu können, um ein möglichst unbelastetes und naturnahes Lebensumfeld zu schaffen.

**Unauffällige** Werte bieten ein Höchstmaß an Vorsorge. Sie entsprechen natürlichen Umweltmaßstäben oder dem häufig anzutreffenden und nahezu unausweichlichen Mindestmaß zivilisatorischer Einflüsse.

**Schwach auffällig** heißt: Vorsichtshalber und mit besonderer Rücksicht auf empfindliche oder kranke Menschen sollten Verbesserungen umgesetzt werden, wann immer es geht.

**Stark auffällig** ist aus baubiologischer Sicht nicht mehr zu akzeptieren. Es besteht Handlungsbedarf. Sanierungen sollten bald durchgeführt werden. Neben zahlreichen Fallbeispielen weisen oft auch wissenschaftliche Studien auf biologische Effekte und gesundheitliche Probleme hin.

**Extrem auffällige** Werte bedürfen konsequenter und kurzfristiger Sanierung. Hier werden teilweise internationale Richtwerte und Empfehlungen für Innenräume und Arbeitsplätze erreicht oder überschritten.

Treten bei einzelnen oder bei unterschiedlichen Standardpunkten mehrere Auffälligkeiten auf, sollte die Gesamtbewertung kritischer ausfallen.

Prinzipiell und übergeordnet gilt:

**Jede Risikoreduzierung ist anzustreben. Richtwerte sind Orientierungshilfen. Maßstab ist die Natur.**

Die kleingedruckten Angaben in den Schlusszeilen der einzelnen baubiologischen Standardpunkte dienen der vergleichenden Orientierung z.B. mit rechtlich verbindlichen Grenzwerten oder anderen Richtwerten, Empfehlungen und Forschungsergebnissen oder natürlichen Maßstäben.



**BAUBIOLOGIE MAES**  
**IBN**

Schorlemerstr. 87 41464 Neuss Telefon 02131/43741 Fax 44127 [www.maes.de](http://www.maes.de)  
Erlenastr. 24 83022 Rosenheim Telefon 08031/35392-0 Fax -29 [www.baubiologie.de](http://www.baubiologie.de)

# Bewertung

Baubiologische Richtwerte für Schlafbereiche SBM-2015

unauffällig

schwach  
auffällig

stark  
auffällig

extrem  
auffällig

## B WOHNIGIFTE, SCHADSTOFFE, RAUMKLIMA

### 1 FORMALDEHYD und andere gasförmige Schadstoffe

Formaldehyd in Mikrogramm pro Kubikmeter	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	< 20	20 - 50	50 - 100	> 100
--	--------------------------	------	---------	----------	-------

MAK: 370  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ; BGA: 120  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ; WHO: 100  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ; Katalyse: 50  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ; AGÖF-Orientierungswert: 30  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ; VDI: 25  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ; Schleimhaut- und Augenreizung, Geruchswahrnehmung: ~ 50  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ; Lebensgefahr: 30.000  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ; Natur: < 2  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ; Umrechnung: 100  $\mu\text{g}/\text{m}^3 = 0,08 \text{ ppm}$

### 2 LÖSEMITTEL und andere leicht- bis mittelflüchtige Schadstoffe

Lösemittel VOC in Mikrogramm pro Kubikmeter	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	< 100	100 - 300	300 - 1000	> 1000
---	--------------------------	-------	-----------	------------	--------

Werte gelten für die Summe aller flüchtigen Verbindungen (TVOC) in der Raumluft.

Allergisierende, reizende oder geruchsintensive Einzelstoffe bzw. Stoffgruppen sind kritischer zu bewerten, das gilt speziell auch für besonders gefährliche bzw. krebserzeugende Luftschadstoffe wie z.B. Benzole, Naphthaline, Kresole, Styrol...

Für Einzelbewertungen siehe 'AGÖF-Orientierungswerte für flüchtige organische Verbindungen in der Raumluft' (2013).

Umweltbundesamt: 300  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ; Seifert BGA Zielwert: 200-300  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ; Molhave: 200  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ; AGÖF-Normalwert a) Summe: 360  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , b) Einzelstoffe (Beispiele): Acetaldehyd 20  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , Aceton 42  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , Benzol 1  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , Ethylbenzol 1  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , Naphthalin < 1  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , Phenol < 1  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , Styrol 1  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , Toluol 7  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , m,p-Xylol 3  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , alpha-Pinen 4  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ; delta-3-Caren 1  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , Limonen 4  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ; Natur: < 10  $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Für die Einschätzung geruchsintensiver Substanzen siehe AGÖF-Leitfaden 'Gerüche in Innenräumen' (2013).

### 6 RAUMKLIMA (Temperatur, Feuchte, Kohlendioxid, Luftionen, Luftwechsel, Gerüche...)

Relative Luftfeuchte in Prozent	% r.F.	40 - 60	< 40 / > 60	< 30 / > 70	< 20 / > 80
---------------------------------	--------	---------	-------------	-------------	-------------

Kohlendioxid in parts per million	ppm	< 600	600 - 1000	1000 - 1500	> 1500
-----------------------------------	-----	-------	------------	-------------	--------

MAK: 5000 ppm; DIN: 1500 ppm; Umweltbundesamt: 1000 ppm; USA (Arbeitsplätze/Schulräume): 1000 ppm; ungelüftetes Schlafzimmer morgens bzw. Klassenzimmer nach einer Schulstunde: 2000-4000 ppm; Natur 2015: 400 ppm, 1985: 330 ppm; jährlicher Anstieg: 1-2 ppm

# Aktuelle Problemkreise

---

## **Sanierung älterer Gebäude mit der Folge geringerer Luftwechsel**

entscheidend: neue Fenster

**Nutzen:**

**Energieeinsparung**

**Probleme:**

**Feuchtigkeit, Kohlendioxid, Schadstoffe** (vor allem VOC) ...  
**reichern sich in höheren Konzentrationen an**

⇒

**höhere Schimmelgefahr**  
**schlechteres Raumklima**

**höhere gesundheitlichen Risiken**

**Lösung:**

**Lüftungskonzepte, Lüftungsanlagen** (DIN 1946-6)

# Aktuelle Problemkreise

## Lüftungsanlagen

zentral - im Neubau  
oder dezentral - Nachrüstung im Bestand

**Nutzen:** gute Luftwechsel  
bessere Innenraumluftqualität  
Energieeinsparung

**Probleme:** im Winter zu trockene Innenraumluft  
(insbesondere in Büroräumen!)

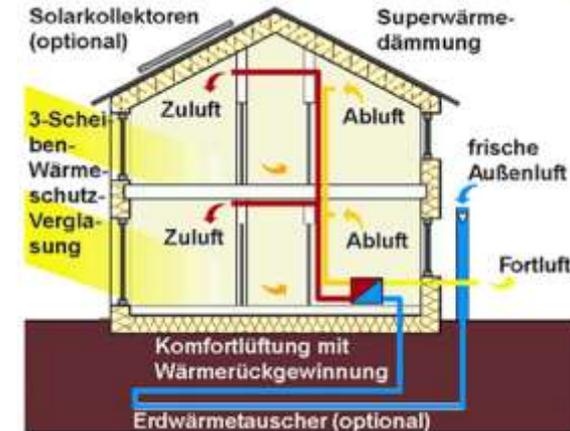
**Luftbewegungen**  
(Büroarbeitsplätze, Schlafplätze)

**Wartung**

**Ausführungsfehler**

**Luft-Erdwärmetauscher** (laut Umweltbundesamt nicht mehr verwenden!)

**oft gut:** Steuerung über Sensoren (CO<sub>2</sub>, Feuchte...)



# Aktuelle Problemkreise

---

## **Einsatz 'industrieller' Baustoffe, Verdrängung alter Baustoffe**

### **Nutzen:**

**oft einfachere/schnellere Verarbeitung  
geringere Kosten**

### **Probleme:**

**höhere Schadstoffgehalte  
mehr Geruchsprobleme  
geringere Atmungsaktivität  
⇒ höhere Feuchte- und Schadstoff-Konzentrationen in Raumluft  
schlechtere Ökobilanzen**

# Aktuelle Problemkreise

---

## Gerüche

**oft bei Bodenaufbauten und Bodenbelägen** (Cyclohexene, Butan-Derivate...)

**durch schnelles Bauen** (Rest-Feuchte in Baustoffen!)

**durch ungünstige Reaktionen verschiedener Baustoffe miteinander** (z.B. Estrich + Kleber + Bodenbelag)

### Problem:

### Wohlbefinden beeinträchtigt

(auch wenn keine hohen bzw. toxikologisch relevanten Konzentrationen erreicht werden - menschliche Nase für manche Stoffe sehr empfindlich, unbewusste Abwehrreaktionen auf unangenehme Gerüche mit z.B. Unwohlsein, Kopfschmerzen oder Übelkeit)

*Baubiologische Forderung: Räume sollten geruchsneutral sein! ggf. durch Geruchsprüfer abklären (Laboranalytik evtl. zu unempfindlich)*



# Vermeidung, Sanierung

---

## Gutes Raumklima

### **diffusionsoffene und feuchtigkeitsregulierende Baustoffe**

(Holz, Kalk, Lehm, wenig Kunststoffzusätze und Oberflächen-abdichtende Farben, Tapeten...)

### **möglichst natürliche Baustoffe**

**in modernen** (weitgehend dichten) **Gebäuden Lüftungskonzepte bzw. -anlagen für gute bzw. ausreichende Luftwechselraten nötig**  
(um 0,2-0,5 pro Stunde)

**ausgewogenes Maß von Wärmedämmung und Wärmespeicherung**

**winddichte Bauweise, wenig Luftbewegung** (an neuralgischen Stellen)

**möglichst hohe Strahlungswärme-Anteile bei Heizsystemen**

**Neubauten** (insbesondere massive) **gut austrocknen lassen**

# Vermeidung, Sanierung

---

## **Geringe Schadstoffmengen**

**Schadstoff-freie bzw. arme Baumaterialien: Auswahl**

**unkritischer(er) Produkte** (speziell Farben, Kleber und Bodenbeläge)  
**über Kontrolle von Herstellerangaben** (Inhaltsstoffe, technische Merkblätter, EU-Sicherheitsdatenblätter...) **und unabhängigen Tests**

**Einbringen von möglichst wenig Produkten in Innenräume - sparsam streichen, lackieren, ölen, kleben, pflegen...**

**in ersten Wochen und Monaten nach Hauserstellung viel lüften und heizen**

**Entfernung kritischer Emittenten, zur Not nur Abdichten bzw. Maskieren**

**vor Sanierungsmaßnahmen gezielte Untersuchungen** (zur Klärung, ob überhaupt und wenn ja in welchem Umfang wo kritische Produkte oder Bauteile vorhanden sind)

# Vermeidung, Sanierung

---

**und wenn alles nicht hilft...**



# Resümee

---

**Baubiologische Bauweisen und Einrichtungen führen zu möglichst naturnahen Innenräumen, minimieren gesundheitliche Risiken und steigern in aller Regel das Wohlbefinden der Bewohner.**

**Darüber hinaus werden in vielen Fällen auch ökologisch positive Effekte erzielt, wird die Umwelt weniger belastet.**

**Ende**

**Vielen Dank für Ihre  
Aufmerksamkeit!**