

Gesunder Schlaf durch baubiologisch optimierte Schlafumgebung

Eine Publikation des
Institut für Baubiologie +
Nachhaltigkeit

Erstellt im Auftrag der
Rolle Stiftung



Rolle Stiftung

Autoren:

- Winfried Schneider, Architekt und Geschäftsführer des IBN
- Christian Blank M.A., Sachverständiger für Baubiologie und Innenraumanalytik, Baubiologischer Messtechniker IBN

Inhaltsverzeichnis

Die Reihenfolge der Kapitel spiegelt nicht deren Wichtigkeit wider!

1. Vorwort der Rolle-Stiftung	2
2. Vorwort des IBN	3
3. Einführung	4
4. Einflüsse auf die Schlafqualität	6
4.1. Liege- und Schlafkomfort	6
4.1.1 Bettgestell	6
4.1.2 Federelement	6
4.1.3 Matratze	7
4.1.4 Matratzenauflage	7
4.1.5 Zudecke und Kopfkissen	7
4.2. Licht und Beleuchtung	9
4.3. Geräusche / Luftschall / Körperschall / Akustik	11
4.3.1 Luftschall	13
4.3.2 Körperschall	13
4.3.3 Infraschall und tieffrequenter Schall	14
4.3.4 Bauliche Maßnahmen für ruhige Schlafplätze	14
4.4. Raumklima	15
4.4.1. Luftqualität	16
4.4.2. Raumluf- und Oberflächentemperaturen	19
4.4.3. Heizungsklima	20
4.4.4. Raumluftfeuchte	21
4.4.5. Baustoffe und Inneneinrichtung	23
4.5. Felder, Wellen, Strahlung	24
4.5.1. Elektrische Wechselfelder	26
4.5.2. Magnetische Wechselfelder	32
4.5.3. Elektromagnetische Wellen	36
4.5.4. Elektrische Gleichfelder	40
4.5.5. Magnetische Gleichfelder	44
4.6. Chemische und biologische Raumlufbelastungen	49
4.7. Architekturpsychologie	53
4.7.1. Individuelle Bedürfnisse	53
4.7.2. Farben	54
4.7.3. Raumproportionen	54
4.8. Geologische Störungen	55
5. Resümee und Ausblick	58
6. Quellen	59
7. Anhänge	60
• 25 Leitlinien der Baubiologie	
• Baubiologische Richtwerte für Schlafbereiche	

1. Vorwort der Rolle-Stiftung

In Zeiten immer weiter voranschreitender Vermessung des Lebendigen bleibt der Schlaf eine in vielen Belangen unverfügbare Größe. Hinweise auf seine Beeinträchtigung werden daher oft nicht weiterverfolgt. Gleichzeitig nehmen gesundheitliche Schäden, die mit Schlafstörungen im Zusammenhang stehen, stetig zu.

Ein Maschinenmodell des Menschen, wie es heute, meist unausgesprochen, in Medizin und Umweltwissenschaften vorausgesetzt ist, kommt bei der Erforschung des Schlafes klar an seine Grenzen. Mit dieser Prämisse wollen wir den vielen Ansätzen, den Schlaf, beziehungsweise die durch ihn erlangte Erholung zu optimieren, mit dieser Schrift „Gesunder Schlaf ...“ eine in unseren Augen oft vernachlässigte Perspektive hinzufügen.

Dabei ging es nicht darum, im Sinne einer Studie einen Beitrag zur wissenschaftlichen Diskussion zu liefern. Sondern wir wollen nachvollziehbar, unter Einbeziehung eines teilweise idiografischen Ansatzes, für einen wichtigen Umweltbereich, der sich durch die Einwirkung und die Entwicklung der Technik immer weiter von bewährten, natürlichen Gegebenheiten entfernt, sensibilisieren.

Die Schrift richtet sich an Verantwortliche im Gesundheitssystem, an Angehörige der Heilberufe, ebenso wie an Betroffene. Sie soll in einem komplexen Gebiet eine erste Orientierung geben und erlauben, den jeweils individuell erforderlichen Schwerpunkt zu finden.

Mit den Autoren Winfried Schneider und Christian Blank vom IBN in Rosenheim haben wir uns für die Erstellung ausgewiesene kompetente Partner gesucht, die dafür garantieren können, dass die Informationen immer überprüfbar sind und in diesem Bereich vorhandene parawissenschaftliche Ansätze als solche benannt werden oder ganz unberücksichtigt bleiben.

Die Schrift verfolgt keinerlei wirtschaftliche Interessen, sondern möchte einen zunehmend drängende Problematik benennen, um diese zukünftig noch weiter in ihrer Komplexität beleuchten zu können. Selbstverständlich freuen wir uns über Feedback und Anregungen.

Ich möchte dem Reader eine starke Beachtung und in Konsequenz vielen Lesern und Patienten durch die Optimierung des Schlafbereichs einen erholsameren Schlaf wünschen.

Matthias Rolle
Beiratsvorsitzender Rolle-Stiftung

2. Vorwort des IBN

Ziel der Rolle-Stiftung ist die Förderung des Umweltschutzes, der Erziehung, Volks- und Berufsbildung sowie der Wissenschaft und Forschung.

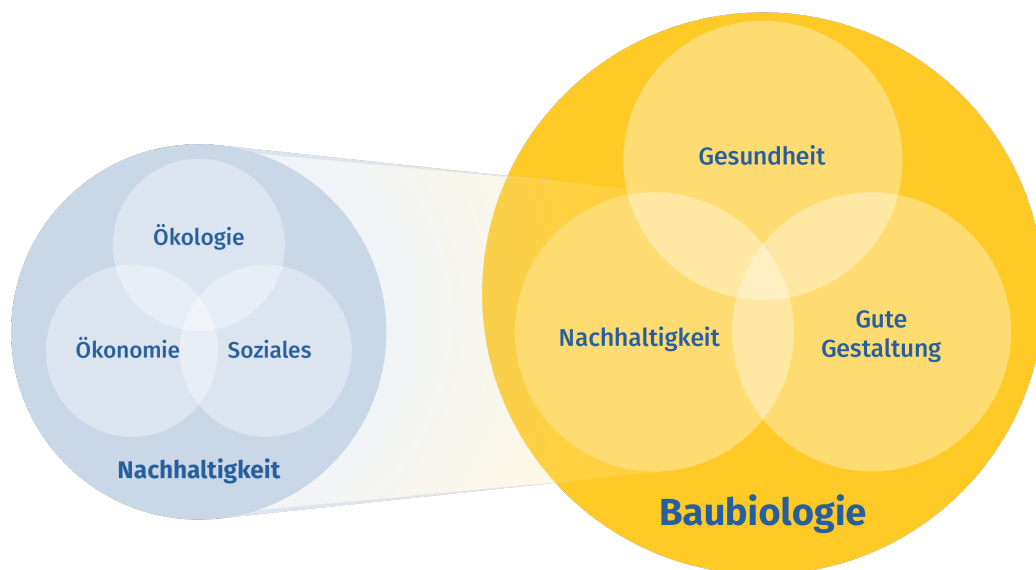
Das Institut für Baubiologie + Nachhaltigkeit IBN beschäftigt sich mit der Beziehung zwischen Menschen und ihrer gebauten Umwelt. Erforscht, gelehrt und messtechnisch erfasst wird, wie sich Gebäude, Baustoffe und Architektur auf Mensch und Natur auswirken. Dabei werden ganzheitlich gesundheitliche, nachhaltige und gestalterische Aspekte betrachtet.

Auf Basis der großen Schnittmengen zwischen den Zielen der Rolle-Stiftung sowie des IBN hat die Rolle-Stiftung unser Institut mit der Erstellung dieser Online-Publikation beauftragt.

Wie heißt es so schön: „Schlafen ist die beste Medizin“. Umso erschreckender sind Ergebnisse von Umfragen, auf Grundlage derer immer mehr Menschen mit Schlafproblemen zu kämpfen haben. Wir sind davon überzeugt, dass hierfür ein „ungesundes“ bzw. den menschlichen Bedürfnissen nicht angepasstes Wohnumfeld mit verantwortlich ist.

Möge diese Publikation dazu dienen, dass wieder mehr Menschen gut schlafen und somit kraftvoll und gesund ihren Alltag bewältigen können.

Winfried Schneider
Architekt und Geschäftsführer des IBN



©baubiologie.de

Abb. 01: **Baubiologie ist die Lehre der ganzheitlichen Beziehungen zwischen den Menschen und ihrer gebauten Umwelt.**

3. Einführung

Gute Schlafqualität ist essenziell für körperliche Gesundheit, geistige Leistungsfähigkeit und emotionales Wohlbefinden. Chronischer Schlafmangel hingegen kann lebensbedrohliche Folgen haben – sowohl physisch als auch psychisch. Prävention durch eine optimierte Schlafumgebung, regelmäßige Schlafroutrinen und stressreduzierende Maßnahmen ist daher entscheidend.

Wie Umfragen eindrucksvoll zeigen, leiden immer mehr Menschen unter Schlafproblemen. Schlafstörungen erhöhen u.a. das Risiko für Übergewicht, Schlaganfall, Demenz, Herz-Kreislauf- oder chronische Erkrankungen und verschlechtern erheblich die Leistungsfähigkeit, das Wohlbefinden und die Lebensqualität.

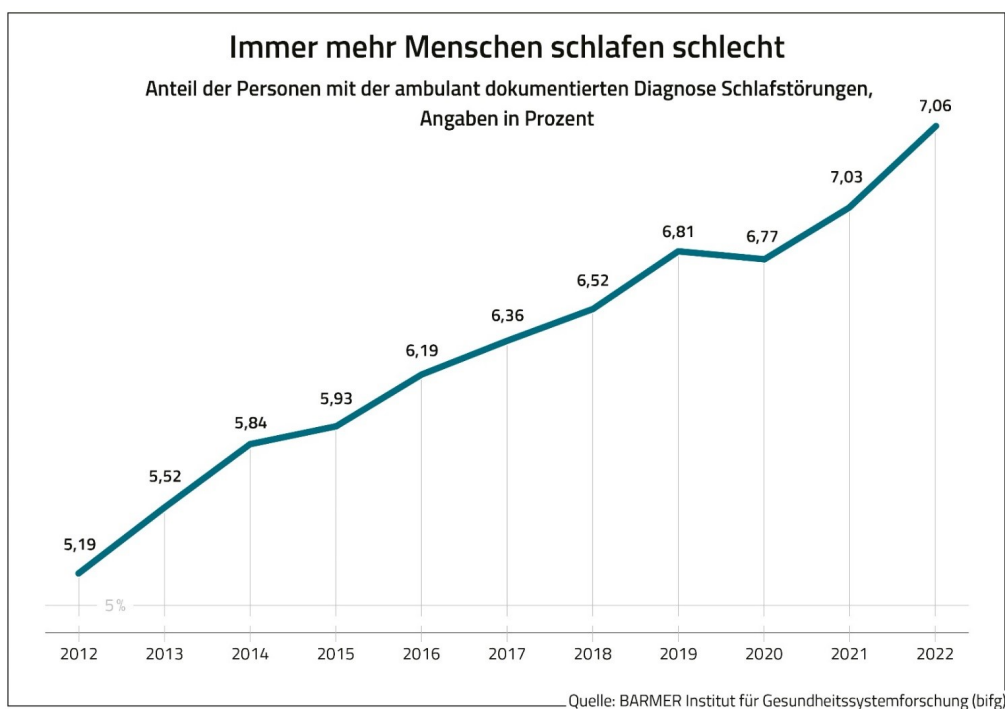


Abb. 02: **Anteil der Menschen mit einer ambulant dokumentierten Diagnose. Laut Umfragen leiden tatsächlich rund 40 % der Menschen unter Schlafproblemen.**

Als Ursachen für Schlafprobleme werden meist Stress, Sorgen, gesundheitliche Probleme, Mediennutzung, Ernährungsgewohnheiten oder Lärm genannt. Dabei hat auch der Schlafplatz und -raum einen erheblichen Einfluss auf die Schlafqualität. In der baubiologischen Forschung, Lehre und Messtechnik spielt deshalb der Schlafplatz eine besonders wichtige Rolle, schließlich ist der Schlaf für die physische wie psychische Erholung und Regeneration essenziell. So enthält beispielsweise der Standard der Baubiologischen Messtechnik SBM „Baubiologische Richtwerte für Schlafbereiche“. Darin heißt es prinzipiell und übergeordnet **„Jede Risikoreduzierung ist anzustreben“**.

Die in dieser Publikation beschriebenen baubiologischen Einflüsse auf die Schlafqualität gelten für alle Menschen. Für Menschen, die bettlägerig oder schwer krank sind und deshalb einen Großteil ihres Tages im Bett verbringen, müssten ergänzende Kriterien zusammengestellt werden.

Baubiologische Untersuchung eines Schlafplatzes

Baubiologen nehmen das Gebäude, das Gebäudeumfeld sowie das Schlafzimmer (Boden, Wände, Decke, Einrichtung, Haustechnik u.a.) genau unter die Lupe und ermitteln auch durch Befragung mögliche gesundheitliche Belastungen. Mit verschiedenen Messmethoden können sie anschließend die Belastungen und mögliche Quellen identifizieren. So nehmen sie für Raumluft- und Schadstoffanalysen u.a. Material- und Luftproben für die Laboranalytik. Elektromagnetische Felder und Wellen werden mittels diverser Messgeräte erfasst. Ziel dabei ist es, die kritischen Umwelteinflüsse zu erkennen und anschließend Lösungen zur Minimierung oder Vermeidung dieser Risiken aufzuzeigen.

In jedem Fall wird eine Verbesserung im individuell machbaren Rahmen angestrebt.

„Wie man sich bettet, so liegt man“
Berthold Brecht, 1898 - 1956

4. Einflüsse auf die Schlafqualität

Die baubiologischen Einflüsse auf die Schlafqualität sind komplex. Meist handelt es sich um mehrere Einflüsse, die es zu erkennen und ggf. messtechnisch zu erfassen gilt. Dies immer mit dem Ziel, möglichst viele negative Einflüsse auf die Schlafqualität bestmöglich zu reduzieren.

4.1 Liege- und Schlafkomfort

Seit vielen Jahren wird geforscht, was genau einen guten Liege- und Schlafkomfort ausmacht. Da dieser stark von individuellen Bedürfnissen (Körperform, Gewicht, Alter, Kälte- und Wärmeempfinden, gesundheitliche Beeinträchtigungen u.a.) aber auch von räumlichen Voraussetzungen (Temperatur, Luftfeuchte und -qualität u.a.) abhängt, ist es durchaus herausfordernd, alles richtig zu machen, zumal sich die individuellen Bedürfnisse und Voraussetzungen jederzeit ändern können. Folgende Erkenntnisse sind jedoch für fast alle Menschen zutreffend:

4.1.1 Bettgestell

- Aus emissionsarmen natürlichen Materialien wie Vollholz, Rattan oder Bambus – ohne größere Metallteile
- Ohne Oberflächenbehandlung oder offenporig behandelt (geölt, gewachst)
- Oberkante Bettkopfteil ≥ 40 cm über Matratze als Schutz vor Zugscheinungen (v.a. bei kalten Außenwänden)
- Gerundete Formen, um Verletzungen zu vermeiden
- Betthöhe ca. 60 bis 70 cm, um bequem sowie sicher ein- und aussteigen zu können und evtl. vorhandenen elektromagnetischen Feldern der Geschosdecke auszuweichen
- Bettlänge: Körpergröße + 25 cm / Bettbreite: je Person ≥ 90 cm

4.1.2 Federelement (i.d.R. auf Einlegerahmen)

- Rahmen aus unbehandeltem Vollholz – ohne größere Metallteile
- Schmale Querlatten bzw. Rundstäbe aus vorgespanntem verleimtem Schichtholz – die Elastizität sollte jährlich überprüft werden, ggf. ausgeleierte Latten (z. B. im Beckenbereich) mit intakten Latten (z. B. im Fußbereich) tauschen
- Querlatten elastisch gelagert z.B. auf Gummiprofilen oder Latexstreifen
- Auf Körpergewicht und/oder Rückenleiden einstellbar (verstellbarer „Mehrzonen-Lattenrost“)
- Evtl. verstellbares Kopf- und Fußteil
- Elektrosmog vermeiden, also z.B. keine Elektromotoren oder nachts Stecker ziehen

4.1.3 Matratze

- Guter Liegekomfort – elastisch und stützend zugleich
- Mit Lattenrost optimal abgestimmt (Bettsystem!)
- Auf Körpergewicht abgestimmt, Dicke i.d.R. 12 - 24 cm
- Gute Wärmeisolation und Luftdurchlässigkeit
- Aufnahme und Ableitung der Körpertranspiration
- Metallfrei (z.B. keine Metallfederkerne)
- Schadstofffrei / Geruch neutral oder angenehm (ggf. vor Gebrauch einige Wochen/Monate auslüften lassen)
- Naturmaterialien wie Kapok, Hanf, Schafwolle, Rosshaar, Kokos, 100 % Naturlatex – häufig besteht eine Matratze auch aus mehreren Schichten verschiedener Materialien (mehr zum Thema Naturlatex siehe Qualitätsverband umweltverträglicher Latexmatratzen QUL e.V.)

4.1.4 Matratzenauflage

- Matratzenauflagen lassen sich aufgrund ihres deutlich geringeren Gewichtes leichter auslüften als eine Matratze
- Etwa alle 4 Jahre austauschen (wegen Körperaustünstungen)
- Ideal: Schafwolle oder Kamelhaar – gute Wärmedämmfähigkeit bei gleichzeitig hoher Feuchteaufnahmefähigkeit

4.1.5 Zudecke und Kopfkissen

- Richtiges Verhältnis von Wärmdämmung und Wärmeableitung, da das Schwitzen oder Frieren die Schlaftiefe erheblich beeinträchtigt. Optimal ist eine sogenannte Vierjahreszeitendecke = Kombination einer dickeren und einer dünneren Decke, je nach Jahreszeit bzw. Raumtemperatur
- Decke der Körpergröße anpassen (bei Körpergröße > 180 cm Deckenlänge ca. 220 cm)
- Ideal: Zellulosefasern, Baumwolle, Hanf, Leinen. Bzgl. Feuchteableitung besser sind tierische Materialien wie Schafwolle, Kaschmirwolle, Kamelhaar oder Angora
- Auf die individuellen Anforderungen abgestimmte sog. Nackenstützkissen mit stützendem oder nachgiebigem Liegeempfinden (bei Beschwerden Rücksprache mit Orthopäden)
- Das Kopfkissen beeinflusst die Schlaftiefe mehr als die Matratzen, deshalb am besten verschiedene Möglichkeiten ausprobieren.



Abb. 03: Ein Bett-System bestehend aus Matratzenauflage in Kombination mit einer möglichst metall- und kunststofffreien Matratze auf einem Lamellenrost aus Holz ermöglicht die Abstimmung auf unterschiedliche Körperformen

Quelle: IBN

4.2 Licht und Beleuchtung

„Nur eine Nacht unter schwacher Zimmerbeleuchtung kann den Zuckerstoffwechsel und das Herz-Kreislauf-System beeinträchtigen. Das Risiko für Herzkrankheiten, Diabetes und dem metabolischen Syndrom steigt.“

Dr. Phyllis Zee, Expertin für Schlafmedizin an der Northwestern University

Für einen guten Schlaf ist es wichtig, dass sich der Schlafplatz mit Hilfe von Vorhängen und/oder Rollos bzw. Fensterläden ausreichend gut abdunkeln lässt. Dabei ist allerdings immer auch darauf zu achten, dass der Schlafraum dennoch gut belüftet werden kann (vgl. Kap. 4.4.1). Zu bedenken ist auch, dass manche Menschen vor absoluter Dunkelheit Angst haben; in diesen Fällen können z.B. Vorhänge genutzt werden, die etwas Licht durchlassen oder es können Schlafmasken getragen werden.

Auch wenn es während des Schlafens möglichst dunkel sein soll, ist es auch wichtig, rund um die Uhr auf den circadianen Rhythmus, also auf den Tag-Nacht- und natürlichen Wach-Schlaf-Rhythmus zu achten:

Die Sonne geht in unseren Breitengraden im Osten auf und es ist am Tag hell. Im Westen geht die Sonne schließlich wieder unter und es wird dunkel. Dieser Verlauf von morgens bis abends und dem Tag-Nacht- und natürlichen Wach-Schlaf-Rhythmus gilt als der wichtigste Zeitregler des menschlichen Bio-Rhythmus. Bezeichnet wird er als circadianer Rhythmus. Er beeinflusst unsere physische wie psychische Gesundheit in einem hohen Maße, wie auch Experimente mit Menschen zeigen, die entweder längerer Zeit Dunkelheit oder aber auch grellem Licht ausgesetzt werden.

Licht hat eine chronobiologische Wirkung auf den Menschen und seinen Rhythmus. Es löst im menschlichen Körper die Produktion von Hormonen aus und regelt wie eine „innere Uhr“ den Wechsel von Tag und Nacht, also von Aktiv- zu Passiv-Phasen.

Am Morgen mit ansteigender Helligkeit und wachsendem Blauanteil des Lichtes bis zum Mittag werden wir aktiv (Neurotransmitter Serotonin). Mit zunehmender Lichtintensivität am Morgen wird die Freisetzung von Melatonin reduziert und der Serotonin Spiegel erhöht. Serotonin erfüllt viele überlebensnotwendige Funktionen. Mangel an Serotonin kann das Auftreten von Depressionen und weiteren Krankheiten begünstigen. Die Aktivität verändert sich mit der Beleuchtungsstärke und der rötlichen Lichtfarbe ab dem späten Nachmittag.

Am Abend wird das Hormon Melatonin produziert und ist u.a. für die Schlafdauer und Schlafqualität verantwortlich. Melatonin geht aus dem Neurotransmitter Serotonin hervor, der das psychologische Befinden beeinflusst. Melatonin hingegen hat u.a. eine stark antioxidative Wirkung und stärkt unser Immunsystem. Melatonin senkt die Aktivität und macht uns „müde“. Die Nutzung von bläulichem und intensivem Kunstlicht am Abend, aber auch das Arbeiten am Computer, Fernsehen, mit E-Book-Readern lesen etc. kann Folgen für den Gesundheitszustand und die Schlafqualität des Menschen haben. Das liegt daran, dass die kürzeren Wellenlängen in dem ultravioletten Bereich von den empfindlichen Ganglienzellen in der Netzhaut stärker in dem Auge aufgenommen werden, wodurch die Melatonin-Synthese gehemmt werden kann und wir wieder aktiv werden, anstatt zur Ruhe zu kommen.

Es klingt paradox, aber auf Basis dieser Grundlagen ist es für einen guten Schlaf auch wichtig, in Innenräumen für gute Lichtverhältnisse zu sorgen, vor allem durch ausreichend große gut lichtdurchlässige Verglasungen. Künstliches Licht kann natürliches Tageslicht nicht ersetzen. Wird es aber eingesetzt, sollte man auf gute künstliche Lichtquellen v.a. mit folgenden Kriterien achten:

- Gute Qualität der Leuchtmittel (Farbwiedergabeindex RA > 95)
- Harmonische Helligkeitsverteilung
- Minimierung von Elektrosmog und Flimmern
- Abends in den zwei bis drei Stunden vor dem Einschlafen rötliches Licht am besten von der Seite und mit reduzierter Beleuchtungsstärke: idealerweise „Human Centric Lighting (HCL). Damit ist die Anpassung der Kunstlichtbeleuchtung an den natürlichen Tagesverlauf möglich.

Bei Planung oder Umgestaltung von Gebäuden sollte man darauf achten, dass Schlafräume und Bäder zum Osten liegen, sodass man mit der aufgehenden Sonne natürlich „wach“ werden kann. Arbeitsräume sollten tagsüber ausreichend mit Tageslicht belichtet werden. Wohnbereiche, welche man gerne tagsüber bis zum Abend nutzt, werden größtenteils zum Südwesten angeordnet.

Schlussendlich noch folgende Empfehlung: Sonnenlicht bzw. UV-Licht wirkt desinfizierend bzw. reduzierend auf (gesundheitsschädliche) Mikroorganismen (Schimmel- und Hefepilze, Bakterien und Viren) aller Art. Deshalb sollte man am Schlafplatz bei Sonnenschein öfter mal die Fenster ganz öffnen sowie das Bettzeug einschl. Matratzen in die Sonne zu hängen bzw. legen.

4.3 Geräusche / Luftschall / Körperschall / Infraschall / Akustik

Die komplexe Wirkung von Geräuschen auf den gesamten Organismus wird verständlich, wenn man den Weg der Hörbahn anatomisch-physiologisch betrachtet. Man erkennt, dass der Lärm bzw. Schall nicht nur als akustische Wahrnehmung wirkt, sondern sich über die ganze Bewusstseinsphäre ausbreitet, insbesondere über den Hypothalamus (Abschnitt des Zwischenhirns) zu den vegetativen Zentren, welche die Tätigkeit der inneren Organe und des Blutkreislaufes steuern. Eine enge Verbindung besteht auch zur Hypophyse (Hirnanhangdrüse).

Geräusche können Fluch und Segen zugleich sein. Fluch dann, wenn sie als Lärm empfunden werden. Segen, weil Geräusche auch Freude, Geborgenheit, Sicherheit, die Verbundenheit mit der Natur und anderen Menschen ermöglichen, auch im Bett. Deshalb wäre es selbst für den Schlafplatz falsch, jegliche Geräusche zu vermeiden. Vielmehr sollte es dort möglich sein, sich auf Basis eines guten Schallschutzes einschl. schließbarer Türen und Fenster vor störendem Lärm aller Art zu schützen, aber den individuell gewünschten Geräuschpegel herzustellen.

Geräusche können also angenehm und sogar (ein)schlaffördernd sein, Lärm dagegen kann krank machen, wie u.a. folgende Hinweise eindrücklich aufzeigen:

- Lärm ist die zweitgrößte umweltbedingte Ursache für Gesundheitsprobleme, unmittelbar nach den Auswirkungen von Luftverschmutzung (Feinstaub). Quelle: WHO, 2020
- Rund um Hauptverkehrsstrecken und Großflughäfen sowie in Ballungsräumen waren nach der Lärmkartierung 2022 nachts etwa 14,9 Millionen Menschen von Verkehrslärm über 50 Dezibel (dB(A)) betroffen. Ganztägig waren rund 21,9 Millionen Menschen einem Verkehrslärm von mehr als 55 dB(A) ausgesetzt. Damit waren 17,9 % der Bevölkerung durch nächtlichen und 26,3 % durch ganztägigen Lärm betroffen. Quelle: Umweltbundesamt, 2023
- Schlafstörung: Die Aktivierung des zentralen und vegetativen Nervensystems durch Schallreize während der Nacht führt zu erschwertem Einschlafen, Beeinträchtigung der Schlafqualität (Schlauftiefe) und vorzeitigem Aufwachen. Anstelle der gesuchten Regeneration kann diese verhindert werden oder sogar in Stress umschlagen. Ältere Menschen sind hier besonders empfindsam. Nach experimentellen Untersuchungen liegt eine Herabsetzung der Schlafqualität bereits bei einem Dauerschall-pegel unter 35 dB(A) vor. Bei 35 dB(A) wurden 32 %, bei 45 dB(A) 42 % und bei 60 dB(A) über 80 % der Testschläfer geweckt. Quelle: DAL, www.buergergegenfluglaerm.de

Typische Geräusche	Schallpegel in dB(A)
Hörschwelle, Atmen, Blätterrauschen	0 - 10
Schlafraum, Flüstern, Wind	10 - 20
Bibliothek	20 - 30
Ruhiger Wohnraum, leise Unterhaltung	30 - 40
Belebter Wohnraum, angeregte Unterhaltung	30 - 50
Büro, laute Unterhaltung, Stressgrenze	50 - 60
Alltaglärm, Straßenverkehr, lautere Musik	60 - 70
Staubsauger, lauter Straßenverkehr	70 - 80
Industrielärm, lauter Bahnverkehr	80 - 90

Zu unterscheiden ist zwischen objektiv und subjektiv wahrgenommenen Lärmquellen: Die subjektive Einstellung (z. B. Ärger, Wut, Zorn, Gefühl des Ausgeliefertseins) zur bewusst oder unbewusst wahrgenommenen Lärmquelle kann die Gesundheit des Menschen stärker beeinflussen als die objektive Lärmstärke oder -dauer. Die Grenzen zwischen Lärmstörung und Zumutbarkeit sowie psychophysischer Lärmschädigung sind also fließend.

Zu Lärm gibt es eine umfangreiche Rechtsprechung und eine Fülle von nationalen und internationalen Normen sowie Grenz-, Richt- und Orientierungswerte. Folgende Luftschall-Zielwerte sollten für Schlafbereiche eingehalten werden (siehe auch SBM 2024 „Richtwerte für Schlafbereiche“):

- außen (bei geöffneten Fenstern): < 40 dB(A)
- innen: < 30 dB(A)
- eine kurzzeitige Überschreitung dieser Werte um jeweils 5 dB(A) ist noch im Rahmen des Tolerierbaren

Letztendlich ist es für einen guten Schlaf entscheidend, für eine angenehme und individuell anpassbare Geräuschsituation zu sorgen. Damit dies gelingt, ist komplexes bauphysikalisches Wissen rund um den Schallschutz entscheidend:

4.3.1 Luftschall

In der Bauakustik wird unterschieden zwischen Luftschall und Körperschall. Bei allen akustischen Störungen ist vor Abhilfemaßnahmen zu klären, ob eine Anregung der Bauteile wie Wände oder Decken durch Luftschall oder/und durch Körperschall erfolgt.

Luftschall ist der in Luft sich ausbreitende Schall. Wird in einem Raum (Senderraum) z. B. durch Sprechen oder Musik Luftschall erzeugt, dann können die damit verbundenen Luftdruckschwankungen die Wände und Decken in „Biegeschwingungen“ (Schwingung senkrecht zu ihrer Fläche) versetzen, die ihrerseits wieder die Luftteilchen des Nachbarrums (Empfangsraum) zu hörbaren Schwingungen, also Luftschall, anregen. Bei diesem Übertragungsvorgang von Luftschall von einem Raum zum anderen spricht man von Luftschallübertragung. Der Widerstand einer Wand oder Decke, diese Übertragung (durch Reflexion bzw. Absorption) zu hindern, wird als Luftschalldämmung bezeichnet und mit dem bewerteten Schalldämm-Maß R_w (in dB) angegeben. Eine gute Luftschalldämmung ergibt sich vor allem durch die hohe Flächenmasse eines Bauteils. Luftschall kann auch über Nebenwege, wie Undichtigkeiten (Risse, Fugen, Rohrdurchführungen, Schlüssellocher...), Kanäle von Lüftungsanlagen u. a. oder auch über flankierende Bauteile übertragen werden.

4.3.2 Körperschall

Wie bei Luftschall, wird auch bei Körperschall ein Bauteil in Biegeschwingungen versetzt. Beispiele für Körperschall: Klopfen, Möbel rücken, Türe/Fenster schließen, Rollläden, Installationsgeräusche, Hammer, Schlagbohrmaschine. Trittschall ist eine Sonderform des Körperschalls, der beim Begehen und bei ähnlicher Anregung z. B. einer Decke oder Treppe entsteht. Unter Körperschalldämmung versteht man Maßnahmen, die geeignet sind, Schwingungsübertragungen von einem Bauteil zum anderen zu vermindern. Besonders wichtig ist die Trittschalldämmung sowie der Schutz vor Übertragung von Installationsgeräuschen aus Armaturen, Rohrleitungen, Duschen oder Wannen. In der Baupraxis wird eine gute Körperschalldämmung meist durch elastische Materialien mit geeigneter dynamischer Steifigkeit s' erreicht (z. B. Trittschalldämmung aus Kokos- oder Hanffasern unter schwimmenden Estrichen oder Schallschutzgummi zwischen Rohr und Rohrschellen).

4.3.3 Infraskall und tieffrequenter Schall

„Grundsätzlich hat Infraskall, wie die Auswertung von 100 Literaturquellen zeigt, die gleichen Wirkungen auf Gesundheit und Wohlbefinden wie Schall und Lärm.“

Quelle: Dr. Ing. Reinhard Bartsch, Institut für Arbeits-, Sozial- und Umweltmedizin der Universitätsklinik Jena

Physikalisch gesehen sind Frequenzen unterhalb 16 Hz Infraskall. Dieser kann nicht mehr gehört werden, wird aber von Menschen oder auch Tieren als Vibrationen wahrgenommen. Manchmal zittern auch Zimmerpflanzen oder es klappern Schranktüren und Gläser. Verursacht werden können sie beispielsweise von Pumpen aller Art wie z.B. Heizungs-, Kühl- oder Wärmepumpen sowie raumlufttechnischen Anlagen, Windkraftanlagen, Betriebe aus Handwerk, Landwirtschaft und Industrie, Verkehrsstraßen, Bahntrassen (auch U-Bahnen u.ä.), Aquarien, Musikanlagen. Die Vibrationen werden über das Erdreich oder Gebäude oft so ungünstig als Körperschall weitergeleitet, dass sie mehrere Etagen weiter als unangenehm empfunden werden als am Entstehungsort.

Vibrationen sollten deshalb bereits am Ort der Entstehung bestmöglich verhindert werden. Dafür gibt es viele mechanische und bauliche Möglichkeiten. Am effektivsten kann die Übertragung von Vibrationen durch Entkopplung mittels elastischer Lagerung (Stahlfedern, Gummigranulatplatten, Schallschutzgummi u.a.) verhindert werden. Aber auch im Baukörper selbst kann durch den Einbau federnder oder dämpfender Baustoffe die Übertragung von Vibrationen stark gesenkt werden.

4.3.4 Bauliche Maßnahmen für ruhige Schlafplätze

- Guter baulicher Luft- und Körperschallschutz (einschl. Fenster, Türen und Haustechnik), z.B. auf Basis der „Empfehlungen für einen erhöhten Schallschutz“ nach DIN 4109-5 oder Schallschutzklasse II (= mittlerer Komfort) oder III (= gehobener Komfort) der VDI 4100 (VDI = Verein Deutscher Ingenieure)
- Schlafzimmer auf ruhiger Gebäudeseite
- Schlafzimmer innerhalb einer Wohnung/eines Hauses so anordnen, dass es nicht an laute Räume wie z.B. Kinderzimmer oder Küche und/oder geräuschemittierende Hausinstallationen angrenzt.

4.4 Raumklima

Das Raumklima wird durch Baustoffe und Bauweise geprägt. Es hat erheblichen Einfluss auf den Wohnwert eines Gebäudes sowie die Gesundheit der Gebäudenutzer. Häufig ist das Raumklima am Arbeitsplatz oder auch in Kindergärten und Schulen schlechter als in Wohngebäuden. Umso wichtiger ist es, in Wohngebäuden und insbesondere in Schlafräumen für optimale Rahmenbedingungen zu sorgen.

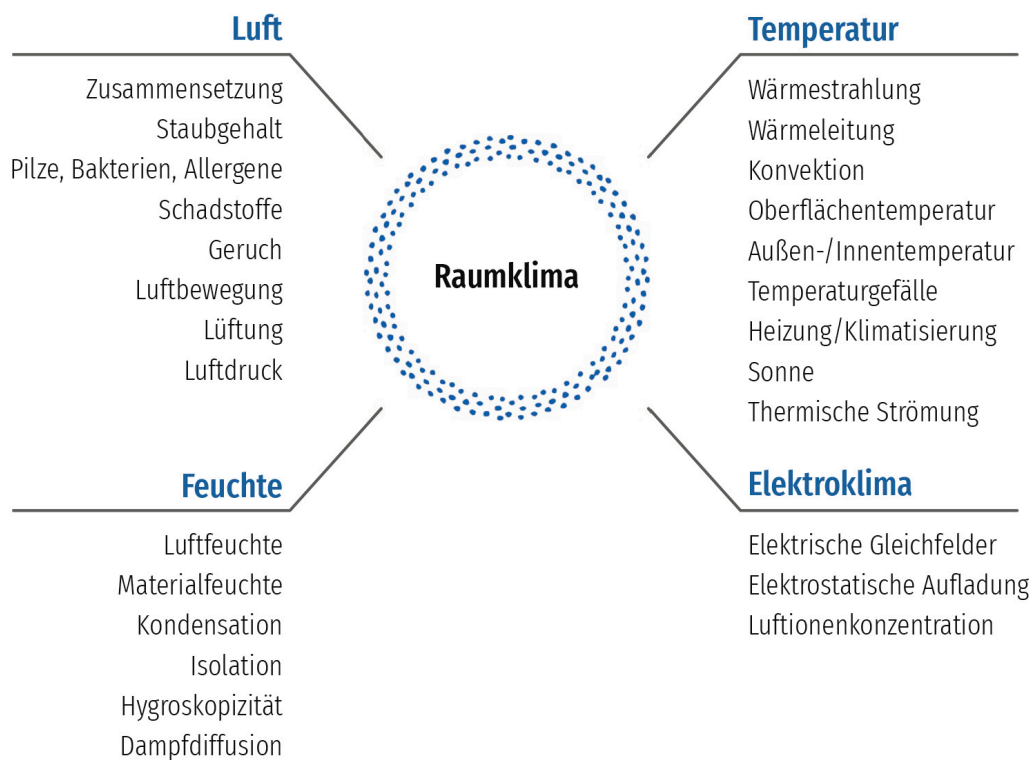


Abb. 04: **Raumklimatektoren in Gebäuden.**

Quelle: IBN

Die in obiger Abbildung gelisteten Raumklimatektoren beeinflussen sich häufig wechselseitig und werden von Baustoffen, Bauweise, Haustechnik, Einrichtung und Möblierung, Umgebung, den äußeren Klimatektoren wie Außentemperatur, Luftfeuchte und -qualität sowie natürlich dem Menschen selbst geprägt.

Ein gutes bzw. gesundheitsförderndes Raumklima hat auf den Menschen v.a. folgende positive Wirkungen (versch. Quellen):

- Physische und psychische Gesundheit
- Wohlbefinden
- Geordneter Stoffwechsel
- Gute Hautdurchblutung
- Stärkung des Immunsystems
- Leichte Atmung
- Sauerstoffversorgung
- Harmonische Atmosphäre
- Leistungsfähigkeit
- Konzentrationsfähigkeit.

Umso wichtiger ist ein gutes Raumklima auch während des Schlafens.

4.4.1 Luftqualität

Eine gute Lüftung ist nicht nur wichtig für eine gute Sauerstoffversorgung bzw. Reduzierung von Kohlendioxid (CO₂), sondern ebenso zur Reduzierung von Schadstoffen aller Art, Mikroorganismen (Schimmel- und Hefepilze, Bakterien und Viren) sowie (unangenehmen) Gerüchen.

Insbesondere in Schlafräumen sollte ein **CO₂-Gehalt** von 0,07 %, also 700 ppm nicht dauerhaft überschritten werden. In ungelüfteten Schlafzimmern wurden durch das Institut für Baubiologie + Nachhaltigkeit CO₂-Gehalte von einigen Tausend ppm gemessen, was u.a. zu Schlafstörungen und Kopfschmerzen führen kann. Es ist zu empfehlen, zur Kontrolle/Messung des CO₂-Gehalts ein dafür geeignetes Messgerät (ab ca. 100 €) in den Schlafraum zu stellen oder zu hängen.

Auch sogenannte Luftionen und hierbei insbesondere **negativ geladener Sauerstoff** sind wichtige Bestandteile gesunder und natürlicher Frischluft. Durch Elektronenaustausch wird die Luft (und besonders Sauerstoff) während des Atemvorgangs neutralisiert, was für die Regulation des gesamten Organismus von Bedeutung ist (u. a. für Zellladung, Blutdruck, Stoffwechsel, Nervensystem, Wachstum). Während typische Luftionenwerte z.B. am Meer bei rund 2.000/cm³ liegen, werden in Innenräumen bei schlechter Belüftung häufig weniger als 200/cm³ gemessen. Das IBN empfiehlt Luftionenwerte von über 500/cm³. Sehr hohe Luftionenwerte in Innenräumen können allerdings ein Hinweis auf Radon, ein gesundheitsschädliches radioaktives Gas, sein.

Falls z.B. wegen Außenlärm keine ausreichende Fensterlüftung möglich ist (vgl. Abb. 05), sollten Lüftungsanlagen wie z.B. Einzelraumlüftungsgeräte eingesetzt werden; hierbei ist es wichtig, Geräte mit möglichst geringen Geräuschemissionen zu wählen.

Sowohl bei Fensterlüftung als auch bei Lüftungsanlagen ist sicherzustellen, dass die Schlafenden keinem störenden Luftzug (≥ 5 cm/Sekunde) ausgesetzt sind. Vor allem kalter Luftzug kann u.a. zu Kopfschmerzen, Erkältungen sowie zu Muskelverspannungen (beim Schlafen insbesondere im Hals- und Schulterbereich) führen.

Frischluftbedarf

Bei körperlicher Ruhe wird laut DIN 1946-6 eine Mindestluftwechselrate von 30 m^3 je Stunde und Person als notwendig erachtet, 50 m^3 je Stunde und Person werden empfohlen. Um die auch von der Baubiologie empfohlenen 50 m^3 je Stunde und Person zu erreichen, müsste beispielsweise die Luft in einem Schlafräum mit 16 m^2 und $2,5 \text{ m}$ Höhe (= 40 m^3), in dem zwei Personen schlafen, etwa alle 30 Minuten erneuert werden.

Um allerdings für die Beheizung bzw. Kühlung von Räumen nicht mehr Energie zu verbrauchen als erforderlich, gilt folgende Empfehlung: So viel lüften wie nötig, aber so wenig lüften wie möglich. In diesem Sinne sollte die Luftdichtheit eines Gebäudes sowie die Lüftung nicht dem Zufall überlassen werden, sondern durch geeignete Maßnahmen optimiert werden. Wir empfehlen, das Lüftungsverhalten anhand eines CO_2 -Messgerätes und eines Luftfeuchtemessgerätes zu optimieren. Lüftungs- oder Klimaanlage lassen sich heute auch mit integrierten Luftqualitätssensoren steuern.

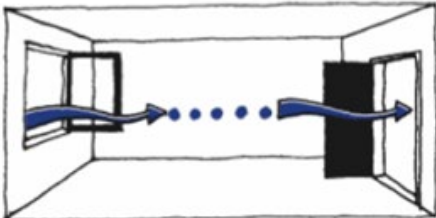
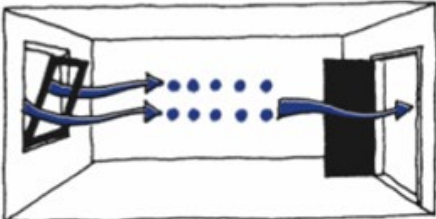
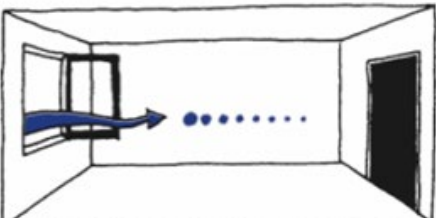
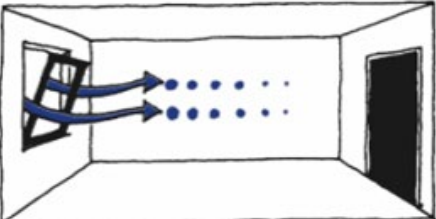
Fenster und gegenüberliegende(s) Fenster/Tür ganz offen (Querlüftung)		Winter Frühjahr/Herbst Sommer	2 - 4 min. 4 - 10 min. 12 - 20 min.
Fenster und gegenüberliegende(s) Fenster/Tür gekippt (Querlüftung)		Winter Frühjahr/Herbst Sommer	4 - 6 min. 8 - 15 min. 25 - 30 min.
Fenster ganz offen (Stoßlüftung), gegenüberliegende(s) Fenster/Tür geschlossen		Winter Frühjahr/Herbst Sommer	4 - 6 min. 8 - 15 min. 25 - 30 min.
Fenster gekippt Gegenüberliegende(s) Fenster/Tür geschlossen		Winter Frühjahr/Herbst Sommer	30 - 75 min. 1 - 3 h 3 - 6 h

Abb. 05: **Ungefähre Dauer eines kompletten Luftaustausches bei Windstille sowie normaler Raum- und Fenstergröße**

Quelle: Fernlehrgang Baubiologie IBN

4.4.2 Raumluft- und Oberflächentemperaturen

Im menschlichen Organismus herrscht eine konstante Kernkörper-Temperatur (innere Organe) von ca. 37 °C; einige Zehntel Grad darüber gelten bereits als Fieber. Die gesamte Schwankungsbreite über die einzelnen Körperteile bewegt sich zwischen 22 °C (Nase/Ohren) und 40 °C (Leber). Die Hauttemperatur liegt zwischen 30 und 35 °C, im Mittel bei 32 °C. Die Körperwärme wird laufend beim Ablauf des Energiestoffwechsels gebildet. Durch Steuerungsmechanismen wie Hautdurchblutung, Regulation der Hautporen, Schweißabsonderung, Atmung wird der Wärmehaushalt des Körpers ständig im Gleichgewicht gehalten. Der Organismus gibt dabei Wärme ab (Ruheumsatz ca. 100 W) oder nimmt in Abhängigkeit von den Klimaverhältnissen von außen Wärme auf. Der Wärmeaustausch ist abhängig von der Raumlufttemperatur, Oberflächentemperatur, Luftfeuchte, Luftbewegung, Wärmeleitfähigkeit des Kontaktmaterials sowie der Kleidung bzw. im Bett auch dem Bettzeug.

Schwitzen und frieren beeinträchtigt die Schlaftiefe erheblich. Umso wichtiger ist es, im Schlafzimmer und im Bett im Besonderen stets für angenehme Verhältnisse zu sorgen und auf folgende Punkte zu achten:

- Raumtemperatur im Schlafzimmer niedriger als in Wohnräumen, als ideal gelten 15 bis 20 Grad Celsius – niedrigere Lufttemperaturen regen zudem eine gesunde Tiefenatmung an
- Oberflächentemperaturen der Wände ähnlich wie Raumtemperatur.
- Um Zugluft insbesondere im Kopf- und Nackenbereich zu vermeiden, nicht unter Fenstern oder an kalten Außenwänden schlafen. Bei kalten Wänden empfiehlt sich ein Bett mit sog. Bettkopfteil, auch sollte in diesem Fall das Bett von kalten Wänden abgerückt werden (Raumluft kühlt an kalten Wänden ab und „fällt“ herunter).
- Aber auch stehende Luft vermeiden - sie führt zu Wärmestauung und Schweißbildung, mindert die Frischluftversorgung und begünstigt Wärme- und Feuchtenester im Raum.
- Jahreszeitlich unterschiedlich wärmende/s Schlafwäsche und Bettzeug verwenden.

Das Wärmeempfinden ist individuell sehr unterschiedlich und hängt u.a. vom Alter, Geschlecht und Gesundheitsstatus ab. Deshalb benötigt jeder Mensch unterschiedliche Schlafwäsche, Bettzeug und ggf. auch Raumtemperaturen.

4.4.3 Heizungsklima

Die Heizung gilt als wesentlicher Faktor für das Raumklima, zumal sie in Mitteleuropa bis zu 60 % des Jahres im Einsatz ist. Somit hat sie auch großen Einfluss auf Gesundheit und Wohlbefinden.

Unter dem Begriff Heizungsklima ist nicht nur die Raumlufttemperatur zu verstehen, sondern auch die Oberflächentemperaturen, die Art der Wärme, horizontale und vertikale Temperaturdifferenzen im Raum, Luftfeuchte, Staub- und Gasbildung, Luft-, Staub- und Virenzirkulation, Geruch sowie Ionisation der Luft.

Aus gesundheitlichen Gründen werden Heizungen mit hohem Strahlungsanteil empfohlen, allen voran sog. Wandheizungen oder „echte“ Grund- und Kachelöfen.

Es sei daran erinnert, dass es in Schlafräumen kühler als in anderen Wohnräumen sein sollte (vgl. Kap. 4.4.2) und sich deshalb hier eine Nachtabenkung der Heizung bzw. Raumtemperatur empfiehlt. Dennoch sollte auch in Schlafräumen auf folgende Anforderungen an eine gesundheitlich optimale Heizung geachtet werden:

- Hoher Anteil an Strahlungswärme bei möglichst kühler Raumluft (ca. 15 bis 20 °C)
- Leichte Regulierbarkeit der Raumtemperatur
- Möglichst geringe Unterschiede zwischen Luft- und Oberflächentemperaturen der Hüllflächen, also der Wände, Böden und Decken (≤ 2 °C Differenz)
- Keine Bildung gesundheitsschädlicher Gase wie z.B. Kohlenmonoxid oder Kohlendioxid (deshalb z.B. Holzheizungen möglichst mit außenluftgeführter Zuluftsteuerung)
- Keine Geruchsbelästigung
- Geringe Luftzirkulation und damit auch geringe Zirkulation von Staub und Viren. Deshalb z.B.
 - keine Heizkörper mit hohen Oberflächentemperaturen
 - keine Fußbodenheizungen über ca. 26 °C Fußbodentemperatur
 - keine Konvektionsheizung
- Keinen Elektrosmog verursachend (deshalb auch besondere Vorsicht bei allen stromgeführten Heizungen und/oder funkbasierten Steuerungen)
- Einfache Reinigungsmöglichkeit, um Staub- und Schmutzablagerungen zu vermeiden
- Keine Geräuschbelästigung.

4.4.4 Raumluffteuchte

Noch immer wird eine niedrige Raumluffteuchte als Ursache für Gesundheitsbeschwerden wie Erkältungskrankheiten, trockener Hals, trockene Augen und Haut sowie Ermüdung, Kopfschmerzen und Leistungsabfall beschrieben. Aufgrund umfangreicher Literaturstudien („Trockene Luft und ihre Auswirkungen auf die Gesundheit“, Dr. rer. nat. Nadja von Hahn, Berufsgenossenschaftliches Institut für Arbeitsschutz BGIA) weiß man jedoch, dass eine niedrige Raumluffteuchte häufig auch Ursache bzw. Mitursache für mehr Staub in der Raum- und damit Atemluft ist. Staub ist bei niedrigem Feuchtegehalt leichter und kann sich deshalb besser in der Luft halten bzw. wird leichter aufgewirbelt. Erschwerend kommt hinzu, dass im Staub häufig gesundheitsschädliche Schadstoffe, Schimmel- oder Hefepilze, Viren und Bakterien sowie Allergene enthalten sind. Staub kann nicht nur die Atemwege und die Augen belasten, sondern auch die Haut, indem er der Haut Feuchtigkeit entzieht und/oder enthaltene Schadstoffe z.B. allergische Reaktionen auslösen. Dieses Wissen ist wichtig, da es häufig schon zur Besserung der Gesundheitsbeschwerden kommt, sobald die Staubbelastung im Raum gesenkt wird, z.B. durch häufiges feuchtes Wischen, Lüften und Saugen mit guten Staubsaugern, die im Abluftstrom einen Feinstaubfilter (HEPA-Filter) enthalten. Gegebenenfalls kann auch ein sog. HEPA-Luftreiniger für Besserung sorgen.

Häufig ist die Ursache der beschriebenen Gesundheitsbeschwerden auch eine zu hohe Lufttemperatur (vgl. Kap. 4.4.2).

Zu **hohe Raumluffteuchte** wiederum erschwert das Atmen, führt zu Wärme- stauung im Körper und zu Erschöpfung und gestörtem Schlaf. Zudem steigt der Gehalt an Krankheitskeimen sowie die Geruchsbelästigung und das Risiko von Schimmel- und/oder Hefepilzen im Raum.

Aus medizinischer Sicht werden bei üblichen Raumlufftemperaturen häufig Werte um **45 - 50 % relative Luftfeuchte** als optimale Luftfeuchte beschrieben; 30 % relative Luftfeuchte sollen nicht unterschritten, 60 % relative Luftfeuchte nicht überschritten werden (vgl. SBM 2024, Richtwerte). Eine Unter- bzw. Überschreitung dieser Werte für einige Tage ist für weitgehend gesunde Menschen i.d.R. kein Problem. Werden diese Werte aber für einen längeren Zeitraum unter- bzw. überschritten, sollten folgende Maßnahmen ergriffen werden:

- Bei länger anhaltender relativer Luftfeuchte von weniger als 30 %:
 - Raum staubarm halten (s. oben)
 - ggf. Raumlufttemperatur verringern (dadurch steigt die relative Luftfeuchte)
 - Lüftung v.a. bei kalten Außentemperaturen auf das nötige Minimum reduzieren (vgl. Kap. 4.4.1)
 - Falls diese Maßnahmen nicht ausreichen, Luftfeuchte erhöhen durch das Aufhängen feuchter Tücher, Zimmerbrunnen oder (leise!) Luftbefeuchter (Vorsicht: In Zimmerbrunnen und Luftbefeuchtern können sich krankmachende Keime entwickeln. Deshalb unbedingt penibel Hygiene- bzw. Wartungshinweise der Hersteller beachten!).

- Bei länger anhaltender relativer Luftfeuchte von mehr als 60 %:
 - Reduzierung der Luftfeuchte durch Lüften bzw. Inbetriebnahme einer (im Idealfall feuchtegesteuerten) Lüftungsanlage
 - Vermeidung von Feuchtequellen wie große Pflanzen oder Aquarien
 - Türen zu wärmeren anderen Zimmern geschlossen halten
 - Sollten diese Maßnahmen nicht ausreichen, (leises!) Luftentfeuchtungsgerät aufstellen (Vorsicht: In diesen Geräten können sich krankmachende Keime entwickeln. Deshalb unbedingt penibel Hygiene- bzw. Wartungshinweise der Hersteller beachten!).

- Einen großen Einfluss auf die Raumluftfeuchte haben auch die im Raum befindlichen Materialien. Hier sollten möglichst viele Materialien verwendet werden, die zügig viel Feuchtigkeit auf- und wieder abgeben können (vgl. Kap. 4.4.5).

4.4.5 Baustoffe und Inneneinrichtung

Die in Schlafräumen enthaltenen Materialien für Wände, Böden, Decken, Möbel, aber auch Bettzeug sollten v.a. folgende Kriterien erfüllen:

- Natürlich und schadstofffrei
- Neutral oder wohlriechend
- Feuchtigkeitsausgleichend
- Keine bzw. geringe statische Aufladung
- Naturnahe eher helle Farben.

In diesem Sinne wäre ein Schlafraum wie beispielsweise dieser aus baubiologischer Sicht negativ zu bewerten:

- Wände und Decke aus Gipsplatten mit Oberflächen aus kunstharzhaltiger, also schlecht feuchtigkeitsausgleichend Dispersionsfarbe
- Fußboden mit geklebtem Teppichboden aus Kunstfasern
- Möbel aus kunststoffbeschichteten Spanplatten
- Bett aus Metall und/oder metallhaltige Matratze
- Elektrisch verstellbarer Lattenrost
- Beheizbares Wasserbett
- Bettzeug aus Synthetikfasern.

Dagegen wäre ein Schlafraum wie beispielsweise dieser aus baubiologischer Sicht positiv zu bewerten:

- Wände und Decke mit feuchteausgleichendem Lehm- oder Kalkputz mit Oberflächen aus Lehm-, Kalk oder Silikatfarbe
- Fußboden aus Holz ohne Oberflächenbehandlung oder mit lösemittelfreien Naturharzprodukten geölt
- Möbel aus Vollholz ggf. in Kombination mit anderen natürlichen Materialien wie Rattan oder Baumwolle
- Matratze z.B. aus Kapok, Hanf, Schafwolle, Rosshaar, Kokos und/oder schadstofffreiem Naturlatex
- Bettzeug z.B. aus Schafwolle, Kamelhaar, Baumwolle.

4.5. Felder, Wellen, Strahlung

Der Bereich der Felder, Wellen und Strahlung umfasst einerseits den natürlichen Strahlungshintergrund, an welchen sich die Lebewesen auf der Erde im Laufe der Evolution angepasst haben, und andererseits die künstlichen, anthropogenen, technischen Strahlungseinflüsse, von denen wir heutzutage nicht nur im Außenbereich, sondern auch in Innenräumen meist Tag und Nacht umgeben sind. In Lebewesen finden permanent feinste elektrische Vorgänge statt, die für unzählige Funktionen des Organismus essentiell sind, indem sie biologische Prozesse wie z.B. die Gehirn- und Herzaktivität, die Atmung, die Verdauung und vieles mehr ermöglichen und steuern.

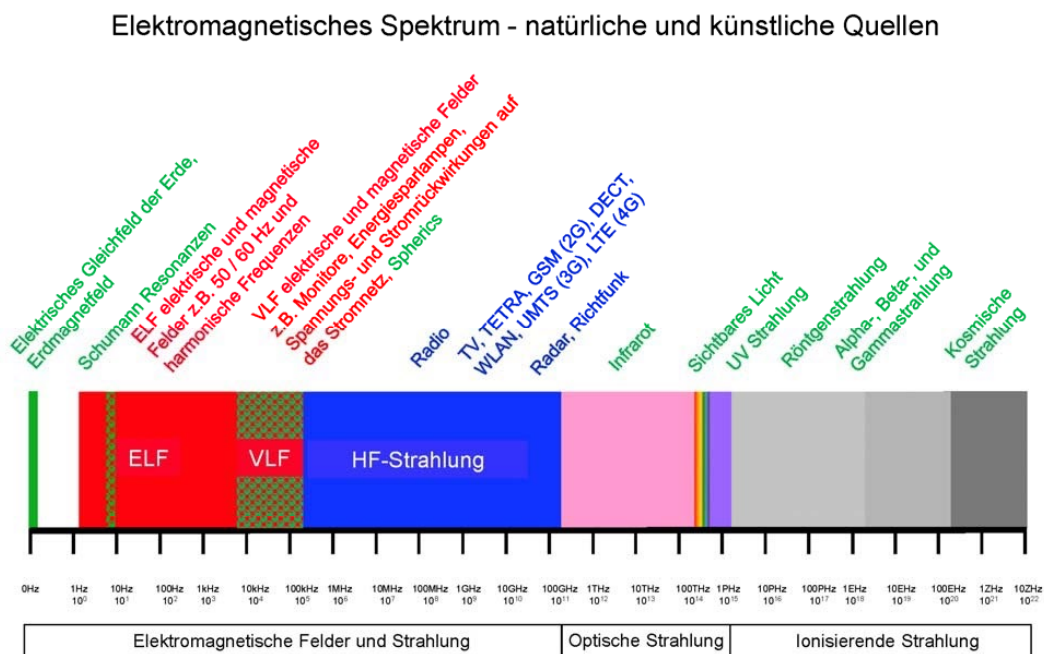


Abb. 06: **Beispiele für natürliche (grün) und künstliche (rot und blau) EMF-Quellen über das gesamte elektromagnetische Spektrum.**

Quelle: Oberfeld G. Die Veränderung des EMF-Spektrums und ihre Folgen.

In: Baubiologische EMF-Messtechnik. München, Heidelberg

Hüthig and Pflaum Verlag, 2012. ISBN 1438-8707

Die hier behandelten künstlichen, menschengemachten Felder gehören zur sogenannten nicht-ionisierenden Strahlung und schließen folgende Felder bzw. Wellen ein:

- niederfrequente elektrische und magnetische Wechselfelder
- statische elektrische und magnetische Gleichfelder
- hochfrequente elektromagnetische Funkwellen

Dieser Themenbereich wird zur Vereinfachung oft als EMF und umgangssprachlich auch als „Elektrosmog“ bezeichnet.

Im modernen Wohnumfeld sind wir Menschen von den zu unserer Gesundheit oft positiv beitragenden Strahlungseinflüssen zu großen Teilen abgeschirmt. Anders sieht es mit den von Menschen erzeugten künstlichen Feld- und Strahlungseinflüssen aus: Hier ist in den vergangenen Jahrzehnten beispielsweise durch die größere Anzahl elektrisch betriebener Haushaltsgeräte, mannigfaltiger Nutzung verschiedener Formen drahtloser Kommunikation, häufiger Verwendung von Synthetikmaterialien sowie durch Stromerzeugung aus erneuerbaren Energiequellen und dessen Verteilung eine teils exponentielle Zunahme zu beobachten.

Parallel zu dieser Entwicklung kam es, wie oben bereits beschrieben, in den letzten Jahren auch zu einem kräftigen Anstieg im Bereich der Schlafstörungen in der Bevölkerung. Ist das nur Korrelation oder auch Kausalität? Erfahrungen, gerade auch hinsichtlich teils frappierender spontaner Verbesserungen der Ein- und Durchschlafqualität nach baubiologischen Sanierungen bei vielen Kunden aller Altersstufen, deuten jedenfalls auf einen bestehenden Zusammenhang zwischen der Intensität der EMF-Immissionen am Schlafplatz und der Schlafqualität hin.

In Innenräumen – auch an Schlafplätzen – treten die genannten Feld- und Strahlungsarten oft in (bau-)biologisch relevanten Größenordnungen auf (Größenordnungen siehe Standard der baubiologischen Messtechnik SBM-2024, Richtwerte für Schlafbereiche), wobei deren Ausprägung je nach Umfeld individuell verschieden sein kann. Meist sind die Immissionen bei sachverständiger Planung oder nach einer – stets erst auf eine baubiologische Messung folgende – Umsetzung empfehlenswerter Maßnahmen jedoch ohne Komforteinbußen vermeidbar. Die Zielsetzung aus baubiologisch-umweltmedizinischer Sicht ist somit immer eine Reduktion der genannten Einflüsse im individuell machbaren Rahmen. Bereits bestehende Symptome, wie z.B. Schlafstörungen, bessern sich auf diese Weise häufig deutlich oder verschwinden sogar komplett. Im Krankheitsfall kann eine solche Sanierung wichtige therapiebegleitende Unterstützung leisten. Schlafräume sollten generell (und in besonderem Maße bei kranken oder empfindlichen Menschen) möglichst frei von unnatürlichen technischen Einflüssen sein, um dem Organismus in der nächtlichen Erholungsphase eine größtmögliche Entlastung zu bieten. Jede Reduzierung ist anzustreben.

Ohne vorherige Messungen kann man für eine angestrebte Immissionsreduktion meist lediglich einige generelle Empfehlungen aussprechen, die in aller Regel eine erste Verbesserung bringen dürften. Für die Erreichung bestmöglicher Ergebnisse sind fachkundige baubiologische Messungen und ein darauf aufbauendes Sanierungskonzept bzw. ein individuell angepasster Empfehlungskatalog hingegen unabdingbar.

In den folgenden Abschnitten soll eine Übersicht über die Entstehung, die Eigenheiten und das Auftreten der verschiedenen Feld- und Strahlungsarten gegeben sowie Möglichkeiten zur Reduktion bzw. Vermeidung derselben genannt werden.

4.5.1 Elektrische Wechselfelder

Elektrische Felder entstehen durch elektrisch geladene Teilchen (Elektronen) bzw. Stellen mit unterschiedlichen Ladungen (Potentialen). Zwischen zwei elektrisch unterschiedlich geladenen – d.h. unterschiedliche sogenannte Potentiale aufweisenden – Polen besteht eine Spannung. Wechselt diese Spannung nun aus technischen Gründen in regelmäßiger Abfolge ihre Polarität, so spricht man von Wechselspannung, die wiederum elektrische Wechselfelder verursacht. Die Häufigkeit der Polaritätswechsel, also deren Frequenz, wird in der Maßeinheit Hertz (Hz) gemessen: 1 Hz bedeutet 1-mal pro Sekunde, 50 Hz entsprechend 50-mal pro Sekunde. Letzteres ist, zumindest in Europa, auch die Grundfrequenz der Wechselspannung, die in unseren Haushaltsstromnetzen anliegt, und damit auch die im Vordergrund stehende Frequenz der dort messbaren elektrischen Wechselfelder. Im Gegensatz dazu nutzt man für elektrische Bahnlinien in Deutschland eine Wechselspannung mit einer Frequenz von 16,7 Hz, was auch die in deren Umfeld auftretenden elektrischen Wechselfelder in derselben Frequenz schwingen lässt. Manche elektrischen Bauteile wie Schaltnetzteile, Dimmer, Wechselrichter, LED-Treiber und andere produzieren auch deutlich höhere Frequenzen, die bis in den Kilohertz (kHz)- bzw. Megahertz (MHz)-Bereich hineinreichen können, hier handelt es sich also um Tausende bis Millionen Schwingungen pro Sekunde.

Elektrische Wechselfelder entstehen innerhalb von Gebäuden an unter Wechselspannung stehenden Stromleitungen, Steckdosen, Stromverteilerkästen und elektrischen Geräten, durch Ankopplungseffekte werden sie aber auch von Wänden und Geschossdecken emittiert, also von dort aus in den Raum abgegeben. Im Freien sind typische Feldverursacher zum Beispiel Frei- und Hochspannungsleitungen oder die Oberleitungen elektrifizierter Bahnlinien.

Die Felder sind dabei nicht nur direkt an ihrer Quelle messbar, sondern reichen oft weit in die Räume hinein, so dass es häufig, gerade in kleineren Räumen, keinen Bereich mehr gibt, der aus baubiologischer Sicht als feldarm bezeichnet werden könnte.

Da sich die Höhe der Wechselspannung sinuskurvenförmig ändert, erreicht das resultierende elektrische Wechselfeld entsprechend der zugrunde liegenden Frequenz von 50 Hz 100-mal pro Sekunde seine maximale Ausdehnung, denn eine Sinuskurve hat zwei Scheitelpunkte. Man könnte sich das elektrische Wechselfeld also auch wie eine unsichtbare, elektrische Ziehharmonika vorstellen, welche sich 100-mal pro Sekunde in unsere Wohn- und Schlafräume hinein ausdehnt und wieder zusammenzieht, also in kaum vorstellbarer Geschwindigkeit und beträchtlichem Umfang in unsere Räume „hineinschwingt“ und uns dabei beeinflusst.

Unser Körper zieht die elektrischen Felder seiner Umgebung an (wir bestehen immerhin zu rund 70 Prozent aus Wasser und anderen leitfähigen Substanzen) und verändert die Felder dadurch – er nimmt dieselben wie eine Antenne auf und steht folglich selbst unter Spannung. Umso mehr gilt das, wenn er im Bett

von der Erde isoliert ist. Bei baubiologischen Untersuchungen wird daher in der Regel nicht nur die Feldstärke der elektrischen Wechselfelder an Schlaf- und anderen Daueraufenthaltsplätzen gemessen, sondern auch die daraus resultierende Körperspannung des im Bett liegenden Menschen. Die elektrische Feldstärke wird in der Maßeinheit Volt pro Meter (V/m) gemessen, die Körperspannung in Millivolt (mV).

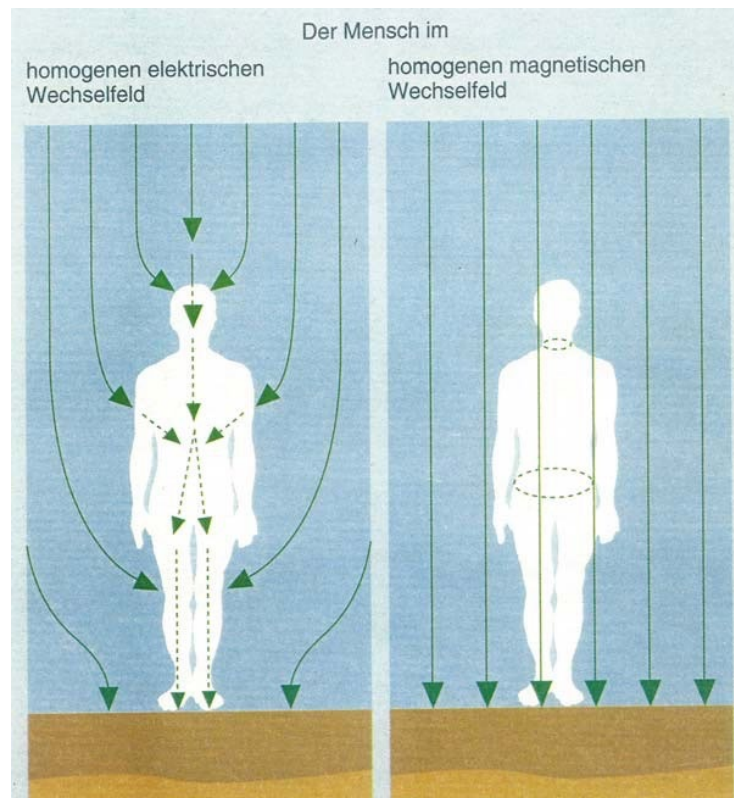


Abb. 07: **Der Mensch im homogenen elektrischen und magnetischen Wechselfeld.**

Quelle: Baubiologie Maes

Die Intensität der Felder, die sogenannte Feldstärke, ist dabei abhängig von

- der Höhe der Spannung
- dem Abstand zu Feldverursachern
- der technischen Qualität der Elektroinstallation und Geräte
- der Existenz bzw. der Qualität der Hauserdung
- der sich im Umfeld der jeweiligen Feldquellen befindlichen leitfähigen Gegenstände
- der Leitfähigkeit der vorhandenen Bausubstanz sowie der Luft
- der Anordnung von Stromleitungen und Geräten zueinander
- möglichen Kompensationseffekten durch Phasenverschiebung
- einer möglichen Abschirmung an Kabeln und Geräten.

Die Liste ließe sich weiter fortsetzen, das Themengebiet ist durchaus komplex.

Elektrische Geräte im Haushalt emittieren bereits elektrische Wechselfelder, sobald sie nur in der Steckdose stecken und unter Spannung stehen, auch ohne eingeschaltet bzw. in Betrieb zu sein, also auch völlig ohne Stromverbrauch. Dasselbe gilt für die gesamte Elektroinstallation eines Hauses, welche permanent unter Spannung steht.

Sobald Strom fließt, zum Beispiel durch Einschalten eines elektrischen Verbrauchers, entstehen dadurch zusätzlich auch magnetische Wechselfelder, doch dazu im nächsten Kapitel mehr.

Der Zusammenhang zwischen Spannung und Strom ist vielen nicht geläufig, lässt sich aber am Beispiel unserer Wasserversorgung gut veranschaulichen: Die Spannung in elektrischen Leitungen und Geräten entspricht quasi dem Druck auf einer Wasserleitung, welcher permanent vorhanden ist, auch wenn kein Wasser fließt bzw. verbraucht wird. Der Stromfluss bzw. Stromverbrauch entspricht demnach dem Durchfluss in einer Wasserleitung, der entsteht, sobald man zum Beispiel das Ventil eines Wasserhahns öffnet.

Elektrische Wechselfelder verursachen, soweit man bisher weiß, in unseren Körpern Zell- und Nervenreize, Ladungsumkehrungen, Stromflüsse und künstliche Wirbelströme, eine Beeinflussung der Produktion des Schlafhormons Melatonin und der Zellkommunikation sowie oxidativen Stress.

Französische Wissenschaftler unter wissenschaftlicher Leitung von Dr. Anthony Miller (emeritierter Professor der "Dalla Lana School of Public Health", der Universität von Toronto) fanden bei Mitarbeitern von Stromversorgungsunternehmen an ihren Arbeitsplätzen einen unerwarteten Zusammenhang von elektrischen Wechselfeldern mit Leukämie, Haut- und Lymphdrüsenkrebs. Unter Einfluss starker elektrischer Felder stieg das Leukämierisiko um über 300 % (Quelle: Miller, AB, To T, Agnew DA, Wall C, Green LM, (1996): Leukemia following occupational exposure to 60-Hz electric and magnetic fields among Ontario electric utility workers, American Journal of Epidemiology, 144 (2), 150 –160).

Auch vergleichsweise schwache elektrische Felder von 10-20 V/m, wie sie sehr häufig in Schlafbereichen zu finden sind, können nicht nur das Leukämie- und Krebsrisiko erhöhen, sondern auch für Depressionen, Vitalitätsverlust, Kopfschmerzen und den plötzlichen Kindstod mitverantwortlich sein, so eine Studie des britischen Wissenschaftlers Dr. Roger Coghill, einem unabhängigen Wissenschaftler und Mitglied eines staatlichen Komitees für Mobilstrahlung in England (Quelle: Coghill RW, Steward J, Philips A, (1996): Extra low frequency electric and magnetic fields in the bed place of children diagnosed with leukaemia: A case-control study, European Journal of Cancer Prevention, 5(3), 153–158).

Aus baubiologischer Sicht starke Auffälligkeiten im Bereich der elektrischen Wechselfelder sind an Schlafplätzen eher die Regel als die Ausnahme. Eine deutliche Reduktion oder gar Eliminierung der Felder ist jedoch nach Umsetzung entsprechender Empfehlungen immer erreichbar, oft mit vergleichsweise geringem Aufwand.

Erfahrungsgemäß reagieren viele Menschen durchaus positiv auf eine Reduktion der Intensitäten elektrischer Wechselfelder am Schlafplatz, es kommt häufig zu verblüffenden und nachhaltigen Verbesserungen der Ein- und Durchschlafqualität, vor allem wenn man nach Sanierungen baubiologisch unauffällige Messwerte erreicht.

Aufgrund der Komplexität der Materie und der individuell unterschiedlichen Situationen an Schlafplätzen können manche Maßnahmen, die in einem Raum zu einer Verbesserung der Messwerte geführt haben, jedoch in einem weiteren Raum wirkungslos sein oder in einigen Fällen sogar zur Verschlechterung der Feldsituation führen.

Für die Erreichung bestmöglicher Ergebnisse (und zur Vermeidung von unbeabsichtigten Verschlechterungen) ist daher eine fachkundige Begleitung, Messung und Beratung dringend zu empfehlen.

Für erste Verbesserungen sind folgende allgemeine Empfehlungen sinnvoll:

- Sicherstellung einer soliden technischen Qualität der Elektroinstallation
- Schaffung netzfreier Bereiche im Raum, deshalb z.B. Räume oder Raumteile von einer zentralen Stelle aus schaltbar machen
- So wenig netzbetriebene Elektrogeräte und Stromkabel im Schlafräum platzieren wie möglich
- Darauf achten, dass das Bett nicht direkt an Wänden steht, in denen Stromkabel verlaufen bzw. hinter denen sich Elektrogeräte befinden (z.B. Kühlschrank/Küchenzeile)
- Ein Meter Mindestabstand zu allen verdächtigen Leitungen und Geräten einhalten
- Alle Stecker ziehen, das Ausschalten der Geräte allein reicht oft nicht. Oder zweipolig schaltbare Steckdosenleisten, zweipolig schaltbare Zwischenstecker, schaltbare Steckdosen oder Funksteckdosen verwenden
- Bei Funksteckdosen darauf achten, dass sie so eingesteckt sind, dass sie die Phase schalten. Auch sollten nur Funksteckdosen-Modelle mit klassischer Handfernbedienung im 433 MHz- oder 868 MHz-Frequenzbereich genutzt werden. Möglichst keine WLAN- oder DECT-Funksteckdosen verwenden, die per App gesteuert werden, diese sind meist Verursacher permanenter Funkstrahlung (dazu später mehr)
- Prüfung der richtigen Steckerposition aller Zuleitungen zu Geräten und Leuchten in der Steckdose mit einem aktiven Phasenprüfstift (Phase wird geschaltet, gilt nur für Leitungen mit Schnurschalter)
- Beim Kauf immer auf dreidradige geerdete Zuleitungen mit Schukosteckern achten. Auf ungeerdete Kabel und Geräte z.B. mit Euroflachsteckern möglichst verzichten

- Heizdecken, -kissen, Abschirmmatten, elektrisch verstellbare Betten, nicht abgeschirmte Wasserbetten etc. möglichst meiden oder diese vor dem Zubettgehen immer vom Netz trennen (Stecker ziehen oder zweipolige Zwischenstecker nutzen)
- Idealerweise überall möglichst nur abgeschirmte Leitungen verlegen, geschirmte Steckdosenleisten und Leuchten verwenden.

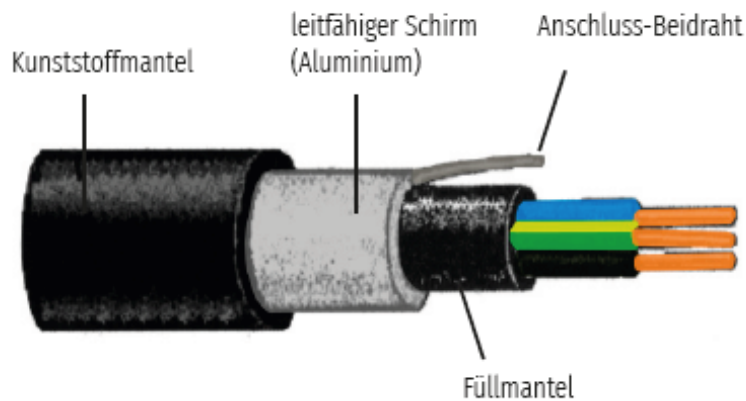


Abb. 08: **Abgeschirmtes Kabel Typ (N)YM(St)-J in Anlehnung an DIN VDE**
 Quelle: Baubiologie Maes

Für das Erreichen einer optimalen Feldsituation am Schlafplatz können – je nach Messergebnissen durch baubiologische Fachleute - weitere Maßnahmen sinnvoll sein. Beispiele dafür sind:

- eine nächtliche Spannungsfreischaltung des Schlafzimmerstromkreises (und gegebenenfalls weiterer Stromkreise, die ausschließlich mit Hilfe von Abschaltversuchen ermittelt werden können). Die Freischaltung kann entweder durch manuelles Schalten der entsprechenden Sicherungen oder komfortabel mittels Einbaus von automatischen oder fernbedienbaren Netzfreeschaltern erfolgen
- falls möglich und zulässig: Erdung von Geräten und Metallgegenständen sowie der leitfähigen Bauteile (Metalle, Metallfolien) des Hauses
- die Realisierung von Abschirmmaßnahmen, zum Beispiel elektrischen Raumabschirmungen oder Verwendung von erdbaren Abschirmbaldachinen

Achtung: Raumabschirmungen müssen vorschriftsgemäß geerdet werden. Ob die hierfür notwendigen Voraussetzungen im individuellen Fall gegeben sind, muss in jedem Fall vorab von einem Elektrofachunternehmen geprüft werden! Abschirmmaßnahmen sollten niemals ohne vorherige Messung bzw. ohne fachkundige Begleitung erfolgen!



Abb. 09: ***Raumabschirmung mittels Abschirmfarbe***
Foto: Christian Blank

4.5.2 Magnetische Wechselfelder

Magnetische Wechselfelder entstehen, wie oben bereits angedeutet, durch sogenannten Wechselstrom. Dieser kann in Stromleitungen fließen, aber auch in anderen leitfähigen Gebilden wie zum Beispiel in

- Heizungs-, Gas- und Wasserrohren
- Fernwärmeleitungen
- Telefon- und Netzwirkabeln
- Geräten, Transformatoren, (Elektro-)Motoren, Maschinen, Spulen etc.

Diese Felder entstehen also immer dann, wenn Verbraucher eingeschaltet sind oder Strom „transportiert“ wird. Im Freien (außerhalb von Gebäuden) sind typische Feldverursacher zum Beispiel Frei- und Hochspannungsleitungen sowie Oberleitungen elektrifizierter Bahnlinien (auch S-Bahn-Linien) sowie Erdleitungen.



Abb. 10: **110 kV, 220 kV und 380 kV-Hochspannungsleitungen**

Foto: Christian Blank

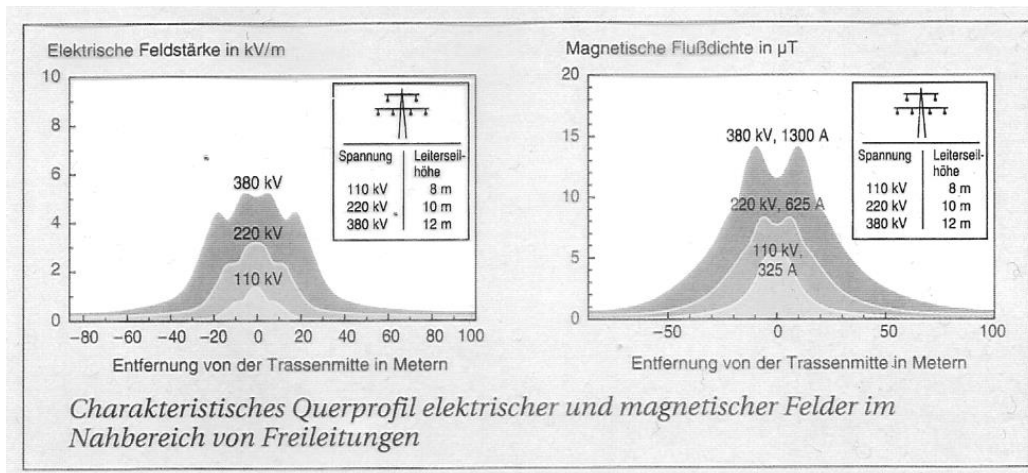


Abb. 11: **Charakteristisches Querprofil elektrischer und magnetischer Felder im Nahbereich von Hochspannungsleitungen**

Quelle: Baubiologie Maes

Wie bei der Wechselspannung ändert sich auch beim Wechselstrom aus technischen Gründen die Polarität in einer bestimmten Häufigkeit bzw. mit einer bestimmten Frequenz, diese wird hier ebenfalls in Hertz (Hz) gemessen. Beim Haushaltsstrom sind es erneut primär 50 Hz, beim Bahnstrom 16,7 Hz, durch manche elektrischen Bauteile entstehen in unseren Netzen, wie schon bei der Wechselspannung beschrieben, zudem zahlreiche weitere Frequenzen bis in den kHz- und MHz- Bereich hinein.

Die magnetische Feldstärke wird in Ampere pro Meter (A/m) gemessen, die in der Baubiologie gebräuchliche Messgröße zur Bestimmung der Expositionsintensität ist hingegen die magnetische Flussdichte, deren Maßeinheit ist Tesla (T) bzw. deren Millionstel (Mikrotesla, μT) oder Milliardstel (Nanotesla, nT).

Die magnetische Flussdichte ist abhängig von

- der Höhe der Stromstärke
- dem Abstand zum Feldverursacher
- der Anordnung der stromführenden Hin- und Rückleiter zueinander (Kompensationseffekte) sowie
- der Art und dem Aufbau der Elektroinstallation, Kabel und Geräte

Auch Ausgleichs- und Fehlströme (vagabundierende Ströme) auf Rohren, Schutzleitern und anderen leitfähigen Gebilden können Ursache für auffällige magnetische Wechselfelder sein: Im Umfeld von elektrifizierten Bahnlinien kann dieses Phänomen teils noch in hunderten Metern Entfernung von denselben auftreten, selbst in den oberen Stockwerken von Gebäuden.

Der Stromverbrauch und dessen Erzeugung mit Hilfe von erneuerbaren Energiequellen ist im Gegensatz zur Spannung nicht konstant, und so schwanken die Messwerte bei den magnetischen Wechselfeldern im Gegensatz

zu den elektrischen Wechselfeldern im Zeitverlauf mehr oder weniger stark. Zur Expositionsbewertung müssen aus diesem Grund immer Langzeitmessungen über einige Stunden bis hin zu mehreren Tagen (und Nächten) durchgeführt werden, um aussagekräftige Ergebnisse zu erhalten.

Im Gegensatz zur Situation bei den elektrischen Wechselfeldern beeinflussen die allermeisten Materialien wie auch Menschen Magnetfelder nicht; die Felder werden von unserem Körper nicht angezogen oder verändert, sondern durchdringen uns praktisch ungehindert (siehe Abb. 07). Auch leitfähige Materialien wie Aluminiumfolie, Vliese, Farben etc. sind ohne Einfluss, egal ob mit Erdung oder ohne.

Magnetische Wechselfelder induzieren im Körper unnatürliche Spannungen und Wirbelströme. Zahlreiche Studien zeigen biologische Effekte wie eine Beeinflussung der Melatoninproduktion, die Bildung freier Radikale und oxidativen Stress, auch eine Reduzierung der Killerzell-Aktivität wurde beobachtet (Quelle: Gobba F, Bargellini A, Bravo G, Scaringi M, Cauteruccio L, Borella P. Natural killer cell activity decreases in workers occupationally exposed to extremely low frequency magnetic fields exceeding 1 microT. *Int J Immunopathol Pharmacol.* 2009 Oct-Dec;22(4):1059-66).

Die internationale Krebsforschungsagentur IARC der Weltgesundheitsorganisation WHO stuft, mit einem Fokus auf Leukämie bei Kindern, magnetische Wechselfelder seit 2002 zudem in die Karzinogenitätsklasse 2B „möglicherweise krebserregend für den Menschen“ ein, wie auch die Schimmelpilzgifte Aflatoxin und Ochratoxin, die Pestizide Lindan und DDT, das humane Papillomavirus (HPV), Blei, Benzin, Diesel, Bitumen und Autoabgase.

Aus baubiologischer Sicht starke Auffälligkeiten im Bereich der magnetischen Wechselfelder sind an Schlafplätzen eher die Ausnahme. Eine deutliche Reduktion der Immissionen ist nach Umsetzung entsprechender Empfehlungen oft möglich, in manchen Fällen, so zum Beispiel im Falle von auftretenden Fehlströmen, jedoch nur mit recht hohem zeitlichem Aufwand und mit Unterstützung von Elektroinstallateuren. Bei von außen eintretenden Feldern ist eine Reduktion hingegen manchmal auch nicht bzw. nur in Zusammenarbeit mit dem Energieversorger möglich.

Allgemeine Empfehlungen zur Reduzierung von magnetischen Feldern:

- Stromverbrauchende Elektrogeräte aus dem Schlafbereich entfernen. Stecker ziehen. Stromfreie Bereiche schaffen.
- 1 bis 2 m Abstand zu stromführenden Leitungen und Geräten einhalten wie z.B. Sicherungskästen, Heizungen, Fernseher, HiFi-Anlagen, Motoren, Pumpen, Büro- und Küchengeräte.
- Auf trafobetriebene Geräte (z.B. Radiowecker) verzichten, 1 m Abstand einhalten oder auf batterie- bzw. solarbetriebene Geräte ausweichen. 1 m Abstand zu Steckernetzteilen und Ladegeräten einhalten.

- Auf Leuchtstoffröhren, Niedervoltbeleuchtungen und Dimmer sowie alle Dauerstromverbraucher verzichten oder diese primär ausschalten, so dass der Trafo spannungsfrei ist (zum Beispiel per Funkschalter, zweipoligem Zwischenstecker, zweipolige Steckdosenleiste...).
- Auf permanent und großflächig genutzte elektrische Fußbodenheizungen, elektrische Heizdecken, elektrisch verstellbare Betten sowie beheizte Wasserbetten verzichten oder diese vor dem Schlafengehen spannungsfrei schalten (zum Beispiel per Funkschalter, zweipoligen Zwischenstecker, zweipolige Steckdosenleiste...).
- Auf technisch und handwerklich einwandfreie sowie sauber geerdete elektrische und sanitäre Installationen achten. Für guten Potentialausgleich ohne Ausgleichströme sorgen.
- Bei Photovoltaikanlagen 2-3 m Abstand zwischen Bett bzw. Daueraufenthaltsplätzen und Wechselrichter einhalten.
- Zu Induktionsherden möglichst 1 m Abstand einhalten, möglichst kurze Expositionszeit.
- Zu induktiven Handyladeschalen rund 1 m Abstand einhalten.

Im Gegensatz zu elektrischen Wechselfeldern lassen sich magnetische Wechselfelder nicht ohne weiteres abschirmen. Abschirmmaßnahmen gegen magnetische Wechselfelder sind zwar in manchen Fällen sinnvoll und effektiv (die Abschirmeffekte sind hier jedoch wesentlich geringer als bei den elektrischen Feldern und liegen meist nur um 60-80%), bei der Schirmung ganzer Schlafbereiche oder Räume ist jedoch zu beachten, dass durch die dafür infrage kommenden Abschirmmaterialien meist auch das Erdmagnetfeld beeinflusst, d.h. abgeschirmt oder unnatürlich verzerrt wird, die Materialien selbst magnetische Gleichfelder verursachen und dass magnetische Raumabschirmungen (im Gegensatz zu elektrischen Raumabschirmungen, siehe oben) auch die gewünschten natürlichen magnetischen Felder der Schumann-Resonanz abschirmen, was in einer Studie zu einer Veränderung des circadianen Rhythmus geführt hat (Quelle: Wever R. The effects of electric fields on circadian rhythmicity in men. *Life Sci Space Res.* 1970;8:177-87).

Unter fachkundiger Beratung und Begleitung können in entsprechenden Situationen gegebenenfalls auch Magnetfelder verursachende Fehlströme auf Rohrleitungen, Schutzleitern etc. unterbrochen werden, z.B. durch Entfernung von Mehrfacherdungen oder Einbau von Isolationsstücken. Auch Fehlstromkompensationsanlagen für Rohrleitungen und Magnetfeld-Kompensationsysteme für ganze Räume sind erhältlich, erfordern jedoch Spezialwissen für Planung und Ausführung und werden auch aufgrund ihrer verhältnismäßig hohen Kosten im Privatbereich in der Regel selten angewandt. Für die Vermeidung von Fehlströmen sinnvoll ist auch die Modernisierung alter TN-C-Hausnetze hin zu modernen TN-S oder TN-C-S-Netzsystemen.

Im Falle von Dachständerleitungen, bei denen die einzelnen Leiter weit voneinander entfernt geführt werden, kann man durch Verdrillung der Leitungen versuchen, Kompensationseffekte zu nutzen und die Feldstärken dadurch zu verringern, falls der Energieversorger mitspielt und die Hauseigentümer die anfallenden Kosten übernehmen.

4.5.3 Elektromagnetische Wellen

Elektromagnetische (Funk-)Wellen, die auch als (hochfrequente) elektromagnetische Strahlung bezeichnet werden, dienen der drahtlosen Kommunikation bzw. Informationsübermittlung.

Sie werden von Sendeantennen abgestrahlt und haben eine elektrische und eine magnetische Komponente, welche sich im sogenannten Fernfeld, also ab einer bestimmten Entfernung vom Sender, kontinuierlich gegenseitig generieren und dann untrennbar miteinander verbunden sind.



Abb. 12: **Mobilfunksendeanlagen.**

Foto: Christian Blank

Die Strahlungsstärke der Funkwellen, auch Strahlungsdichte oder Leistungsflussdichte genannt, wird in Watt pro Quadratmeter (W/m^2) angegeben, in der Baubiologie meist Mikrowatt pro Quadratmeter ($\mu W/m^2$).

Der für Funkanwendungen genutzte Frequenzbereich beginnt bei rund 30 kHz und reicht bis rund 100 GHz, was 100 Milliarden Schwingungen pro Sekunde entspricht.

Abhängig vom Funkstandard, dem Betriebsmodus, der Auslastung der Sendeanlagen etc. sind viele Funksignale nicht konstant, sondern ganz oder teilweise gepulst, d.h. sie werden aus technischen Gründen in kurzen Abständen aus- und wieder eingeschaltet, ähnlich wie ein Stroboskop. Diese sogenannte Pulsung ist eines der vielen Merkmale moderner Funksignale und wird von vielen Wissenschaftlern bzgl. ihrer biologischen Wirkung kritisch gesehen, es gibt jedoch noch weitere Eigenschaften von Funksignalen wie z.B. Modulation, verschiedene Signalbandbreiten und viele mehr, auf die Menschen im individuellen Fall mit Symptomen reagieren können.

Die Strahlungsstärke in Innenräumen ist von zahlreichen Variablen abhängig, so zum Beispiel

- von der Anzahl und Leistung der Sendeantennen und Funkanlagen in der Umgebung
- deren Abstrahleigenschaften und Ausrichtung
- den genutzten Frequenzbereichen
- dem Abstand zwischen Messpunkt und Strahlungsquellen
- von Reflexionen in der näheren Umgebung
- den Abschirmeigenschaften des Raumes (z.B. durch die verwendeten Baustoffe und deren Dicke und Feuchte, seine Position im Gebäude (Dachgeschoss oder Souterrain, senderzugewandte oder senderabgewandte Seite des Gebäudes)
- den Abschirmeigenschaften umgebender Gebäude
- den topographischen Gegebenheiten (direkter Sichtkontakt zum Sender?), der Luftfeuchte etc.

Auch dieser Themenbereich ist äußerst komplex.

Typische Verursacher für Funkstrahlung in Gebäuden sind heutzutage zum Beispiel Smartphones, Smartwatches, Tablets, Notebooks, Smart-TVs, WLAN-Router und -Repeater, WLAN-Drucker, kabellose Computermäuse und -tastaturen, Bluetooth-Lautsprecher und -kopfhörer, Schnurlostelefone, Babyphone, Spielzeuge, manche Fernbedienungen, Bewegungs- und Rauchmelder, LED-Leuchtmittel, Alarmanlagen, Smart Home-Assistenten und -komponenten (je nach verwendetem System), Smart Meter, Haushaltsgeräte wie Kühlschränke, Geschirrspül- und Waschmaschinen, Musikanlagen und vieles mehr...

Im Freien, außerhalb von Gebäuden, sind es unter anderem Radio- und Fernsehsender, die zahlreichen Mobilfunknetze, Radar, Satelliten und viele weitere Anwendungen, die Funkwellen zur drahtlosen Datenübertragung nutzen.

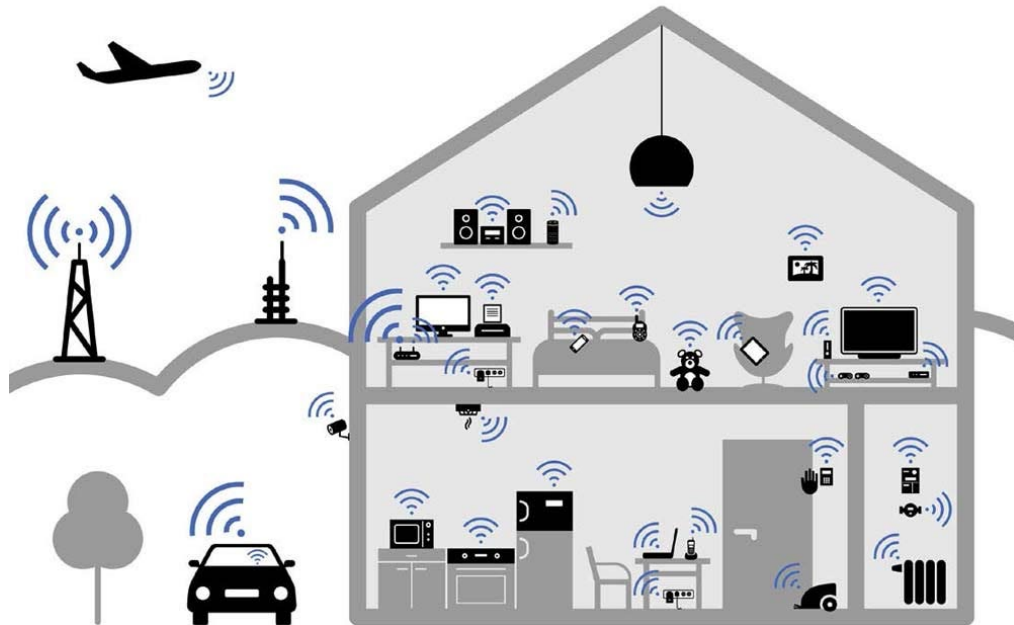


Abb. 13: **Mögliche Verursacher von Funkstrahlung im häuslichen Umfeld.**

Quelle: diagnose:funk

Die biologischen Auswirkungen elektromagnetischer Funkstrahlung wurden und werden intensiv untersucht. Zahlreiche wissenschaftliche Studien zeigten Schlafstörungen, eine Beeinflussung der Melatoninproduktion, Müdigkeit, Kopfschmerzen, oxidativen Stress, Nerven- und Zellschäden, genetische Defekte, psychische Störungen, Schwangerschaftsprobleme, Spermenschäden, Hirnstromveränderungen, eine Öffnung der Blut-Hirn-Schranke, ein erhöhtes Krebsrisiko, eine Beeinflussung des Immunsystems... laufend kommen neue besorgniserregende Erkenntnisse hinzu.

Nach Auswertung von mehreren hundert wissenschaftlichen Studien kategorisiert die internationale Krebsforschungsagentur IARC Handystrahlung im Jahr 2011, wie zuvor schon die magnetischen Wechselfelder (siehe oben), als „möglicherweise krebserregend für den Menschen“.

Aus baubiologischer Sicht lässt sich zweifelsfrei feststellen, dass viele Menschen aller Altersgruppen auf eine Sanierung, sprich eine konsequente Reduktion der Strahlungsexposition am Schlafplatz äußerst positiv reagieren, zahlreiche Fallbeispiele sprechen eine eindeutige Sprache: Schlafstörungen werden oft besser oder verschwinden ganz, der Schlaf wird als erholsamer empfunden, viele fühlen sich morgens ausgeruhter und fitter, „klarer im Kopf“. Verdauungsbeschwerden bessern sich, nächtlicher Harndrang lässt nach, die Konzentrationsfähigkeit steigt, Kopfschmerzen und Verspannungen sowie Herzrhythmusstörungen verschwinden, Blutdruckwerte bessern sich, die Rückmeldungen sind so verblüffend wie erfreulich.

Die Messwerte in Innenräumen sind heutzutage aus baubiologischer Sicht in vielen Fällen stark bis extrem auffällig, Tendenz steigend. Auch hier gilt jedoch glücklicherweise ähnliches wie bei den elektrischen Wechselfeldern: Bei genauer Kenntnis der Verursacher, der physikalischen Eigenschaften der Funksignale und der Sanierungsmöglichkeiten sind meist sehr deutliche Reduktionen erreichbar, schon mit geringem Aufwand oft um 90-95 Prozent. Basis für ein individuell abgestimmtes Sanierungskonzept ist dabei zunächst die Bestimmung der in einem Raum bestehenden Immissionen, somit sind baubiologische Vor-Ort-Messungen unumgänglich. Auch hier gilt: Für erste Verbesserungen können die folgenden, allgemeinen Tipps beherzigt werden – um optimale Bedingungen für eine bestmögliche Erholung zu schaffen (und um Fehler zu vermeiden), ist die Voraussetzung hingegen eine fachkundige Begleitung, Messung und Beratung.

Allgemeine Empfehlungen zur Reduzierung von elektromagnetischen Wellen:

- Bei Sichtkontakt zu Mobilfunkbasisstationen: senderabgewandte Schlafräume bevorzugen, falls möglich
- Weitestgehender Verzicht auf unnötige Funkquellen in den eigenen vier Wänden (dazu gehört auch dLAN/PLC)
- Präferieren kabelgebundener Lösungen für Internetzugang (= Ethernetverkabelung), (Festnetz-)Telefonie (= schnurgebundene Telefone), Headsets, Smart Home, Tastaturen, Computermäuse...
- Wahl der richtigen (emissionsärmeren) Einstellungen an den im Haushalt verwendeten Endgeräten (WLAN-Router, Schnurlostelefone, Smartphones, Tablets, Notebooks, PCs, Spielkonsolen, Fernseher...)
- Weitestgehender Verzicht auf dauernd strahlende DECT-Funktelefone (es gibt welche, die nur während Telefonaten strahlen, wenn sie richtig eingestellt sind), WLAN-Computernetzwerke und Internetzugänge (Planung von strahlungsärmeren WLAN-Umgebungen ist möglich), unnötige Bluetooth-Verbindungen (z.B. BT-Kopfhörer) und andere dauernd strahlende, drahtlose Indoor-Techniken (für vieles gibt es strahlungsarme oder -freie Alternativen)
- WLAN zumindest nachts ausschalten oder Zeitschaltung programmieren, Sendeleistung so weit wie möglich reduzieren, lediglich einen der verfügbaren Frequenzbereiche nutzen (z.B. 2,4 GHz), andere Frequenzbereiche deaktivieren
- WLAN- und Bluetooth-Funktion bei Nichtbenutzung an den Endgeräten ausschalten, z.B. bei:
 - Laptops / Tablet PCs / Smartphones
 - WLAN-fähigen Druckern
 - WLAN-fähigen Lautsprechern -> besser Ethernet oder klassische Lautsprecher per Audiokabel
 - WLAN-fähigen Fernsehern (Smart-TVs)
- WLAN-gesteuerte LED-Beleuchtungssysteme vermeiden
- Mikrowellenherde: Beim Garen Abstand halten, Leckstrahlung kontrollieren

- Babyphone so einstellen, dass sie nur bei klaren Schallereignissen senden (strahlungsarme Modelle erhältlich)
- Große reflektierende Flächen (Spiegel) im Schlafbereich vermeiden.

Bei von außen eintretender Funkstrahlung (oft von nahen Mobilfunksendeanlagen oder Nachbarn) gibt es eine Vielzahl von Lösungen zur Immissionsreduktion, wie zum Beispiel Raumabschirmungen, Abschirmvorhänge, Abschirmbaldachine etc.; die Produkt- und Materialauswahl ist groß. Die im individuellen Fall sinnvollste Kombination will fachgerecht geplant, das Sanierungskonzept penibel umgesetzt werden, um den gewünschten Sanierungserfolg zu gewährleisten.

Auch hier gilt: Raumabschirmungen müssen vorschriftsgemäß geerdet werden. Ob die hierfür notwendigen Voraussetzungen im individuellen Fall gegeben sind, muss vorab von einem Elektrofachunternehmen geprüft werden! Abschirmmaßnahmen sollten niemals ohne vorherige Messung bzw. ohne fachkundige Begleitung erfolgen!

4.5.4 Elektrische Gleichfelder

Elektrische Gleichfelder entstehen durch Verschiebung bzw. unterschiedliche Konzentrationen von Ladungsträgern (vor allem an schlecht leitfähigen Oberflächen), d.h. durch elektrische Gleichspannung. Das Phänomen ist auch unter dem Begriff „statische Aufladung“ oder Elektrostatik bekannt.

Im Gegensatz zu den oben beschriebenen elektrischen Wechselfeldern kommen elektrische Gleichfelder z.B. aufgrund von Wetterphänomenen auch in der Natur vor:

Die beeindruckendste Auswirkung elektrischer Gleichfelder sind Blitze. Permanent gibt es weltweit zeitgleich über 1.000 Gewitter, vor allem in den Tropen. Deren Blitze entladen die Atmosphäre. Gewitter setzen unsere Welt unter bis zu 300 Millionen Volt elektrische Gleichspannung, laden sie also kräftig auf. Blitze entladen sich mit bis zu 100.000 Ampere Strom. In der Natur gibt es immer und überall eine Lufterlektrizität, deren Stärke vom aktuellen Wetter und der Umgebung abhängt. Durch die Aufladung der Ionosphäre existiert auch fernab von Gewittern ein schwaches elektrostatisches Feld, das sogenannte "Schönwetterfeld", es schwankt je nach Jahreszeit zwischen rund 130 V/m (im Sommer) und 270 V/m (im Winter).

In der Baubiologie sind solche natürlichen Verhältnisse der Maßstab: Wünschenswert ist das Vorhandensein einer natürlichen Lufterlektrizität (die in der Regel eine positive Ladung aufweist). In Innenräumen sollten keine höhere Lufterlektrizität und keine andere Polarisierung als draußen vorliegen. Dort können jedoch durch elektrostatische Aufladungen und großflächige

Oberflächenspannungen wesentlich höhere Feldstärken auftreten als im Außenbereich. Entladungen können, meist bei trockener Luft im Winter, sogar schmerzhaft spürbar werden, teils mit Funkenschlägen aus den Fingerspitzen. Unsere Umgebungsluft ist elektrisch geladen und unser Körper somit ständigen Gleichspannungen ausgesetzt. Elektrizität und Spannung sind – in der richtigen Dosis – lebenserhaltende Phänomene.

Da sie statisch sind, haben elektrische Gleichfelder keine Frequenz bzw. eine von 0 Hertz (Hz), d.h. die Polarisation der Felder ändert sich im Zeitverlauf nicht.

Die Spannung von elektrostatisch geladenen Oberflächen wird in Volt (V) angegeben, die daraus resultierende Feldstärke der Gleichfelder im Raum, auch Luftelektrizität genannt, in Volt pro Meter (V/m).

Typische Verursacher für elektrische Gleichfelder in Innenräumen sind zum Beispiel Kunststoffoberflächen (z.B. Plastiktüten und -folien, Polystyrol, Kunststoffbeschichtungen auf Möbel und Laminat...), Kunstfasern (z.B. Teppiche, Teppichböden, Vorhänge, Gardinen, Stofftiere, Tapeten, Moskitonetze) ... aber auch manche natürliche Materialien, wie Schurwolle oder (sehr trockenes) Leder.

Elektrostatisch meist unauffällig sind hingegen die meisten anderen natürlichen Materialien wie z.B. Linoleum, Kork, Holz, Lehm, Stein oder Fliesen, Teppiche und Stoffe aus Baumwolle, Kokosfasern, Hanf oder Sisal und leitfähige Materialien wie Metalle.

Die elektrische Feldstärke nimmt zu oder ab durch:

- die Höhe der Oberflächenspannung des aufgeladenen Materials
- die Leitfähigkeit und Art der Materialien
- die Beschaffenheit der Umgebung, speziell durch die Leitfähigkeit von Baumasse (Böden, Wände) und Luft (Feuchte)
- Reibung und Luftbewegung
- den Abstand zur Feldquelle

Die biologischen Wirkungen der Elektrostatik beziehen sich zum einen auf das statische elektrische Gleichfeld selbst und zum anderen auf dessen Begleiterscheinungen: Im Organismus provoziert Elektrostatik elektrische Ladungsverteilungen, Ströme und Spannungsabfälle. Der Körper wird unter Spannung gesetzt und entlädt sich (ab einer Körperspannung von rund 2.000 - 3.000 V) an geerdeten Teilen schockartig, teilweise mit schmerzhaften elektrischen Schlägen oder sichtbaren Blitzen. Dabei stehen einem manchmal die Haare regelrecht zu Berge. Das gesamte Raumklima wird durch Elektrostatik verschlechtert, die Luftionisation reduziert, Staub und Feinstpartikel werden angezogen, verwirbelt, und mitsamt all der an ihnen anhaftenden Schadstoffe in der Schwebe gehalten, wodurch wir sie in verstärktem Maße einatmen.

Es gibt auch im Bereich der elektrischen Gleichfelder zahlreiche Forschungsarbeiten von Wissenschaftlern, die auf biologische Effekte hinweisen. Beobachtet wurde z.B. die vermehrte Freisetzung freier Radikale, oxidativer Stress und eine Immobilisierung von Spermien. Bei Weizen- und Maiskörnern, die in ihrer Keimphase einem elektrischen Gleichfeld ausgesetzt wurden, waren Wachstumsveränderungen zu beobachten: der Weizen nahm eine ursprüngliche Grasform an, ähnlich wie bei einer gentechnischen Veränderung. Eier von Regenbogenforellen, die für eine Dauer von vier Wochen einem elektrostatischen Feld ausgesetzt wurden, entwickelten sich zu Fischen mit auffällig veränderten Merkmalen wie kräftigeren Körpern und Köpfen, mehr Zähnen, abweichender Färbung und, bei männlichen Tieren, einem lachsartigen Unterkieferhaken (Versuche von Dr. Heinz Schürch, Fa. Ciba-Geigy (heute Novartis) 1990-1992).

Einfluss der Luftionisation auf das Wohlbefinden und biologische Prozesse:

- Die Photosynthese ist in ionenarmer Luft um das 1,5- bis 4-fache niedriger als bei natürlicher ionisierter Luft, was die Bedeutung der Luftionisation für Stoffwechselprozesse bei Pflanzen verdeutlicht
- In verschiedenen Experimenten wurden Zusammenhänge zwischen luftelektrischen Vorgängen und Rheuma, Asthma und Epilepsie gezeigt
- Eine unnatürliche, vorwiegend positive Luftionisation kann zu Müdigkeit, Kopfdruck, Atembeschwerden oder Blutdrucksenkung führen
- Negative Ionen können, besonders bei Bluthochdruck, Nasennebenhöhlenentzündungen, Asthma, Migräne oder Erschöpfung, eine heilende Wirkung entfalten. Selbst die Blutzusammensetzung kann durch sie verbessert, die Atmung stabilisiert oder der Stoffwechsel angeregt werden. Eine durch negativen Ionenüberschuss verminderte Serotonin-Abgabe hat eine günstige Wirkung auf die Nerven-, Drüsen- und Atmungstätigkeit sowie das Zellwachstum (Ionen regulieren die Bildung von Serotonin)
- Untersuchungen haben gezeigt, dass ein Überschuss positiver Ionen in der Luft von den meisten Menschen als unangenehm empfunden wird. Umgekehrt rufen negative Ionen im Überschuss meist angenehme Gefühle hervor und führen zu einer erhöhten Arbeitslust und Leistungsbereitschaft, steigern die Abwehrkräfte des Körpers besonders gegenüber Erkältungskrankheiten und wirken günstig auf Bronchialasthma, Keuchhusten und anderen Lungenbeschwerden.

Die in Innenräumen typischerweise anzutreffenden Oberflächenspannungen sind, je nach verwendeten Materialien, aus baubiologischer Sicht erfreulicherweise oft unauffällig bis schwach auffällig, können bei Verwendung synthetischer Materialien jedoch häufig auch stark bis extrem auffällig sein. Durch einfache Maßnahmen sind meist sehr deutliche Verbesserungen erzielbar.

Allgemeine Empfehlungen zur Reduzierung von elektrischen Gleichfeldern:

- Elektrostatisch auffällige Materialien wie solche aus Kunststoff und Synthetik beseitigen oder, da die Aufladung immer nur an der Materialoberfläche geschieht, dieselben mit elektrostatisch unauffälligen Naturmaterialien bedecken (z.B. kann man Teppiche, Sofa, Sessel, Kuscheltiere aus Synthetik... mit Naturstoffen wie Baumwolle, Leinen, Viskose... bedecken/überziehen)
- Bei Oberflächenbeschichtungen, z. B. für Holz- und Korkparkett, Laminat- oder Linoleumböden oder Möbel ist auf möglichst leitfähige Materialien zu achten. Wasserlösliche Lacke sind meist ausreichend leitfähig, Öle und Wachse auch. Kunststoffbeschichtungen sollten vermieden und Materialien auf natürlicher Basis verwendet werden.
- Isolierende Flächen können mit speziellen Farben, Klebern, Vliesen, Folien, Stoffen... leitfähig gemacht und geerdet werden.
- Flächen aus Kunststoff, z. B. beschichtete Schränke, können mit natürlichen Materialien, wie z. B. mit Korkdekor, Holzfurnier, Tapeten, Stoffen oder Naturfarben beklebt, überstrichen, furniert oder bespannt werden.
- Auf Synthetikteppiche möglichst verzichten (die Bewertung „antistatisch“ reicht nicht, diese besagt lediglich, dass man sich beim drüber laufen nicht so stark auflädt, dass man sich woanders wieder entlädt, d.h. dass die Körperspannung unter 2.000 - 3.000 V bleibt)
- Synthetische Gardinen sind sehr oft starke Feldverursacher, besonders in Kombination mit Zentralheizungssystemen (Zentralheizungen erhöhen die Ladungen an Gardinen aus Synthetik, weil die trockene, warme Luft der Heizkörper direkt an den elektrisch isoliert aufgehängten Gardinenfasern aus Synthetik vorbeistreicht). Besser sind Gardinen aus Naturmaterialien wie Baumwolle, Leinen oder Viskose.
- Schurwollteppiche sollten nur auf leitfähige bzw. leitfähig gemachte Untergründe gelegt werden, auch sollten sie für eine bessere Leitfähigkeit einen Rücken aus Pflanzenfasern haben.
- Die Kombination Fußbodenheizung und Teppich sollte vermieden werden (Verstärkung elektrostatischer Effekte aufgrund niedrigerer Materialfeuchte).
- Wirksam ist das regelmäßige Besprühen von Teppichen und Stoffen mit Wasser oder 10-prozentiger Seifenlauge, genauso wie das Ölen oder Wachsen von Kunststoffoberflächen, aber leider nur relativ kurzfristig (bei Wasser nur bis zur Verdunstung, also Minuten bis Stunden, ansonsten je nach Abnutzung einige Tage bis Wochen). Das Besprühen mit antistatischen Mitteln ist nicht zu empfehlen, denn erstens ist der Effekt nur kurzfristig und zweitens können auf diese Weise wieder toxische Mittel eingebracht werden.

- Zu bevorzugen ist möglichst natürliche Kleidung aus Baumwolle, Wolle, Viskose, Leinen, reiner unbehandelter Seide, Leder...ebenso Schuhwerk mit leitfähigen Sohlen.
- Luftionisatoren eignen sich allenfalls zu Therapiezwecken (z.B. evtl. bei Asthma), sonst sind sie aus baubiologischer Sicht im Innenraum problematisch: Sie können die Einflüsse von aufgeladenen Oberflächen nicht kompensieren und schon gar nicht natürliche Bedingungen herstellen. Sie produzieren übernatürlich viele Ionen oft nur einer Polarität, manchmal zusätzlich auch Ozon. Baubiologisch sinnvoll sind stattdessen die Ermittlung und Beseitigung der Ursachen elektro-statischer Auffälligkeiten.

4.5.5 Magnetische Gleichfelder

Magnetische Gleichfelder entstehen durch Gleichstrom (in Leitungen oder leitfähigen Gebilden) treten aber auch im Umfeld von magnetisierten Metallen auf.

Magnetische Gleichfelder ändern ihre Polarisierung im Zeitverlauf nicht, d.h. sie sind statisch, weshalb dieser Teilbereich der Physik daher häufig auch als Magnetostatik bezeichnet wird. Sie haben keine Frequenz bzw. eine von 0 Hertz (Hz).

Im Gegensatz zu den oben beschriebenen magnetischen Wechselfeldern kommt Magnetostatik auch in der Natur vor: das größte magnetische Gleichfeld der Erde ist das Erdmagnetfeld. Unser Körper hat sich im Laufe der Evolution an das ungestörte Erdmagnetfeld angepasst, es gehört zu unseren natürlichen Lebensgrundlagen. Es weist nur sehr leichte zeitliche Schwankungen von wenigen Nanotesla auf (durch z.B. Sonneneruptionen).

Solche natürlichen Verhältnisse sind auch hier wieder unser Maßstab in der Baubiologie: Wir wünschen uns drinnen ein möglichst genauso ungestörtes Erdmagnetfeld wie draußen. In Innenräumen kann es jedoch lokal zu kräftigen Abweichungen und Verzerrungen des Erdmagnetfeldes kommen.

Die magnetische Feldstärke wird in Ampere pro Meter (A/m) gemessen, die in der Baubiologie gebräuchlichste Messgröße für magnetische Gleichfelder ist die magnetische Flussdichte bzw. die lokale Flussdichteabweichung in Mikrottesla (μT).

Die magnetische Flussdichte ist hier abhängig von:

- der Stärke des Gleichstroms
- dem Abstand zur Feldquelle
- der Anordnung der stromführenden Hin- und Rückleiter zueinander (Kompensationseffekte) sowie
- dem Magnetisierungsgrad von Metallen oder Dauermagneten und
- der Art und der Verarbeitung magnetisierbarer Metalle

Auch bei den magnetischen Gleichfeldern gilt analog zu den magnetischen Wechselfeldern: Ausgleichs- und Fehlströme (vagabundierende Ströme) auf Rohren, Schutzleitern und anderen leitfähigen Gebilden können Ursache für auffällige Felder sein. Im Umfeld von elektrifizierten, mit Gleichstrom betriebenen Bahnlagen (in Deutschland häufig Straßenbahnen / Trambahnen, manche U-Bahnen, Magnetschwebbahnen) kann dieses Phänomen teils noch in größerer Entfernung von denselben auftreten.

Der Stromfluss auf Leitungen ist durch den Stromverbrauch im Allgemeinen, aber auch durch dessen Erzeugung, vor allem falls diese aus erneuerbaren Energiequellen (zum Beispiel durch Photovoltaikanlagen oder Windkraft) erfolgt, nicht konstant, und so schwankt die lokal messbare magnetische Flussdichte in solchen Fällen im Zeitverlauf mehr oder weniger stark. Auch in der Nähe von als Freileitung ausgeführten Hochspannungs-Gleichstrom-Übertragungsleitungen (HGÜ), welche in Zukunft für den Stromtransport vom windreichen Norden in den stromhungrigen Süden Deutschlands genutzt werden sollen, sind zeitliche Feldschwankungen zu erwarten. Zur Expositionsbewertung sind aus diesem Grund Langzeitmessungen über einige Stunden bis hin zu mehreren Tagen (und Nächten) durchzuführen, sofern Immissionen bewertet werden sollen, welche durch die genannten Gleichstromanwendungen verursacht werden.

Die allermeisten Materialien wie auch Menschen beeinflussen magnetische Gleichfelder nicht; die Felder werden von unserem Körper nicht angezogen oder verändert, sondern durchdringen uns praktisch ungehindert. Auch leitfähige Materialien wie Aluminiumfolie, Vliese, Farben etc. haben in den meisten Fällen keinen Einfluss, egal ob mit Erdung oder ohne.

Typische Verursacher von auffälligen magnetischen Gleichfeldern bzw. Verzerrungen des Erdmagnetfeldes sind beispielsweise

- Stahlfederkerne in Matratzen
- Metallgestänge von Betten
- Metallelemente in Lattenrosten
- Motoren elektrisch verstellbarer Betten
- Baustahl, wie z.B. Stahlträger, Betonbewehrungen
- Stahltürzargen
- Heizkörper
- Lautsprecherboxen
- Autos (Garage unter / neben dem Schlafzimmer)
- Gleichstrom in Solarkabeln von Photovoltaikanlagen
- Gleichstrom in Oberleitungen von Straßenbahnen

Auch magnetische Gleichfelder haben biologische Wirkungen: So sagte der Medizinphysiker Dr. Lebrecht von Klitzing (Universität zu Lübeck): "Magnetfelder sind biologisch wirksam, sie durchdringen den Körper. Magnetfelder, die sich zeitlich nicht verändern, also statische Magnetfelder, verändern die Hirnströme des Menschen auch. Bisher war man immer davon ausgegangen, dass biologische Einflüsse durch Magnetfelder nur über eine Induktion erfolgen können. Induktionen sind aber nur bei Wechselfeldern möglich. Bei Gleichfeldern gibt es jedoch auch nachweisbare biologische Effekte."

Prof. Dr. Martin Pall, emeritierter Professor für Biochemie und medizinische Grundlagenwissenschaften an der Washington State University, erläuterte in einem Vortrag wie durch statische Magnetfelder im menschlichen Körper oxidativer Stress entstehen kann (Prof. Dr. Martin Pall – Gesundheitliche Auswirkungen elektromagnetischer Felder. Aus der Vortragsreihe des internationalen Symposiums "Biologische Wirkungen des Mobilfunks", Oktober 2019).

Der Körper-Magnetismus hat bei der Informationsübertragung bei der Steuerung vegetativer Vorgänge, auch hinsichtlich der Tages- und Jahresrhythmik, eine besondere Bedeutung. Es bestehen Wechselbeziehungen zwischen Stoffwechselforgängen und Magnetfeldschwankungen, die über eine Beeinflussung des Enzymsystems erklärt werden können. Die magnetische Feldstärke der Organe und Zellen unseres Körpers ist etwa 100 Millionen Mal niedriger als die des Erdmagnetfeldes.

Man nimmt an, dass die biomagnetische Wirkung atomaren Ursprungs ist: Durch die Eigendrehung der Elementarteilchen (Spin von Elektronen und Kernteilchen) werden diese zu Mikro-Magneten, welche in natürlichen oder künstlichen äußeren Magnetfeldern ausgerichtet werden.

Das Magnetfeld der Erde ist eine wichtige Orientierungshilfe für Zugvögel, aber auch für Bienen, Delphine, Aale und Lachse. Es wurden mikroskopisch kleine Kristalle des magnetischen Eisenoxids Magnetit in sehr hoher Anzahl im Gehirn von Tieren und Menschen gefunden. Studienergebnisse deuten auf rund 5 Millionen bis 100 Millionen Magnetitkristalle pro Gramm Gehirnmasse hin, die sich in externen Magnetfeldern wie Stabmagneten verhalten, sich also in ihnen ausrichten (Quelle: Kirschvink JL, Kobayashi-Kirschvink A, Woodford BJ (1992) Magnetite biomineralization in the human brain. PNAS 89:7683–7687).

Weitere Studien zeigten eine Beeinflussung der Melatoninproduktion durch Aktivitäten des Erdmagnetfelds. Die Reduktion der Melatoninsynthese fiel dabei besonders kräftig aus, wenn die Studienteilnehmer zur selben Zeit technisch erzeugten magnetischen Wechselfeldern ausgesetzt waren (Quelle: Burch JB, Reif JS, Yost MG. Geomagnetic disturbances are associated with reduced nocturnal excretion of a melatonin metabolite in humans. Neurosci Lett. 1999;266(3):209–212).

Versuche mit Tieren zeigten Wirkungen von Magnetfeldern auf das Wachstum von Krebszellen, Gewichtszunahme, Sauerstoffverbrauch, Enzymaktivität, Wundheilung, Bakterienwachstum u. a., wobei die Stärke des Feldes ausschlaggebend war.

Der Wuppertaler Arzt Dr. Dieter Aschoff hält jede Störung des Erdmagnetfeldes auf Dauer für biologisch wirksam:

"Es gibt in Wissenschaft und Forschung viele Hinweise, jedoch noch viel zu wenig Beweise. Es steht aber mit Sicherheit fest: Jeder Körper braucht das natürliche Erdmagnetfeld und es sollte niemals gestört werden. Wichtige biologische Funktionen hängen davon ab. Seien wir vorsichtig, und orientieren wir uns an der Natur. Künstliche Magnetfelder haben im und am Körper nichts verloren. Es sei denn, man will einen gezielten und kontrollierten therapeutischen Effekt damit erreichen."

In Innenräumen von Betonbauten oder Häusern mit Stahlbetondecken sind an den Schlafplätzen häufig zumindest schwach auffällige Messwerte anzutreffen. Bei stark magnetisierten Materialien im Schlafplatzbereich (Federkernmatratzen, Metallelemente im Bettaufbau...) sind die Auffälligkeiten jedoch häufig auch stark bis extrem. Durch einfache Maßnahmen sind glücklicherweise oft deutliche Verbesserungen erzielbar.

Allgemeine Empfehlungen zur Reduzierung von magnetischen Gleichfeldern:

- Wichtig ist vor allem ein metallfreies Bett: Magnetisierte Federkernmatratzen und Stahlroste unter der Matratze sowie Lattenroste mit Stahlrahmen und Verstell-Vorrichtungen aus Stahl sollten möglichst vermieden werden.
- In den Bettkasten oder unter das Bett gehören keine Metallgegenstände
- Möglichst Abstand halten zwischen Bettbereichen und
 - Lautsprecherboxen, Stahlträgern, Türzargen, Heizkörpern, Boilern, Badewannen, Fenstergittern, Küchenzeilen...ein bis zwei Meter sind meistens ausreichend (sicherheitshalber nachmessen lassen)
 - Betonarmierungen, Stahlbauteilen in Wänden wie Stahlblechen und Streckmetallen, zu Rohrleitungen...50 cm sind oft (nicht immer) genug
 - Tischen, Stühlen und anderen Möbel aus Stahlrohren und -Elementen, auch hier genügen oft etwa 50 cm Abstand
- Wenn es Metall sein soll, sollten Edelstahl, Aluminium, Messing, Kupfer...bevorzugt werden. Es gibt sogar Betonbewehrungen aus Kunststoff.
- Ein Mindestabstand von rund 50 m zu Straßenbahnen und U-Bahnen sowie Magnetschwebebahnen wäre wünschenswert
- Ohne ärztliche Anweisung und Kontrolle sollten aus baubiologischer Sicht keine Magnetpflaster, Kettchen und Magnetdecken permanent am bzw. unter dem Körper platziert werden
- Zu batteriebetriebenen mechanischen Uhren sollte nachts rund 30 cm Abstand gehalten werden
- Autos in Garagen oder Stahlheizungstanks direkt unter oder neben Schlafräumen sind nicht ideal
- Abschirmungen sind, wie bei den magnetischen Wechselfeldern, fast nie sinnvoll machbar
- Entmagnetisierungen sind prinzipiell machbar, jedoch oft kompliziert und aufwändig sowie ergebnisoffen (Verbesserungen können nicht garantiert werden). Am besten erfolgt ein Entmagnetisierungsversuch direkt am Material. Bei bereits in der Baumasse eingebrachtem Stahl (Stahlträger, Bewehrung...) sind die Erfolgsaussichten in der Regel weniger gut bzw. der erzielbare Effekt geringer.

4.6 Chemische und biologische Raumlufbelastungen

Gasförmige oder als Feststoffpartikel in der Luft schwebende Stoffe (Staub und Aerosole) bezeichnet man als Luftverunreinigungen. Im Bundes-Immissionsschutzgesetz sind Luftverunreinigungen definiert als Veränderungen der natürlichen Luftzusammensetzung, insbesondere durch Rauch, Staub, Gas, Dämpfe oder Geruchsstoffe.

Durch Emissionen aus Baustoffen, Möbeln, der Inneneinrichtung, verwendeten Reinigungsmitteln oder Kosmetika reichern sich mit der Zeit oft chemische in der Innenraumluf und / oder im Hausstaub an. Auch Schimmel, Hausstaubmilben und andere Allergene können zu einer Belastung der Raumluf führen. Die Aufnahme von Luftschadstoffen und Allergenen erfolgt vorwiegend inhalativ, d.h. über die Atmung, aber auch der (Schleim-) Hautkontakt kann relevant sein.

Im Standard der Baubiologischen Messtechnik werden unter anderem folgende biologisch kritische Faktoren genannt:

1. Formaldehyd und andere gasförmige Schadstoffe (z.B. Ozon)
Ursache: Lacke, Kleber, Spanplatten, Holzwerkstoffe, Dämmstoffe, Möbel, Verbrennung (auch Zigarettenrauch), Putzmittel, Kosmetika, Luftionisatoren, Umwelt...)
2. Lösemittel und andere leicht- bis mittelflüchtige Schadstoffe (Aldehyde, Aliphaten, Alkohole, Aromaten, Ester, Glykole, Ketone, Kresole, Phenole, Siloxane, Terpene und andere organische Verbindungen (VOC))
Ursache: Farben, Lacke, Kleber, Kunststoffe, Baumaterialien, Holzwerkstoffe, Möbel, Einrichtungen, Beschichtungen, Verdüner, Pflegemittel...
3. Pestizide und andere schwerflüchtige Schadstoffe (Biozide, Insektizide, Fungizide, Holzschutzmittel, Teppichschutzmittel, Flammenschutzmittel, Weichmacher, Pyrethroide, PCB, PAK, PFAS, Dioxine...)
Ursache: Holz-, Leder-, Teppichschutz, Kleber, Kunststoffe, Dichtungen, Beschichtungen, Schädlingsbekämpfung
4. Partikel und Fasern (Feinstaub, Nanopartikel, Asbest, Mineralfasern...)
Ursache: Aerosole, Schwebstoffe, Staub, Rauch, Ruß, Bau-, Dämm- und Kunststoffe, Lüftungs- und Klimaanlage, Geräte, Toner, Umwelt...
5. Schimmelpilze und deren Sporen sowie Stoffwechselprodukte (MVOC, Mykotoxine)
Ursache: Feuchteschäden, Wärmebrücken, Baumängel, Baumaterialien, Sanierungsfehler, Lüftung, Klimaanlage, Einrichtung, Umwelt...
6. Hausstaubmilben und andere Allergene
Ursache: Milben, -kot und -stoffwechselprodukte, Insekten, Pilze, Pollen, Hygiene, Hausstaub, Haustiere, Duftstoffe, Feuchte, Umwelt...

Die Konzentration von Luftschadstoffen, Allergenen...in Innenräumen hängt dabei unter anderem von der Intensität Ihrer Freisetzung sowie von der Luftwechselrate ab, also dem Umfang der Frischluftzufuhr in einem bestimmten Zeitraum im Verhältnis zum Raumluftvolumen.

Die genannten Faktoren können, je nach Stärke der Belastung, Wechselwirkungen und Expositionsdauer sowie individueller Veranlagung und Sensibilisierung der Bewohner, verschiedenste biologische Wirkungen entfalten. Für die Schlafqualität relevante Symptome sind beispielsweise:

- Atemwegs- und Schleimhautreizungen (Husten, Schnupfen, brennende/tränende Augen, Rachenschmerzen, Atem- und Schluckbeschwerden...) z.B. durch Formaldehyd, Feinstaub, Mineralfasern
- Neurologische Effekte (Kopfschmerzen, Übelkeit, Benommenheit, Schwindel...) z.B. durch manche VOCs
- Allergische Reaktionen (Husten, Schnupfen, juckende Nase, tränende Augen...) z.B. durch Schimmelsporen, Hausstaubmilben oder Tierhaare

Auch zahlreiche Studien zeigen einen Zusammenhang zwischen verschiedenen Raumlufbelastungen und Schlafstörungen, nachfolgend ein paar Beispiele:

- Größere Wahrscheinlichkeit für das Auftreten von Schlafapnoe bei Exposition gegenüber erhöhter Feinstaubkonzentration (Quelle: Billings ME, Gold D, Szpiro A, Aaron CP, Jorgensen N, Gassett A, Leary PJ, Kaufman JD, Redline SR. The Association of Ambient Air Pollution with Sleep Apnea: The Multi-Ethnic Study of Atherosclerosis. *Ann Am Thorac Soc.* 2019 Mar;16(3):363-370.)
- Erhöhte Ozonwerte werden mit einer geringeren Schlafdauer in Zusammenhang gebracht (Quelle: Tsai, LJ., Yuan, TH., Shie, RH. et al. Association between ambient air pollution exposure and insomnia among adults in Taipei City. *Sci Rep* 12, 19064 (2022).)
- Die Exposition gegenüber polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffen (PAKs) steht mit einer Verschlechterung der Schlafqualität und einer Zunahme von Schlafstörungen in Verbindung (Quelle: Hui Zhao, Lanlan Fang, Yuting Chen, Jianping Ni, Xuyang Chen, Faming Pan. Independent and combined associations of polycyclic aromatic hydrocarbons exposure and sleep disorders among adults in the U.S. adult population, *Journal of Affective Disorders*, Volume 350, 2024, Pages 319-327.)
- Erhöhtes Risiko für Schlafstörungen durch Exposition gegenüber leichtflüchtigen Luftschadstoffen (VOCs) (Quelle: Zhuang Y, Li L, Zhang Y, Dai F. Associations of exposure to volatile organic compounds with sleep health and potential mediators: analysis of NHANES data. *Front Public Health.* 2024 Jul 15;12:1423771)
- Pestizidexposition in Innenräumen geht mit einem größeren Risikopotenzial für Schlafstörungen einher (Quelle: Zamora AN, Watkins DJ, Peterson KE, Jansen EC. Association between pesticide exposure and sleep health among a representative sample of US adults: evidence from NHANES 2009-2014. *BMC Public Health.* 2021 Dec 1;21(1):2199)
- Allergischer Schnupfen und allergische Bindehautentzündung setzen die Schlafqualität herab (Quelle: Winterland, S., Hamelmann, E. Allergische Rhinitis/Rhinokonjunktivitis im Kindes- und Jugendalter. *Monatsschrift Kinderheilkunde* (2025))

In vielen Fällen lassen sich Schadstoff- und Allergenkonzentrationen bereits durch vergleichsweise einfache, pragmatische Maßnahmen reduzieren. Generelle Empfehlungen sind zum Beispiel folgende:

- Regelmäßiges, gründliches Quer- oder Stoßlüften reduziert die Konzentration vieler Luftschadstoffe sowie die Schimmelpilzwachstum begünstigende Luftfeuchte oft deutlich. Die Kohlendioxidkonzentration in der Raumluft ist dabei ein hilfreicher Indikator (siehe Kapitel 4.4.1).
- Zur Reduzierung der Formaldehyd-Emissionen von Spanplattenmöbeln ist es empfehlenswert, deren offene Schnittkanten sowie die Bohrlöcher zur Verstellung der Einlegeböden in Schränken und Regalen nachträglich abzudichten. Bei Schnittkanten ist z.B. die Verwendung von Aluminiumklebeband, Lacken oder Furnieren denkbar. Bohrlöcher können alternativ auch mit passenden Plastikkappen, Gummipfropfen, Spachtelmassen oder Bienenwachs verschlossen werden. (Der beste und sicherste Rat ist sicherlich die Verwendung formaldehydfreier Produkte bzw. das Austauschen emittierender Materialien)
- Lösemittelkonzentrationen sollten immer so gering wie möglich gehalten und bekannte Quellen vermieden werden.
- Um die Raumluftbelastung mit schadstoffbelasteten Staubpartikeln, staubgebundenen Allergenen, luftgetragenen Fasern...zu reduzieren, sollte ein Staubsauger mit HEPA-Abluftfilter verwendet und regelmäßig staubgesaugt werden. Ergänzend ist der Einsatz eines HEPA-Raumluftreinigers sinnvoll. Die HEPA-Filter sollten regelmäßig ausgetauscht werden.
- Schadstofffreie oder zumindest schadstoffarme und natürliche Produkte sollten stets bevorzugt werden. Künstliche, chemische oder synthetische Produkte sollten über eine Materialprobe untersucht werden oder es sollte im Zweifel auf ihren Einsatz verzichtet werden.
- Auf Hinweise wie lösemittelfrei, weichmacherfrei, halogenfrei, acrylatfrei, frei von Konservierungsstoffen (wie z. B. Isothiazolinone), ohne Mottenschutz und Pestizide (wie z. B. Permethrin und andere Pyrethroide) usw. sollte immer geachtet werden.
- Als wichtige Orientierungshilfe sollten geeignete Umweltlabels und -prüfungen wie z. B. von Öko-Test (oekotest.de), Natureplus (natureplus.org) und Prüfsiegel unabhängiger Prüfinstitute dienen.
- Besonders während und in den ersten Tagen und Wochen nach Arbeiten wie z. B. Verlegung eines Teppichbodens Oberflächenbehandlungen aller Art oder Tapezieren und Streichen von Wänden und Türen sollte reichlich und viel gelüftet und möglichst auch die Benutzung der betroffenen Räume vermieden werden.

- Besondere Hinweise für Teppichböden:
 - Weitgehender Verzicht auf Kunststoffe
 - Nur durchgewebte textile Rücken aus Naturfasern verwenden
 - Verzicht auf chemische Zusatzausrüstung
 - Keine vollflächige Verklebung vornehmen (falls verklebt werden muss, nur lösemittelarme bzw. -freie Kleber einsetzen; z. B. Eimcode EC1^{plus} (= sehr emissionsarm, www.emicode.de) oder z. B. Giscode D1 (= lösemittelfreie Dispersions-Verlegwerkstoffe, www.gisbau.de)
 - Kombinationen mit Fußbodenheizungen vermeiden
 - Im Zweifel auf Schadstoffe (auch schwerflüchtiger Art) und Geruch prüfen lassen.
- Übermäßige Verwendung von Duftölen und Duftmitteln sollte vermieden werden. Hier ist Vorsicht geboten, da sich der Geruchssinn schnell an Gerüche gewöhnen kann und somit die Dosis unbewusst immer weiter erhöht wird.
- Auch bestimmte Pflanzen, wie z. B. stark duftende Lilien, Primeln oder Hyazinthen können zu Kopfschmerzen oder gar zu Atembeschwerden führen. Solche Pflanzen gehören deshalb vor allem nicht ins Schlafzimmer.
- Ratsam ist auch die sparsame Verwendung und emissionsarme Lagerung von Haushaltschemikalien (Reinigung, Kosmetika, Hobby u. a.), angemessen niedrige Raumlufttemperaturen (< 23 °C), eine mittlere relative Raumluftfeuchte von ca. 40 - 50 % und die Vermeidung von Verbrennungsgasen (Rauchen, offene Flamme)

Je nach Höhe und Art der Konzentrationen, d.h. bei kritischen Belastungen, sollten Schadstoffquellen ermittelt und entfernt bzw. fachgerecht saniert werden, das gilt im übertragenen Sinne auch für Schimmelbefälle und deren Ursachen.

Um die im individuellen Fall geeigneten Maßnahmen eruieren zu können, sind fachkundige Messungen (z.B. Luft, Staub- und Materialanalysen) und darauf basierende Beratung dringend zu empfehlen, z.B. durch Baubiologische Messtechniker.

4.7 Architekturpsychologie

Die Wohn- bzw. Architekturpsychologie ist eine interdisziplinäre Wissenschaft und hat sich aus Teilbereichen der Psychologie, wie der Umwelt-, Entwicklungs-, Sozial-, Wahrnehmungspsychologie sowie der Physiologie und den Neurowissenschaften (Gehirnforschung) entwickelt. Sie schlägt eine Brücke zu den Fachgebieten der Planung, des Bauens und Gestaltens, wie Architektur, Innenraumgestaltung, Städtebau und Siedlungswesen. Die Wohn- und Architekturpsychologie befasst sich mit der Wirkung der gebauten Umwelt auf den Menschen und sein Verhalten mit dem Ziel, Gebäude humaner und gesundheitsverträglicher zu gestalten. Positive Wirkungen von Gebäuden und Räumen auf uns Menschen sollen verstärkt werden und zu unserem Wohlbefinden beitragen. In diesem Kontext hat sie auch im Bereich der Baubiologie einen wichtigen Stellenwert.

4.7.1 Individuelle Bedürfnisse

Hierzu ist es wichtig zu wissen, dass aus psychologischer Sicht ein Bedürfnis (im Gegensatz zu einem Wunsch) von allgemein menschlicher Natur und nicht individuell ist. Entsprechend ist es im Rahmen von Beratungen, Planungen, Raumgestaltungen stets die Aufgabe, die Bedürfnisse, die hinter einem Wunsch stehen, zu erkennen, um daraufhin eine räumliche Antwort geben zu können. Für einen Schlafräum können Antworten z.B. in folgenden Bereichen gefunden werden:

- Raumgröße und -höhe (einschl. der Proportionen)
- Raumposition innerhalb einer Wohnung/eines Gebäudes
- Sicherheits- und Schutzbedürfnis (Türe und Fenster einsehbar bzw. abschließbar, Vorhänge oder Rollos als Sichtschutz)
- Aussicht (Mitmenschen, Tiere, Begrünung etc.)
- Belichtung (Himmelsrichtung, Sonne, Fenstergröße/n etc.)
- Schallschutz (nach außen wie nach innen)
- Baustoffe, Oberflächen, Farben
- Inneneinrichtung, Möbel
- Sauberkeit / Gepflegtheit.

4.7.2 Farben

Über die Wirkung von Farbe und Licht gibt es zahlreiche Erkenntnisse, die zum Erreichen einer positiven Raumwirkung auf unsere menschliche Psyche gezielt eingesetzt werden können.

Farben rufen bestimmte Gefühle hervor, weil sie in unserer Wahrnehmung besonders stark mit Emotionen verbunden sind.

Persönliche Vorlieben, Neigungen und (oft auch nur vorübergehende) Stimmungen spielen eine große Rolle bei der Farbempfindung. Für einen Schlafraum lassen sich folgende weitgehend allgemeingültige Empfehlungen geben:

- „Ruhige“ helle Farben einsetzen, v.a. zarte Blau- oder Grüntöne
- Weiß und grau nicht oder nur sparsam verwenden
- Insgesamt auf einen ruhigen Gesamteindruck achten, also wenig verschiedene Farben, aber auch Materialien, keine rauen Oberflächen.

4.7.3 Raumproportionen

Raumproportionen haben einen großen Einfluss, ob wir uns in einem Raum wohl fühlen oder nicht. Man stelle sich vor, ob man beispielsweise in einem Bett in der Mitte eines großen Raumes mit 10 x 10 m Grundfläche und 5 m Höhe schlafen möchte.

Ein Schlafraum sollte bzgl. Raumproportionen folgende Kriterien erfüllen:

- Grundfläche mindestens so groß, dass man bequem das Bett bequem erreichen und bequem Betten machen kann und ggf. ein Kleiderschrank hineinpasst. Entsprechend empfehlen sich für einen Schlafraum für ein Einzelbett Raumgrößen von $\geq 8 \text{ m}^2$ (Kinderzimmer $\geq 12 \text{ m}^2$) und für einen Schlafraum mit Doppelbett $\geq 12 \text{ m}^2$. Zu beachten sind hierzu (wie immer) auch individuelle Bedürfnisse. Manche Menschen würden 8 oder 12 m^2 als zu klein empfinden. Auf der anderen Seite sollten Schlafräume auch nicht zu groß sein, da sich viele Menschen in zu großen Räumen verloren und ungeschützt fühlen; die Obergrenze liegt bei etwa 25 m^2 . Weil Kleidung häufig Schadstoffe emittiert (gewaschene Kleidung kann Duftstoffe enthalten, neue Kleidung ist oft chemisch behandelt, Reinigungen verwenden oft gesundheitsschädliche und/oder geruchsintensive Reinigungsmittel), wäre es besser, Kleiderschränke in einem anderen Raum unterzubringen oder ein eigenes Ankleidezimmer zu ermöglichen.
- Generell werden niedrige Räume als unangenehm, weil bedrückend empfunden (die Decke fällt auf den Kopf). Empfohlen werden für Wohn-

und auch Schlafräume 2,8 m Höhe, dies auch aus raumklimatischen Gründen.

- Die ideale Schlafräumgröße hängt auch von Position, Größe und Anzahl vorhandener Türen sowie Fenster bzw. Fenstertüren ab. Ideal ist es, Türen und Fenster so zu positionieren, dass man sie im Liegen einsehen kann; Türen und Fenster im Blick zu haben, vermittelt das Gefühl von Sicherheit und Kontrolle.
- Bei nicht idealen Raumgrößen auch auf die verwendeten Farben sowie die Beleuchtung achten: Dunkle Decken lassen Räume niedrig erscheinen, helle sowie beleuchtete Farben lassen Räume größer erscheinen. Gleichmäßig beleuchtete Räume wirken kleiner als differenziert ausgeleuchtete Räume.

4.8 Geologische Störungen

Wie bereits beschrieben, gehört das Erdmagnetfeld zu unseren natürlichen Lebensgrundlagen; der menschliche Körper hat sich im Laufe der Evolution an das Erdmagnetfeld angepasst und sich in ihm entwickelt.

Eine weitere Lebensgrundlage, für die das Gesagte ebenfalls gilt, ist die natürliche Erdstrahlung, welche auch als terrestrische Strahlung bezeichnet wird, es handelt sich dabei hauptsächlich um Gamma- und Neutronenstrahlung aus dem Erdinnern. Durch Bewegungen des Grundwassers, unterirdisch fließende Wasserläufe („Wasseradern“), Lagerstätten, Verwerfungen, Spalten oder Brüche wird sowohl das Erdmagnetfeld als auch die Erdstrahlung lokal verändert.

Schon seit Jahrtausenden wird beobachtet, dass es an bestimmten Orten z.B. zu verkrüppeltem Pflanzenwuchs, reduziertem Ernteertrag, veränderter Färbung, Wuchs, Samenbildung oder Keimfähigkeit kommt.

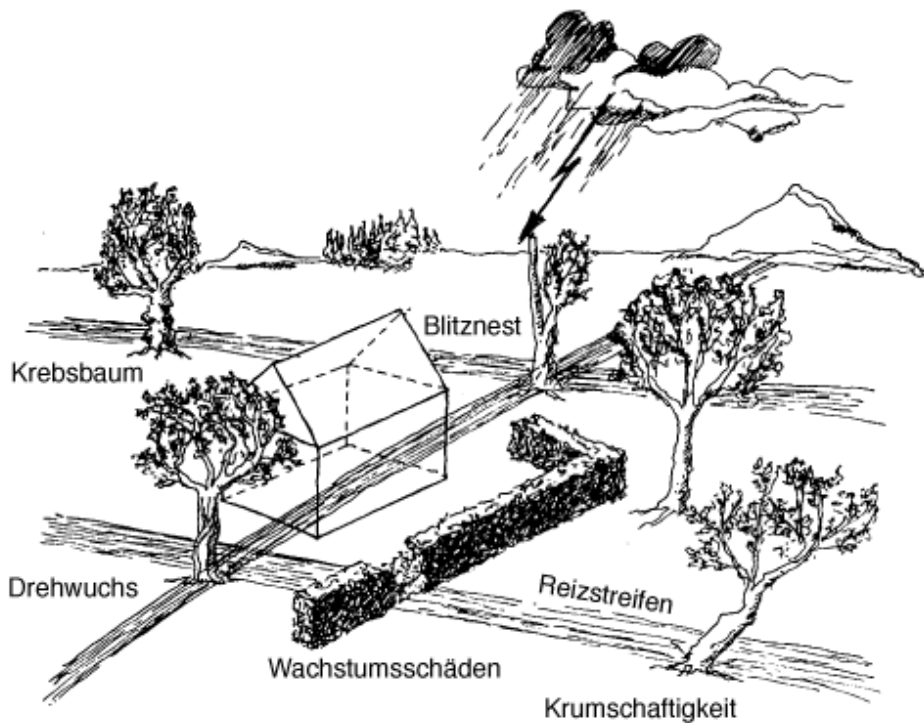


Abb. 14: **Auswirkungen geologischer Störungen auf den Pflanzenwuchs.**

Quelle: IBN Fernlehrgang Baubiologie

In der Baubiologie werden die lokalen Abweichungen des Erdmagnetfeldes bzw. der Erdstrahlung objektiv und reproduzierbar mit hochempfindlichen Geräten (3D-Magnetometern bzw. Szintillationszählern) gemessen, was im Außenbereich oft ohne anthropogene Störungseinflüsse möglich ist. In Innenräumen ist die Verzerrung des Erdmagnetfeldes durch magnetisierte Metallelemente jedoch oft so stark, dass die Interpretation der Messergebnisse sehr viel Erfahrung voraussetzt oder sinnvolle Messungen schlichtweg unmöglich sind. Dasselbe gilt für Messungen der radioaktiven Erdstrahlung, die in Innenräumen oftmals durch Baustoffradioaktivität überlagert wird.

Von der baubiologischen Herangehensweise abzugrenzen sind die Radiästhesie und Geobiologie, deren Untersuchungen nicht mit objektiven, physikalischen Messmethoden, sondern als subjektive Mutungen, z.B. dem sogenannten „Wünschelrutengehen“ erfolgen, welche aus unserer Erfahrung oft nicht ausreichend zuverlässig reproduzierbar sind. Dies bestätigt u. a. eine von 1987 bis 1989 unter der Leitung von Prof. Dr. Herbert L. König vom Institut für Grenzgebiete der Wissenschaft an der Technischen Universität München unter strengen wissenschaftlichen Bedingungen durchgeführte Untersuchung: Von 500 Rutengängern blieben nur ganze 5 Probanden übrig, die physikalisch nachweisbare objektive Ergebnisse lieferten. (Quelle: Erdstrahlen? Der Wünschelruten-Report. Wissenschaftlicher Untersuchungsbericht. König, H.L. und H.-D. Betz, Eigenverlag H.L. König und H.-D. Betz, München, 1989)

Aus dem Umfeld der Geobiologie stammt auch die Vermutung der Existenz verschiedener energetischer Gitternetzsysteme (Globalgitternetz, Curry-Gitter, Benker-Linien...), die sich mit objektiven Messmethoden jedoch nicht nachweisen lassen.

Die Auswirkungen geologischer „Störzonen“ auf den Organismus sind nach bisherigen Erkenntnissen abhängig vom Alter, vom Gesundheitsstatus, von sonstigen gesundheitlichen Belastungsfaktoren und von der individuellen Sensibilität sehr verschieden.

Biologische Wirkungen, die geologischen Störungen zugeschrieben werden, sind z.B. eine Schwächung des Körpers, durch welche Krankheiten entstehen oder verschlimmert werden bzw. der Genesungsprozess verhindert oder verzögert wird, aber auch Schlafstörungen, Müdigkeit, Nervosität, Kopfschmerzen, Wetterfühligkeit... Es gibt auch Hinweise darauf, dass sich langfristig Organschäden und chronische Erkrankungen entwickeln können. Kinder sind meist sensibler als Erwachsene. Neben den beschriebenen Anfangsbeschwerden kann man bei ihnen oft folgende Phänomene beobachten: Zusammenkauern in einer Ecke des Bettes häufigeres Herausfallen aus dem Bett, Bettnässen.

Viele Radiästheten sind davon überzeugt, dass geologisch auffällige Zonen Krebs verursachen können. Trotz ernst zu nehmender Hinweise lehnt aber die offizielle medizinische Wissenschaft und speziell die Krebsforschung eine solche Möglichkeit generell ab, ohne sich damit näher befasst zu haben.

Als Präventivmaßnahme ist aus baubiologischer Sicht die Planung von Schlafplätzen in geologisch gestörten Bereichen zu vermeiden. Bei Schlafstörungen kann es durchaus sinnvoll sein, den Schlafplatz testweise zu wechseln bzw. das Bett in einen unbelasteten Bereich zu verschieben.

Abschirmungen sind, auch wenn oft und gerne das Gegenteil behauptet wird, messtechnisch nachweislich nicht wirksam. Die aus baubiologischer Sicht einzig sinnvolle Maßnahme ist somit das Ausweichen. Man geht davon aus, dass Wasseradern, aber auch andere Störzonen im Laufe der Zeit ihre Position verändern. Kontrollmessungen in regelmäßigen Abständen sind also in Erwägung zu ziehen.

Aufgrund der vielen offenen Fragen in diesem Fachgebiet wären wissenschaftliche Forschungsarbeit sowie statistisch verwertbare Reihenversuche wünschenswert und wichtig.

5. Resümee und Ausblick

Wie in der Einführung bereits beschrieben, werden als Ursachen für Schlafprobleme meist Stress, Sorgen, gesundheitliche Probleme, übermäßige Mediennutzung, Ernährungsgewohnheiten oder Lärm genannt. Der Einfluss des Schlafplatzes und -raumes sowie die im Zeitraum vor dem Schlafengehen auf den Organismus einwirkenden baubiologischen Faktoren auf den Schlaf werden unseres Erachtens erheblich unterschätzt. Umso mehr hoffen wir – auch im Interesse der zahlreichen Betroffenen – dass diese Publikation dazu beitragen wird, dass sich die Wissenschaft, Medizin und Krankenkassen mehr den baubiologisch relevanten Einflussfaktoren auf die Schlafqualität widmen.

Wichtig ist bei der Schlafräumplanung und -einrichtung stets, nicht dogmatisch oder nach „Schema F“ vorzugehen, sondern immer den individuellen Gesundheitsstatus sowie die individuellen Bedürfnisse und Möglichkeiten im Blick zu haben. Entsprechend heißt es in den 25 Leitlinien der Baubiologie: *„Unter realen Bedingungen können nicht immer alle Kriterien erfüllt werden. Im Mittelpunkt der Betrachtung steht deshalb deren Optimierung im individuell machbaren Rahmen. Verbesserungen sind so gut wie überall möglich.“*

In vielen Fällen reichen bereits einfache Maßnahmen aus, wie ein verbessertes Lüftungsverhalten oder niedrigere Raumtemperaturen oder das nächtliche Abschalten eines WLAN-Routers. Häufig müssen aber auch Ursachen beseitigt werden. So kommt es häufig vor, dass schadstoffbelastete Materialien bzw. Gegenstände entfernt und durch unbelastete Materialien/Gegenstände ersetzt werden sollten oder zur Reduzierung elektromagnetischer Immissionen z.B. Geräte ausgeschaltet oder vom Netz genommen werden sollten.

Für einen guten Schlaf empfiehlt es sich, für Beratungen, Messungen, Planungen oder Ausführungen baubiologisch geschulte Fachleute zu konsultieren.

Einige der in dieser Publikation beschriebenen Details sind zumindest nach streng wissenschaftlichen Kriterien noch nicht ausreichend untersucht. Es wäre deshalb im Interesse von Betroffenen wichtig und wünschenswert, auch in Zusammenarbeit mit Medizinern und Schlaflaboren noch tiefergehend zu recherchieren, zu untersuchen, zu messen und zu forschen. Hierzu einige Vorschläge zu sinnvollen Forschungsarbeiten bzgl. Einflüssen auf die Schlafqualität:

- Zusammenspiel raumklimatischer Kriterien
- Schadstoffe, Mikroorganismen und Gerüche
- Entwicklung eines baubiologisch optimierten Schlaflabors
- Elektrosmog:
 - niederfrequente elektrische und magnetische Wechselfelder
 - statische elektrische und magnetische Gleichfelder
 - hochfrequente elektromagnetische Funkwellen
- Geologische Störungen

6. Quellen

Neben den genannten Quellen dienten als Grundlage für diese Publikation vor allem

- Fernlehrgang Baubiologie IBN (Ausbildung zur Baubiologin IBN / Baubiologen IBN seit 1977, fernlehrgang.baubiologie.de)
- Baubiologie Magazin (Fachinformationen für ein gesundes, nachhaltiges Wohn- und Arbeitsumfeld, baubiologie-magazin.de)
- Standard der Baubiologischen Messtechnik SBM (seit 1992 Grundlagenwerk zur professionellen Erkennung, Minimierung und Vermeidung von biologisch kritischen Umwelteinflüssen in Innenräumen (aktuell 9. Auflage von 2024). Hinter dem SBM steht eine Kommission aus erfahrenen Fachleuten wie Ingenieuren und Naturwissenschaftlern, sbm.baubiologie.de)
- Basis- und Aufbau-seminare "Baubiologische Messtechnik SBM" zur Ausbildung von Baubiologischen Messtechnikerinnen und Messtechnikern IBN (umfangreiche Skripte der Seminarleiter und Referenten)
- Stress durch Strom und Strahlung, (Buch von Wolfgang Maes, Pionier der Baubiologischen Messtechnik)
- Messergebnisse und empirische Erfahrungswerte des Institut für Baubiologie + Nachhaltigkeit IBN, des Co-Autors Christian Blank sowie weiterer vom IBN ausgebildeten Baubiologischen Messtechnikerinnen und Messtechnikern
- Informationen des Berufsverband Deutscher Baubiologen e.V. VDB (baubiologie.net)
- Informationen des Verband Baubiologie VB e.V. (verband-baubiologie.de)
- Publikationen der Arbeitsgemeinschaft ökologischer Forschungsinstitute e.V. AGÖF (agoef.de)
- Veröffentlichungen von Diagnose-Funk - Umwelt- und Verbraucherorganisation zum Schutz vor elektromagnetischer Strahlung e.V. (diagnose-funk.org)
- Lichtlabor der Universität für Weiterbildung Krams (Simulation von natürlichen Lichteinträgen. Ziel ist es, die beste Tageslichtqualität in Gebäuden zu schaffen und Lösungen zur Ergänzung des Tageslichtes durch geeignete Kunstlichtmittel zu finden)
- Planen mit Tageslicht (Fachbuch von Dr. Renate Hammer und Prof. Mathias Wambsganß)
- Architekturpsychologie: Eine Einführung (Fachbuch von Prof. Peter Richter)
- Institut für Wohn- und Architekturpsychologie IWAP (Netzwerk von Fachleuten, die sich auf wissenschaftlicher Basis mit der Mensch-Raum-Interaktion beschäftigen, iwap.institute)

Ergänzender Hinweis zu den genannten Quellen:

Das Institut für Baubiologie + Nachhaltigkeit IBN arbeitet seit Jahrzehnten mit zahlreichen weiteren Institutionen und Fachleuten zusammen und wertet dafür auch Fachliteratur und wissenschaftliche Arbeiten. Das auf diese Weise gemeinsam entstandene Kompendium an Wissen ist Grundlage für diese Publikation "Baubiologische Einflüsse auf die Schlafqualität".

7. Anhänge

- 25 Leitlinien der Baubiologie
- Standard der baubiologischen Messtechnik SBM-2024
- Baubiologische Richtwerte für Schlafbereiche

Diese Publikation wurde erstellt vom

Institut für Baubiologie + Nachhaltigkeit IBN
baubiologie.de

Autoren:

- Winfried Schneider
Architekt und Geschäftsführer des IBN
- Christian Blank M.A.
Sachverständiger für Baubiologie und Innenraumanalytik
Baubiologischer Messtechniker IBN (baubiologie-blank.de)

INNENRAUMKLIMA



Reiz- und Schadstoffe reduzieren und ausreichend Frischluft zuführen



Gesundheitsschädliche Schimmel- und Hefepilze, Bakterien, Staub und Allergene vermeiden



Neutral- oder wohlriechende Materialien verwenden



Elektromagnetische Felder und Funkwellen minimieren



Strahlungswärme zur Beheizung bevorzugen

BAUSTOFFE UND RAUM AUSSTATTUNG



Natürliche, schadstofffreie Materialien mit möglichst geringer Radioaktivität verwenden



Auf ein ausgewogenes Verhältnis zwischen Wärmedämmung, Wärmespeicherung, Oberflächen- und Raumlufttemperaturen achten



Feuchtigkeitsausgleichende Materialien verwenden



Auf geringe Neubaufeuchte achten



Raumakustik und Schallschutz optimieren (inkl. Infraschall)

RAUMGESTALTUNG UND ARCHITEKTUR



Auf harmonische Proportionen und Formen achten



Sinneseindrücke wie das Sehen, Hören, Riechen und Tasten fördern



Auf naturnahe Lichtverhältnisse und Farben achten, flimmerfreie Leuchtmittel verwenden



Physiologische und ergonomische Erkenntnisse berücksichtigen



Regionale Baukultur und Handwerkskunst fördern

25 Leitlinien der Baubiologie

Die Baubiologie umfasst Kriterien für ein gesundes, naturnahes, nachhaltiges und schön gestaltetes Lebensumfeld. Dabei geht es um Baustoffe und Raumgestaltung sowie um ökologische, ökonomische und soziale Aspekte.

UMWELT, ENERGIE UND WASSER



Den Energieverbrauch minimieren und erneuerbare Energiequellen nutzen



Beim Bauen und Sanieren negative Auswirkungen auf die Umwelt vermeiden



Natürliche Ressourcen schonen, Flora und Fauna schützen



Regionale Bauweisen bevorzugen, Materialien und Wirtschaftskreisläufe mit bestmöglicher Ökobilanz wählen



Für optimale Trinkwasserqualität sorgen

ÖKOZOIALER LEBENSRAUM



Bei der Infrastruktur auf gute Nutzungsmischung achten: kurze Wege zum Arbeitsplatz, zum öffentlichen Nahverkehr, zu Schulen, Geschäften etc.



Den Lebensraum menschenwürdig und umweltschonend gestalten



In ländlichen und städtischen Siedlungen ausreichende Grünflächen vorsehen



Nah- und Selbstversorgung stärken, regionale Dienstleistungsnetzwerke und Lieferanten einbinden



Baugrundstücke wählen, die möglichst nicht durch Altlasten, Strahlenquellen, Schadstoffemissionen und Lärm belastet sind

Download

baubiologie.de | buildingbiology.com

Unter realen Bedingungen können nicht immer alle Kriterien erfüllt werden. Im Mittelpunkt der Betrachtung steht deshalb deren Optimierung im individuell machbaren Rahmen.

Die ganzheitliche baubiologische Untersuchung nach dem

STANDARD DER BAUBIOLOGISCHEN MESSTECHNIK

SBM-2024

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

A FELDER, WELLEN, STRALUNG

1 ELEKTRISCHE WECHSELFELDER (Niederfrequenz)

Ursache: Wechselspannung in Installationen, Kabeln, Geräten, Steckdosen, Wänden, Böden, Betten, Frei- und Hochspannungsleitungen...

Messung der niederfrequenten elektrischen **Feldstärke** (V/m) und der **Körperspannung** (mV) mit Bestimmung der dominierenden **Frequenz** (Hz) und von auffälligen **Oberwellen**

2 MAGNETISCHE WECHSELFELDER (Niederfrequenz)

Ursache: Wechselstrom in Installationen, Kabeln, Geräten, Trafos, Motoren, Frei- und Erdleitungen, Hochspannungsleitungen, Bahn...

Messung und Langzeitaufzeichnung der niederfrequenten magnetischen **Flussdichte** (nT) von Netz- und Bahnstrom mit Bestimmung der dominierenden **Frequenz** (Hz) und von auffälligen **Oberwellen**

3 ELEKTROMAGNETISCHE WELLEN (Hochfrequenz)

Ursache: Mobilfunk, Daten-, Bündel-, Flug-, Richt-, Rundfunk, Radar, Militär, Schnurlostelefone, drahtlose Netzwerke, Funkgeräte...

Messung der hochfrequenten elektromagnetischen **Strahlungsdichte** ($\mu\text{W}/\text{m}^2$) mit Bestimmung der dominierenden **Frequenzen** (kHz, MHz, GHz) bzw. **Funkdienste** sowie deren **Signalcharakteristik** (niederfrequente Pulsung, Periodizität, Breitbandigkeit, Modulation...)

4 ELEKTRISCHE GLEICHFELDER (Elektrostatik)

Ursache: Synthetikteppiche, -böden, -gardinen, -textilien, Kunststofftapeten, Lacke, Oberflächenbeschichtungen, Stofftiere, Bildschirme...

Messung der statischen elektrischen **Oberflächenspannung** (V) sowie deren **Entladezeit** (s) und der **Luft-lektrizität** (V/m)

5 MAGNETISCHE GLEICHFELDER (Magnetostatik)

Ursache: Stahlteile in Betten, Matratzen, Möbeln, Geräten, Einrichtung, Baumasse..., Gleichstrom von Straßenbahn, Photovoltaikanlagen...

Messung der **Erdmagnetfeldverzerrung** als statische **räumliche Flussdichteabweichung** (μT , Metall) bzw. **zeitliche Flussdichteschwankung** (μT , Gleichstrom) sowie der **Kompassabweichung** ($^\circ$)

6 RADIOAKTIVITÄT (Alpha-, Beta- und Gammastrahlung, Radon)

Ursache: Baumasse, Steine, Fliesen, Schlacken, Aschen, Altlasten, Geräte, Antiquitäten, Lüftung, geologische Bodenstrahlung, Umwelt...

Messung der radioaktiven Strahlung als **Impulsrate** (ips), **Äquivalentdosisleistung** (nSv/h) und **Abweichung** (%) sowie Messung und Langzeitaufzeichnung der **Radonkonzentration** (Bq/m^3)

7 GEOLOGISCHE STÖRUNGEN (Erdmagnetfeld, Erdstrahlung)

Ursache: Ströme und Radioaktivität der Erde; lokale Störzonen durch z.B. terrestrische Verwerfungen, Spalten, Wasser, Lagerstätten...

Messung von **Magnetfeld** (nT) und radioaktiver **Strahlung** (ips) der Erde und ihrer auffälligen **Störungen** (%)

8 SCHALLWELLEN (Luft- und Körperschall)

Ursache: Straßenlärm, Luftfahrt, Bahn, Industrie, Gebäude, Geräte, Maschinen, Motoren, Pumpen, Trafos, Windräder, Schallbrücken...

Messung von **Lärm**, **Hör-**, **Infra-** und **Ultraschall** (dB), **Schwingung** und **Vibration** (m/s^2)

9 LICHT (künstliche Beleuchtung - sichtbares Licht, UV- und Infrarot-Strahlung)

Ursache: Glühlampen, Halogenlicht, Leuchtstoffröhren, Energiesparlampen, LED, OLED, Bildschirme, Displays, VLC-Datenübertragung...

Messung von **Lichtspektrum**, **Spektralverteilung** (nm), **Lichtflimmern** (Hz, %), **Beleuchtungsstärke** (lx), **Farbwiedergabe** (R_a), **Farbtemperatur** (K), **elektromagnetischen Feldern** (V/m, nT), **Ultraschall** (dB)

B WOHNIGIFTE, SCHADSTOFFE, RAUMKLIMA

1 FORMALDEHYD und andere gasförmige Schadstoffe

Ursache: Lacke, Kleber, Spanplatten, Holzwerkstoffe, Möbel, Einrichtungen, Geräte, Heizung, Lecks, Verbrennung, Abgase, Umwelt...

Messung **gasförmiger Schadstoffe** ($\mu\text{g}/\text{m}^3$, ppm) wie Formaldehyd, Ozon und Chlor, Stadt- und Industriegase, Erdgas, Kohlenmonoxid und Stickstoffdioxid sowie weitere Verbrennungsgase

2 LÖSEMITTEL und andere leicht- bis mittelflüchtige Schadstoffe

Ursache: Farben, Lacke, Kleber, Kunststoffe, Baumaterialien, Spanholz, Möbel, Einrichtungen, Beschichtungen, Verdüner, Pflegemittel...

Messung **flüchtiger Schadstoffe** ($\mu\text{g}/\text{m}^3$, ppm) wie Aldehyde, Aliphaten, Alkohole, Aromaten, Ester, Glykole, Ketone, Kresole, Phenole, Siloxane, Terpene und andere organische Verbindungen (VOC)

3 PESTIZIDE und andere schwerflüchtige Schadstoffe

Ursache: Holz-, Leder-, Teppichschutz, Kleber, Kunststoffe, Dichtungen, Beschichtungen, Schädlingsbekämpfung, Kammerjäger...

Messung **schwerflüchtiger Schadstoffe** (mg/kg, ng/m^3) wie Biozide, Insektizide, Fungizide, Holzschutzmittel, Teppichschutzmittel, Flammschutzmittel, Weichmacher, Pyrethroide, PCB, PAK, PFAS, Dioxine

4 SCHWERMETALLE und andere verwandte Schadstoffe

Ursache: Holzschutz, Baustoffe, Geräte, Einrichtung, Baufeuchte, PVC, Farben, Glasuren, Sanitärrohre, Industrie, Altlasten, Umwelt...

Messung **anorganischer Schadstoffe** (mg/kg, ng/m^3) wie Leicht- und Schwermetalle (Aluminium, Antimon, Arsen, Barium, Blei, Cadmium, Chrom, Kobalt, Kupfer, Nickel, Quecksilber, Zink...), Metallverbindungen und Salze

5 PARTIKEL und FASERN (Feinstaub, Nanopartikel, Asbest, Mineralfasern...)

Ursache: Aerosole, Schwebstoffe, Staub, Rauch, Ruß, Bau-, Dämm- und Kunststoffe, Lüftungs- und Klimaanlage, Geräte, Toner, Umwelt...

Messung von **Staub, Partikelzahl** und **-größe, Asbest** und sonstigen **Fasern** (l, $\mu\text{g}/\text{m}^3$, /g, %))

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

Ursache: Feuchteschäden, Baufeuchte, Baustoffe, Lüftung, Heizung, Einrichtung, Atmung, elektrische Felder, Strahlung, Staub, Umwelt...

Messung von **Luft- und Oberflächentemperatur** ($^{\circ}\text{C}$), **Luft- und Materialfeuchte** (r.F., a.F., %), **Sauerstoff** (Vol.%), **Kohlendioxid** (ppm), **Luftdruck** (mbar), **Luftbewegung** (m/s), **Luftwechselrate** (/h) und **Luftionen** ($/\text{cm}^3$), Feststellung von **Gerüchen**

C PILZE, BAKTERIEN, ALLERGENE

1 SCHIMMELPILZE und deren Sporen sowie Stoffwechselprodukte

Ursache: Feuchteschäden, Wärmebrücken, Baumängel, Baumaterialien, Sanierungsfehler, Lüftung, Klimaanlage, Einrichtung, Umwelt...

Messung und Bestimmung von kultivierbaren und nicht kultivierbaren **Schimmelpilzen**, Schimmelpilzsporen und Pilzbestandteilen ($/\text{m}^3$, $/\text{cm}^2$, $/\text{dm}^2$, /g) sowie Stoffwechselprodukten (MVOC, Toxine...)

2 HEFEPILZE und deren Stoffwechselprodukte

Ursache: Nässebereiche, Hygieneprobleme, Lebensmittelvorrat, Abfälle, Küchengeräte, Wasseraufbereitung, sanitäre Einrichtungen...

Messung und Bestimmung von **Hefepilzen** ($/\text{m}^3$, $/\text{dm}^2$, /g, /l) und Stoffwechselprodukten

3 BAKTERIEN und deren Stoffwechselprodukte

Ursache: Nässebereiche, Fäkalschäden, Hygieneprobleme, Lebensmittelvorrat, Abfälle, Wasseraufbereitung, sanitäre Installationen...

Messung und Bestimmung von **Bakterien** ($/\text{m}^3$, $/\text{dm}^2$, /g, /l) und Stoffwechselprodukten

4 HAUSSTAUBMILBEN und andere Allergene

Ursache: Milben, -kot und -stoffwechselprodukte, Insekten, Pilze, Pollen, Hygiene, Hausstaub, Haustiere, Duftstoffe, Feuchte, Umwelt...

Messung bzw. Bestimmung der **Milbenzahl** und **-exkremente, Pollen, Tierhaare, Allergene** ($/\text{m}^3$, /g)

Im Rahmen des baubiologischen Standards werden noch weitere Messungen, Analysen, Überprüfungen, Beratungen und Begutachtungen durchgeführt, z. B. des Leitungs- und Trinkwassers auf unter anderem toxische oder bakterielle Verunreinigungen, von Baumaterialien, Möbeln, Geräten und Einrichtungen, von Haus- und Holzschädlingen, auch Beratungen und Planungen für anstehende Projekte, Sanierungen, Renovierungen und Baubegleitungen.

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, sowie die Leitsätze als Wertefundament und Richtschnur in der baubiologischen Messtechnik.

Der Standard wurde in den Jahren 1987 bis 1992 von der **BAUBIOLOGIE MAES** auf Wunsch und mit Unterstützung des Institut für Baubiologie + Nachhaltigkeit IBN entwickelt. Kollegen und Ärzte haben mitgeholfen. Er wurde erstmals im Mai 1992 publiziert. Standard, Richtwerte, Leitsätze und Randbedingungen werden seit 1999 durch eine Standard-Kommission von erfahrenen baubiologischen Sachverständigen mit Unterstützung von unabhängigen Wissenschaftlern aus den Bereichen Physik, Chemie, Biologie, Architektur, von Laboren, Umweltmedizinerinnen und anderen Experten mitgestaltet. Dieser aktuelle SBM-2024 ist die 9. Ausgabe, vorgestellt im August 2024.

Ergänzung zum Standard der Baubiologischen Messtechnik SBM-2024

BAUBIOLOGISCHE RICHTWERTE FÜR SCHLAFBEREICHE

Baubiologische Richtwerte sind Vorsorgewerte. Sie beziehen sich auf Schlafbereiche, die besonders empfindliche Regenerationszeit des Menschen und das damit verbundene Langzeitrisko. 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 biologisch kritischer Einflüsse 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.

Prinzipiell und übergeordnet gilt:

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

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 in aller Regel Handlungsbedarf, Sanierungen sollten zeitnah 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.

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.

Baubiologische Richtwerte für Schlafbereiche SBM-2024
Seite 1 von 6 - Standardpunkte A1-A2

unauffällig	schwach auffällig	stark auffällig	extrem auffällig
--------------------	--------------------------	------------------------	-------------------------

A FELDER, WELLEN, STRAHLUNG

1 ELEKTRISCHE WECHSELFELDER (Niederfrequenz)

Feldstärke erdbezogen in Volt pro Meter	V/m	< 1	1 - 5	5 - 50	> 50
Körperspannung erdbezogen in Millivolt	mV	< 10	10 - 100	100 - 1000	> 1000
Feldstärke potenzialfrei in Volt pro Meter	V/m	< 0,3	0,3 - 1,5	1,5 - 10	> 10

Werte gelten für den Bereich bis und um 50 Hz, höhere Frequenzen und deutliche Oberwellen (u.a. 'dirty electricity/power') im Bereich von etwa 2 kHz bis 1 MHz sind strenger zu bewerten (orientierend können hier Faktoren von etwa 10-100 angesetzt werden; je höher die Frequenz, desto höher sollte auch der Faktor sein; ab 100 kHz können je nach Fall auch die Richtwerte für A3 herangezogen werden).

DIN/VDE 0848: Arbeit 20.000 V/m, Bevölkerung 7000 V/m; BlmSchV: 5000 V/m; TCO (erdbezogen): 10 V/m (5-2000 Hz), 1 V/m (2-400 kHz); US-EPA/NCRP Draft Report: 10 V/m; Kinderleukämie-Studien: 10 V/m; Studien oxidativer Stress, Bildung freier Radikale, Melatoninabsenkung: 20 V/m; VDB-Zert (beste Stufe): 2 V/m; BUND: 0,5 V/m; Europäische Akademie für Umweltmedizin EUROPAEM: Tag 10 V/m, Nacht 1 V/m, Empfindliche 0,3 V/m (bis 2 kHz, höhere Frequenzen 1/100); Natur: < 0,0001 V/m

2 MAGNETISCHE WECHSELFELDER (Niederfrequenz)

Flussdichte in Nanotesla	nT	< 20	20 - 100	100 - 500	> 500
---------------------------------	-----------	----------------	-----------------	------------------	-----------------

Werte gelten für den Bereich bis und um 50 Hz, höhere Frequenzen und deutliche Oberwellen (u.a. 'dirty electricity/power') im Bereich von etwa 2 kHz bis 1 MHz sind strenger zu bewerten (orientierend können hier Faktoren von etwa 10-100 angesetzt werden; je höher die Frequenz, desto höher sollte auch der Faktor sein; ab 100 kHz können je nach Fall auch die Richtwerte für A3 herangezogen werden).

Netzstrom (50 Hz) und Bahnstrom (16,7 Hz) werden einzeln erfasst.

Bei deutlichen zeitlichen Feldschwankungen ist das aus Langzeitaufzeichnungen - besonders auch über Nacht - ermittelte 95. Perzentil zur Bewertung heranzuziehen.

DIN/VDE 0848: Arbeit 5.000.000 nT, Bevölkerung 400.000 nT; BlmSchV: 100.000 nT; Schweiz: 1000 nT; Niederlande 400 nT; WHO/IARC: 300-400 nT "potentiell krebserregend"; TCO: 200 nT (5-2000 Hz), 25 nT (2-400 kHz); US-EPA/NCRP Draft Report: 200 nT; DIN 0107 (EEG): 200 nT; BioInitiative: 100 nT; VDB-Zert (beste Stufe): 60 nT; BUND: 10 nT; Europäische Akademie für Umweltmedizin EUROPAEM: Tag sowie Nacht 100 nT, Empfindliche 30 nT (bis 2 kHz, höhere Frequenzen 1/100); Natur: < 0,0002 nT

3 ELEKTROMAGNETISCHE WELLEN (Hochfrequenz)

Strahlungsdichte in Mikrowatt pro Quadratmeter $\mu\text{W}/\text{m}^2$	< 0,1	0,1 - 10	10 - 1000	> 1000
--	-----------------	-----------------	------------------	------------------

Werte gelten für einzelne Funkdienste, z. B. GSM/2G, UMTS/3G, LTE/4G, 5G, TETRA, Radio, Fernsehen, WLAN, DECT, Bluetooth..., Angaben beziehen sich auf Spitzenwerte.

Bei Funkwellen mit eindeutig periodisch gepulsten Signalen (GSM, TETRA, DECT, WLAN, digitaler Rundfunk...) und Breitbandtechniken mit gepulsten Anteilen bzw. Strukturen (LTE/4G, 5G...) sollten niedrigere Werte als bei ungelipulsten bzw. nichtperiodischen Diensten (UKW, Kurz-, Mittel-, Langwelle, analoger Rundfunk...) oder rotierendem Radar angestrebt werden.

Ehemalige baubiologische Funkwellen-Richtwerte SBM-2003: gepulst < 0,1 keine, 0,1-5 schwache, 5-100 starke, > 100 $\mu\text{W}/\text{m}^3$ extreme Anomalie; ungelipulst < 1 keine, 1-50 schwache, 50-1000 starke, > 1000 $\mu\text{W}/\text{m}^2$ extreme Anomalie

DIN/VDE 0848: Arbeit bis 100.000.000 $\mu\text{W}/\text{m}^2$, Bevölkerung bis 10.000.000 $\mu\text{W}/\text{m}^2$; BImSchV: frequenzabhängig zwischen 2.000.000 und 10.000.000 $\mu\text{W}/\text{m}^2$; Mobilfunk: Schweiz bis 100.000 $\mu\text{W}/\text{m}^2$, Salzburger Resolution / Bundesärztekammer 1000 $\mu\text{W}/\text{m}^2$, Biolinitiative 1000 $\mu\text{W}/\text{m}^2$ außen, EU-Parlament STOA 100 $\mu\text{W}/\text{m}^2$, Salzburg 10 $\mu\text{W}/\text{m}^2$ außen, 1 $\mu\text{W}/\text{m}^2$ innen; Europäische Akademie für Umweltmedizin EUROPAEM: Rundfunk FM, UKW Tag 10.000 $\mu\text{W}/\text{m}^2$, Nacht 1000 $\mu\text{W}/\text{m}^2$, Empfindliche 100 $\mu\text{W}/\text{m}^2$ / TETRA, DVB-T Tag 1000 $\mu\text{W}/\text{m}^2$, Nacht 100 $\mu\text{W}/\text{m}^2$, Empfindliche 10 $\mu\text{W}/\text{m}^2$ / GSM, UMTS, LTE, DECT Tag 100 $\mu\text{W}/\text{m}^2$, Nacht 10 $\mu\text{W}/\text{m}^2$, Empfindliche 1 $\mu\text{W}/\text{m}^2$ / GRPS, DAB+, WLAN Tag 10 $\mu\text{W}/\text{m}^2$, Nacht 1 $\mu\text{W}/\text{m}^2$, Empfindliche 0,1 $\mu\text{W}/\text{m}^2$; EEG-, Immunstörung: 1000 $\mu\text{W}/\text{m}^2$; Handyfunktion: < 0,001 $\mu\text{W}/\text{m}^2$; Natur: < 0,000.001 $\mu\text{W}/\text{m}^2$

4 ELEKTRISCHE GLEICHFELDER (Elektrostatik)

Oberflächenspannung in Volt	V	< 100	100 - 500	500 - 2000	> 2000
Entladezeit in Sekunden	s	< 10	10 - 30	30 - 60	> 60

Werte gelten für auffällige Materialien und Geräte in Körpernähe und/oder für raumdominierende Flächen sowie bei relativen Luftfeuchten von 40-60 %.

TCO: 500 V; Schäden an Elektronik, Computerbausteinen: ab 100 V; schmerzhafte Schläge, Funken: ab 2000-3000 V; Synthetikmaterialien, Kunststoffbeschichtungen: bis 10.000 V; Kunststoffböden, Laminat: bis 20.000 V; Natur: < 100 V

Luftelektrizität in Volt pro Meter	V/m	< 100	100 - 500	500 - 2000	> 2000
---	------------	-----------------	------------------	-------------------	------------------

DIN/VDE 0848: Arbeit 40.000 V/m, Bevölkerung 10.000 V/m; EMFV: 28.200 V/m; Natur: ~ 50-200 V/m, Föhn: ~ 1000-2000 V/m, Gewitter: ~ 5000-10.000 V/m

5 MAGNETISCHE GLEICHFELDER (Magnetostatik)

Flussdichteabweichung (Metall) in Mikrottesla	μT	< 1	1 - 5	5 - 20	> 20
Flussdichteschwankung (Strom) in Mikrottesla	μT	< 1	1 - 2	2 - 10	> 10
Kompassnadelabweichung in Grad	$^\circ$	< 2	2 - 10	10 - 100	> 100

Werte bezogen auf räumliche Flussdichteabweichungen durch Metall/Stahl bzw. zeitliche Flussdichteschwankungen durch Gleichstrom.

DIN/VDE 0848: Arbeitsplatz 67,9 mT, Bevölkerung 21,2 mT; BImSchV 500 μT ; Kernspin ~ 1-7 T; Natur, Erdmagnetfeld: Mitteleuropa, USA, Australien ~ 45-50 μT , Äquator ~ 25 μT , Pole ~ 65 μT ; Magnetfeld Auge: 0,0001 nT, Gehirn: 0,001 nT, Herz: 0,05 nT; Orientierung Tiere: 1 nT

6 RADIOAKTIVITÄT (Alpha-, Beta- und Gammastrahlung, Radon)

Impuls- bzw. Dosisleistungserhöhung in Prozent	%	< 50	50 - 70	70 - 100	> 100
---	----------	----------------	----------------	-----------------	-----------------

Werte bezogen auf die Gammastrahlung der lokalen Umgebung, mindestens jedoch auf den Durchschnitt in Deutschland, dies sind 0,8 mSv/a (Millisievert pro Jahr) bzw. 100 nSv/h (Nanosievert pro Stunde); bei deutlich höherer Umgebungsstrahlung gilt eine geringere prozentuale Äquivalentdosisleistungserhöhung.

Strahlenschutzverordnung: Bevölkerung 1 mSv/a zusätzliche Belastung; EU: 1 mSv/a zusätzliche Belastung durch Baustoffe in Innenräumen; Arbeitsplatz 20 mSv/a; Norddeutschland: < 0,6 mSv/a (< 70 nSv/h); Erzgebirge, Thüringen, Schwarzwald, Bayerischer Wald...: > 1,4 mSv/a (> 165 nSv/h)

Radon in Becquerel pro Kubikmeter	Bq/m³	< 30	30 - 60	60 - 200	> 200
--	-------------------------	----------------	----------------	-----------------	-----------------

Bei den Werten wird die jeweilige Jahresmittel-Außenluftkonzentration hinzu addiert (z. B. gemäß den Daten des BfS-Geoportals), so dass sich der SBM-Richtwert um die natürliche Hintergrundbelastung erhöht.

Referenzwert StrlSchG (Arbeitsplatz; Aufenthaltsbereich): 300 Bq/m³; WHO, UBA (AIR), Bundesamt für Strahlenschutz BfS: 100 Bq/m³; BVS-Empfehlung (Neubau): 100 Bq/m³; Dänemark (Neubau): 100 Bq/m³; EPA (USA): 150 Bq/m³; Norwegen, Schweden, England (Referenzwert): 200 Bq/m³; VDB-Zert (beste Stufe): 50 Bq/m³; Innenräume, Durchschnitt in D: ~ 50 Bq/m³, 1-2 % > 250 Bq/m³; Außenluft im Durchschnitt in D: ~ 5-30 Bq/m³; Radonstollen/Uranbergbau: bis über 100.000 Bq/m³; Lungenkrebs: Risikozunahme je 100 Bq/m³ um je 10-16 %

7 GEOLOGISCHE STÖRUNGEN (Erdmagnetfeld, Erdstrahlung)

Störung Erdmagnetfeld in Nanotesla	nT	< 100	100 - 200	200 - 1000	> 1000
Störung Erdstrahlung in Prozent	%	< 10	10 - 20	20 - 50	> 50

Werte bezogen auf das natürliche Erdmagnetfeld und die natürliche radioaktive Gamma- bzw. Neutronenstrahlung der Erde an der jeweils untersuchten Örtlichkeit.

Natürliche Schwankungen des Erdmagnetfeldes: zeitlich 10-100 nT, bei Magnetstürmen/Sonneneruptionen 100-1000 nT; Abnahme pro Jahr: 20 nT

8 SCHALLWELLEN (Luft- und Körperschall)

Übergeordnet gilt: Es dürfen **keine individuell störenden Geräusche oder Vibrationen** vorhanden sein.

Je nach Fall und Fragestellung können für den Luftschall folgende Werte und Angaben zur Orientierung dienen:

Schallpegel	dB(A)	< 25	25 - 35	35 - 45	> 45
	dB(C)	< 32	32 - 42	42 - 52	> 52
	dB(Z)	< 35	35 - 45	45 - 55	> 55

Werte bezogen auf energieäquivalente Dauerschallpegel (L_{eq}). Es sind zumindest immer sowohl dB(A)- als auch dB(C)-Schallpegel zu ermitteln, bei Messungen unter 50 Hz auch die unbewerteten dB(Z)-Schallpegel.

Speziell im tieffrequenten Bereich unter etwa 150 Hz sollten (z.B. bei unbewertet vorgenommenen Terzband-, Zwölfteloktavband- oder FFT-Analysen) keine dauerhaft hervortretenden einzelnen Frequenzen oder Frequenzbänder (mindestens ~ 5 dB über dem Hintergrund) vorhanden sein.

0-10 dB(A) Hörschwelle, Atmen, Blätterrauschen / 10-20 ruhiger Schlafraum, Flüstern, Wind / 20-30 Bibliothek / 30-40 ruhiger Wohnraum, leise Unterhaltung / 40-50 belebter Wohnraum, angeregte Unterhaltung / 50-60 Büro, laute Unterhaltung, Stressgrenze / 60-70 Alltagslärm, Straßenverkehr, lautere Musik / 70-80 Staubsauger, lauter Straßenverkehr / 80-90 Industrielärm, lauter Bahnverkehr / 90-100 Presslufthammer, Bohrmaschine / 100-110 Disco, Fluglärm, Autorennen / 110-120 Tiefflieger, Flugzeuglandebahn / 130 Schmerzgrenze, Start Düsenmaschine in 50 m / 140 Gewehrschuss in Ohrnähe, Düsentriebwerk in 10 m Nähe / 160 Risiko Trommelfellplatzen.

TA Lärm (Technische Anleitung zum Schutz gegen Lärm): innerhalb von Gebäuden tagsüber 35 dB(A), nachts 25 dB(A); kurzzeitige Geräuschspitzen nicht mehr als 10 dB darüber. Verkehrslärmschutzverordnung für neue oder geänderte Straßen- oder Schienenwege: in Wohngebieten durchschnittlich tagsüber 59 dB(A), nachts 49 dB(A), in Mischgebieten 64 dB(A) bzw. 54 dB(A). VDI 2058: in reinen Wohngebieten tagsüber 50 dB(A), nachts 35 dB(A); in allgemeinen Wohngebieten tagsüber 55 dB(A), nachts 40 dB(A); in Mischgebieten tagsüber 60 dB(A), nachts 45 dB(A). Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin: Büroräume 40-45 dB(A).

9 LICHT (künstliche Beleuchtung, sichtbares Licht, UV- und Infrarot-Strahlung)

Am Schlafplatz sollte es bezüglich künstlicher Lichtquellen so **dunkel** wie möglich sein (idealerweise **0 Lux**). Die Lichtqualität speziell in den zwei bis drei Stunden vor dem Einschlafen sollte möglichst dem **natürlichen Licht** in den Abendstunden angepasst sein: Das **Lichtspektrum** sollte entsprechend homogen bzw. **kontinuierlich** ohne deutliche Einzelspitzen sein sowie **keinen deutlichen Blaulichtanteil**, einen **guten Farbwiedergabeindex** (R_a über **95**) und idealerweise einen **hohen Nah-Infrarot-Anteil** aufweisen. Künstliche Lichtquellen sollten kontinuierliche Helligkeitsverläufe ohne Oberwellen und möglichst **niedrige Flicker- bzw. Flimmer-Anteile** besitzen (vor allem bis rund 3000 Hz im Idealfall um oder unter **1 % bzw. 2 %**) Außerdem sollten sie **keine auffälligen elektrischen und magnetischen Wechselfelder, elektromagnetischen Wellen oder Ultraschall** hervorrufen. Generell sollte man in Innenräumen nur so viel Kunstlicht einsetzen, wie für die jeweilige Sehaufgabe nötig ist, und sich tagsüber so oft wie möglich dem **natürlichen Tageslicht** im Freien aussetzen.

Messtechnische Randbedingungen 2024: Beleuchtungsstärke: tags ~ 100-100.000 Lux, abends ~ 10-100 Lux, nachts < 1 Lux; Farbtemperatur tags ~ 4000-6000 K, abends ~ 1500-3000 K; kein Ultraschall; elektrische Wechselfelder bis 2 kHz < 10 V/m, ab 2 kHz < 1 V/m; magnetische Wechselfelder bis 2 kHz < 50 nT, ab 2 kHz < 5 nT; keine Lichtmodulation zur Datenübertragung (präventiver Ansatz aufgrund unzureichender Datenlage); keine Schadstoffe oder Gerüche; keine toxischen Inhalte wie z. B. Quecksilber

Ökodesign-Richtlinie EU: Flimmern $P_{sLM} \leq 1$ (für Frequenzen 0,3-80 Hz), Stroboskop-Effekt $SVM \leq 0,9$, ab 9/2024 $\leq 0,4$ (für Frequenzen 80-2000 Hz); IEEE Modulationstiefe (%): für 10-100 Hz 0,025f, für 100-1000 Hz 0,08f; ASR für Büroräume: > 500 Lux, $R_a > 80$

B WOHNIGFTE, SCHADSTOFFE, RAUMKLIMA

1 FORMALDEHYD und andere gasförmige Schadstoffe

Formaldehyd in Mikrogramm pro Kubikmeter in parts per million	$\mu\text{g}/\text{m}^3$ ppm	< 20 < 0,016	20 - 50 0,016 - 0,04	50 - 100 0,04 - 0,08	> 100 > 0,08
--	---------------------------------	-----------------	-------------------------	-------------------------	-----------------

AGW: 370 $\mu\text{g}/\text{m}^3$; BGA: 120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$; UBA/AIR: 100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$; WHO: 100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$; DGNB-Zertifizierung (beste Stufe): 30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$; VDB-Zert (beste Stufe): 30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$; AGÖF-Orientierungswert: 30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$; VDI: 25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$; Schleimhaut- und Augenreizung, Geruchswahrnehmung: ab ~ 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$; Lebensgefahr: 30.000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$; Natur: < 2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

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, je nach Aufgabenstellung Substanzen nach UBA, DIN ISO 16000-6 2022-03...) in der Raumluft, innenraumtypische Mischungen diverser Einzelsubstanzen vorausgesetzt. Falls einzelne Stoffe bzw. Stoffgruppen dominieren, sind diese schärfer zu bewerten, ebenso wenn es sich um besonders kritische, geruchsintensive, allergisierende, reizende oder krebserzeugende Luftschadstoffe wie z.B. Benzol, Naphthalin(e), Styrol, Phenol, Kresole, Acetaldehyd, Benzaldehyd, Furfural, Dichlorethan, Isothiazolinone... handelt. Für Einzelbewertungen siehe z.B. 'AGÖF-Orientierungswerte für flüchtige organische Verbindungen in der Raumluft' oder UBA/AIR-Innenraumrichtwerte (spätestens bei RWI-Überschreitungen Handlungsbedarf), zur Einschätzung geruchsintensiver Substanzen auch AGÖF-Leitfaden 'Gerüche in Innenräumen' und UBA-Geruchsleitwerte. Spezielle Substanzen wie z.B. kurzkettige Carbonsäuren oder VVOC (Methanol, Aceton...) sind bei Bedarf gesondert zu untersuchen.

Umweltbundesamt (Leitwert Stufe 1): 300 $\mu\text{g}/\text{m}^3$; Seifert BGA Zielwert: 300 $\mu\text{g}/\text{m}^3$; DGNB-Zertifizierung (beste Stufe): 300 $\mu\text{g}/\text{m}^3$; VDB-Zert (beste Stufe): 300 $\mu\text{g}/\text{m}^3$; Methyl-Isothiazolinon 1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$; Molhave: 200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$; AGÖF-Normalwerte 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 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

3 PESTIZIDE und andere schwerflüchtige Schadstoffe

Pestizide	Luft	ng/m ³	< 5	5 - 25	25 - 100	> 100
wie PCP, Lindan, Permethrin, Chlorpyrifos, DDT, Dichlofluanid...	Staub	mg/kg	< 0,2	0,2 - 1	1 - 10	> 10
	Holz, Material	mg/kg	< 1	1 - 10	10 - 100	> 100
	Material mit Hautkontakt	mg/kg	< 0,5	0,5 - 2	2 - 10	> 10
Flammschutzmittel	chloriert	Staub	mg/kg	< 0,5	0,5 - 2	> 10
	halogenfrei	Staub	mg/kg	< 5	5 - 50	> 200
Weichmacher	Staub	mg/kg	< 100	100 - 250	250 - 1000	> 1000
PCB	Staub	mg/kg	< 0,5	0,5 - 2	2 - 5	> 5
PAK	Staub	mg/kg	< 0,5	0,5 - 2	2 - 20	> 20

Werte in Nanogramm pro Kubikmeter Luft bzw. Milligramm pro Kilogramm Material, Holz, Staub.

Werte gelten pro Einzelsubstanz, außer bei PCB für den mit 5 multiplizierten Summenwert der Kongenere 28, 52, 101, 138, 153 und 180 nach LAGA und bei PAK für 16 Leitsubstanzen nach EPA.

Hausstaubwerte gelten in aller Regel für etwa 7-10 Tage alten Staub und für Sekundärkontaminationen, nicht für Primärkontaminationen (also nicht für direkt abgesaugte, behandelte Quellen, Flächen und Materialien).

Als weitere Bewertungshilfe siehe 'AGÖF-Orientierungswerte für mittel- und schwerflüchtige Stoffe im Hausstaub' oder für Oberflächenbelastungen VdS-Richtlinien 2357 zur Brandschadensanierung.

PCP-Verbotsordnung: Material 5 mg/kg; PCP-Richtlinie: Luft 1000 ng/m³, Zielwert 100 ng/m²; ARGE-Bau: Luft 100 ng/m³, Staub 1 mg/kg; PCB-Richtlinie Ziel: 300 ng/m³; PCB-Sanierungsziel NRW: 10 ng/m³; akute Gesundheitsgefahr: 3000 ng/m³; Sonderentsorgung: 50 mg/kg; VDB-Zert (beste Stufe): Summe Biozide und Insektizide 50 ng/m³, Summe organische Flammschutzmittel 100 ng/m³, Summe Phthalat-Weichmacher 500 ng/m³; AGÖF-Normalwerte Staub (Beispiele): PCP 0,3 mg/kg, Lindan 0,1 mg/kg, Permethrin 0,5 mg/kg, Chlorpyrifos 0,1 mg/kg, DDT/DDD/DDE < 0,1 mg/kg, Dichlofluanid 0,1 mg/kg, Tolyfluanid < 0,1 mg/kg, TCEP 0,5 mg/kg, PAK Benzo-(a)-pyren < 0,2 mg/kg, DEHP 400 mg/kg

4 SCHWERMETALLE und andere verwandte Schadstoffe

Es gibt noch keine baubiologischen Richtwerte für Schwermetalle.

Als Bewertungshilfe siehe 'AGÖF-Orientierungswerte für mittel- und schwerflüchtige Stoffe im Hausstaub'.

AGÖF-Normalwerte Staub (Beispiele): Arsen 1 mg/kg, Blei 20 mg/kg, Cadmium 1,5 mg/kg, Chrom 75 mg/kg, Kupfer 80 mg/kg, Quecksilber 0,5 mg/kg, Zink 500 mg/kg; Quecksilber UBA/AIR: Luft 35 ng/m³ (RW I); Trinkwasserverordnung: Blei 0,01 mg/l (bis 2028), 0,005 mg/l (ab 2028); Bundes-Bodenschutzverordnung Boden Wohngebiete: Blei 400 mg/kg, Quecksilber 20 mg/kg

5 PARTIKEL und FASERN (Feinstaub, Nanopartikel, Asbest, Mineralfasern...)

Die Partikel-, Faser- bzw. Staubkonzentration sollte in Räumen unter dem üblichen unbelasteten Hintergrund im Freien liegen. Asbest und Mineralfasern sollten in der Raumluft, auf Flächen, im Staub gar nicht oder nur minimal nachweisbar sein.

Ehemalige baubiologische Asbest-Luftrichtwerte SBM-2000: < 100 keine, 100-200 schwache, 200-500 starke, > 500/m³ extreme Anomalie
Asbestfasern Luft - TRGS 519: Sanierungszielwert 500/m³, Arbeitsplatz-Akzeptanzkonzentration 10.000/m³; Außenluft: 50-150/m³, Reinluftgebiete: 20/m³

Partikel Luft - BImSchV: 40 µg/m³ (< 10 µm, Jahresmittel), 50 µg/m³ (< 10 µm, Tagesmittel), 25 µg/m³ (< 2,5 µm, Jahresmittel), EU: 50 µg/m³ (< 10 µm), EPA: 12 µg/m³ (< 2,5 µm), WHO: 15 µg/m³ (< 10 µm), 5 µg/m³ (< 2,5 µm), Zugspitze: 5-10 µg/m³, Land: 5-30 µg/m³, Stadt: 10-100 µg/m³, Raum mit Zigarettenqualm: > 1000 µg/m³ (je < 10 µm)

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

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

Kohlendioxid in parts per million	ppm	< 700	700 - 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 2023: 420 ppm, 1985: 330 ppm; jährlicher Anstieg: 1-2 ppm

Kleinionen pro Kubikzentimeter Luft	/cm ³	> 500	200 - 500	100 - 200	< 100
--	------------------	-------	-----------	-----------	-------

Achtung: Hohe Luftionenwerte in Innenräumen können auf Radon hinweisen.

Am Meer: > 2000/cm³, Reinluftgebiete: ~ 1000/cm³, Land: < 800/cm³, Stadt: < 700/cm³, Industriegebiete/Straßenverkehr: < 500/cm³, Raum mit Elektrostatik: < 300/cm³, Raum mit Zigarettenqualm: < 200/cm³, Smog: < 50/cm³; stete Luftionenabnahme in den letzten Jahr(zehnt)en

Für Gerüche gilt übergeordnet: Es sollten **keine individuell störenden Gerüche** vorhanden sein.

Je nach Fall und Fragestellung können orientierend folgende subjektive Wahrnehmungs-Angaben zur Beurteilung von Gerüchen herangezogen werden:

Geruch	kein	leicht nicht unangenehm noch akzeptabel	deutlich unangenehm schwer akzeptabel	massiv sehr unangenehm inakzeptabel
---------------	------	---	--	--

Bei Bedarf können diese Einschätzungen durch mehrere Personen (z.B. ausgebildete Geruchsprüfer) überprüft werden. Eine geruchliche Bewertung sollte in der Regel im Zusammenhang mit der messtechnischen oder laboranalytischen Abklärung hygienisch bzw. toxikologisch verdächtiger Schadstoffe vorgenommen werden.

Zusätzliche Bewertungsmöglichkeiten: Geruchsleitfaden der AGÖF, Geruchsleitwerte des UBA/AIR

C PILZE, BAKTERIEN, ALLERGENE

1 SCHIMMELPILZE und deren Sporen sowie Stoffwechselprodukte

In Innenräumen darf es weder mit bloßem Auge oder mit technischen Hilfsmitteln (Mikroskop, bauforensische Lampen...) sichtbare **Schimmelpilzbefälle** noch Kontaminationen mit **Sporen** geben:

Befallsgröße Ausmaß in Quadratzentimeter	cm ²	0	0 - 20	20 - 5000	> 5000
Mikroskopisch nachweisbare Schimmelpilz-Hyphen, -Sporenbildungsorgane oder -Sporen pro Quadratzentimeter	/cm ²	keine	vereinzelt	viele	massenhaft

Kritischere Pilze wie Aspergillus, Stachybotrys... und/oder Befälle in tieferen Schichten von Materialien sollten dabei strenger bewertet werden.

Die Schimmelpilzzahlen in der Raumluft, auf Oberflächen, im Hausstaub, in Hohlräumen, in Materialien... sollten **unter** denen im Freien bzw. im Bereich von unbelasteten Vergleichsräumen liegen. Die Schimmelpilzarten drinnen sollten sich **nicht** wesentlich von jenen draußen bzw. in unbelasteten Vergleichsräumen unterscheiden. Besonders **kritische** Pilze, z. B. toxinbildende, allergisierende oder bei 37 °C Körpertemperatur wachsende, dürfen **nicht** oder nur minimal nachweisbar sein. Es darf keine Kontaminationen mit **Stoffwechselprodukten** von Schimmelpilzen (Mykotoxine, MVOC, Glukane...) geben.

Um Schimmelwachstum entgegen zu wirken, sind dauerhaft erhöhte Material- und Luftfeuchten sowie zu kühle Oberflächentemperaturen und kritische Wärmebrücken zu vermeiden; die **Wasseraktivität** von Materialien sollte nicht längere Zeit über **0,65** liegen.

Weitere **Auffälligkeiten, Verdachtsmomente** oder Hinweise auf mikrobielle Belastungen sind zu berücksichtigen bzw. in Bewertungen mit einzubeziehen (z. B. Verfärbungen, Flecken, Mikroorganismen-typische Gerüche, feuchteindizierende Pilze, Bau-, Nässe- und Fäkal-Schäden, Problemkonstruktionen, Hygieneaspekte, erhöhte Einträge von außen, Altschäden, Gebäudeanamnese, Ortsbesichtigung, Krankheiten der Bewohner, umweltmedizinische Ergebnisse...).

Ergänzende baubiologische Bewertungshilfen und Angaben zu Untersuchungen von Luft, Oberflächen, Staub, MVOC, Feuchte... sind in den messtechnischen Randbedingungen, Erläuterungen und Ergänzungen aufgeführt.

Detailliertere Bewertungen und Angaben: Umweltbundesamt 'Schimmelleitfaden', WTA-Merkblatt 4-12 05.2021/D, VDB-Zert, LGA-Leitfaden....

2 HEFEPILZE und deren Stoffwechselprodukte

Hefepilze sollten in der Raumluft, auf Oberflächen und Materialien oder in Bett-, Wäsche-, Hygiene-, Bad-, Küchen- und Lebensmittelbereichen **nicht** oder nur minimal nachweisbar sein. Das gilt speziell für gesundheitlich besonders **kritische** Hefen wie Candida oder Cryptococcus.

3 BAKTERIEN und deren Stoffwechselprodukte

Die Bakterienzahlen in der Raumluft sollten **ähnlich** wie oder geringer als in der Außenluft bzw. in unbelasteten Vergleichsräumen sein. Besonders **kritische** Keimarten, beispielsweise bestimmte Pseudomonaden, Legionellen, Aktinomyzeten bzw. Aktinobakterien..., sollten in Häusern **nicht** oder nur minimal nachweisbar sein, weder in der Luft noch auf Materialien, im Trinkwasser, in Hygiene-, Bad-, Küchenbereichen. Es darf keine Kontaminationen mit bakteriellen **Stoffwechselprodukten** (Endotoxine, MVOC...) geben.

Weitere **Auffälligkeiten, Verdachtsmomente** oder Hinweise auf Bakterien-Belastungen sind zu berücksichtigen bzw. in Bewertungen mit einzubeziehen (z. B. hohe Materialfeuchte, Nässeschäden, Schimmelpilzbefälle bzw. -untersuchungen, Hygiene- und Fäkalienprobleme, Bakterien-typische Gerüche, erhöhte Einträge von außen, Gebäudeanamnese, Ortsbesichtigung, Krankheiten der Bewohner, umweltmedizinische Ergebnisse...).

Detailliertere Bewertungen und Angaben: Umweltbundesamt 'Schimmelleitfaden', VDB-Fäkal-Leitfaden.

4 HAUSSTAUBMILBEN und andere Allergene

Es gibt noch keine baubiologischen Richtwerte für Hausstaubmilben und Allergene.

Für Bewertungen können Referenzwerte von Laboren oder Allergologen herangezogen werden.

Schlussbemerkungen

Bei der Anwendung der Richtwerte sind Grundempfindlichkeit und Genauigkeit der eingesetzten Messgeräte zu beachten und anzugeben. In vielen Fällen können orientierende Messverfahren angewendet werden. Bei komplexen Belastungen oder Fragestellungen sollten präzisere (und meist aufwändigere) Messgeräte und -verfahren gewählt werden.

Zum Standard der baubiologischen Messtechnik und diesen Richtwerten für Schlafbereiche gehören die ergänzenden messtechnischen Randbedingungen, Erläuterungen und Ergänzungen, in denen die messtechnischen bzw. analytischen Vorgehensweisen näher beschrieben werden und auf weitere orientierende Richtwertvorschläge hingewiesen wird, sowie die Leitsätze als Wertefundament und Richtschnur.

Da die baubiologischen Richtwerte an erster Stelle auf langjähriger Erfahrung und wissenschaftlichen Studien basieren, gibt es sie (noch) nicht für alle Standardpunkte, sie werden regelmäßig neuen Erkenntnissen entsprechend ergänzt und aktualisiert. Wie auch viele andere Richtwerte sind sie Empfehlungen und keine rechtlich verbindlichen Grenzwerte.

Auch an Arbeitsplätzen und speziell in sensiblen Bereichen mit langer und regelmäßiger Aufenthaltsdauer sind alle baubiologischen Belastungen so gering wie eben möglich zu halten. Auch am Arbeitsplatz und darüber hinaus gelten die grundlegenden baubiologischen Prinzipien: Jede Risikoreduzierung ist anzustreben, das Machbare steht im Vordergrund. Für die Bewertung von Arbeitsbereichen könnten einige Regelwerke, Empfehlungen und Erkenntnisse beachtet werden, beispielsweise TCO, EUROPAEM, US-EPA/NCRP, BioInitiative Working Group, EU-Parlament/STOA oder BUND (elektromagnetische Felder und Wellen), EU, WHO oder Bundesamt für Strahlenschutz (Radioaktivität, Radon), AGÖF (Schadstoffe, Gerüche), UBA/AIR (Schimmelpilze, Schadstoffe, Kohlendioxid...), VDI, Gefahrstoffverordnung und TRGS (Schadstoffe), ARGE-Bau (Pestizide, PAK), LGA Baden-Württemberg (Schimmelpilze)...

Der mehrteilige Standard nebst Richtwerten wurde in den Jahren 1987 bis 1992 von der *BAUBIOLOGIE MAES* auf Wunsch und mit Unterstützung des Institut für Baubiologie + Nachhaltigkeit IBN entwickelt. Kollegen und Ärzte haben mitgeholfen. Er wurde erstmals im Mai 1992 publiziert und ist seitdem, national und inzwischen auch international, roter Faden und Basis für baubiologisch-messtechnisches Arbeiten und vorsorgliches Bewerten. Der 2002 gegründete Verband Baubiologie VB macht den Standard zu seiner Arbeitsgrundlage.

Standard und Richtwerte sowie die dazugehörigen Randbedingungen und Leitsätze werden seit 1999 durch eine etwa zehnköpfige Standard-Kommission 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-2024 ist die 9. Ausgabe, vorgestellt im August 2024.