

# **CONDICIONES MARCO**

## **PARA MEDICIONES TÉCNICAS**

### **ACLARACIONES Y COMPLEMENTOS**

5. Proyecto 5/2015

Estas condiciones marco y aclaraciones amplían y profundizan de forma resumida los criterios esenciales para la realización experta de mediciones, análisis y procedimientos. Adicionalmente hay que tener en cuenta las instrucciones de uso de los fabricantes de los aparatos, las indicaciones de las asociaciones, los contenidos de las normas y la literatura especializada.

Los complementos tratan de ampliar mediante directrices, valores orientativos y ayudas a las evaluaciones adicionales los valores de referencia para las zonas de descanso.

La ampliación de estos estudios para la transposición técnica de los criterios estándar en *Baubiologie* se encuentran en los libros 'Stress durch Strom und Strahlung' (Estrés causado por la electricidad y las radiaciones) de Wolfgang Maes y 'Stress durch Wohngifte und Pilze' (Estrés causado por sustancias tóxicas en la vivienda y por hongos) de Dr. Manfred Mierau y Dr. Thomas Haumann. Los seminarios básicos y de especialización 'Técnicas de Medición en Baubiologie' del Institut für Baubiologie + Nachhaltigkeit (Instituto de Bioconstrucción + Sostenibilidad) IBN y otras ofertas de formación de postgrado, como por ejemplo los seminarios prácticos de la asociación Baubiologie VB, ofrecen formación completa teórica y práctica en relación a la norma, sus valores de referencia y las condiciones marco. La Asociación Profesional de Bioconstructores Alemanes VDB ofrece directrices complementarias a los apartados concretos de la norma, instrucciones para los procedimientos y recomendaciones para garantizar la calidad.

La disponibilidad de varios métodos de medición y análisis dentro de un punto estándar producen una mayor seguridad técnica en la medición. Los métodos descritos se complementan, no se sustituyen unos a otros y, según los casos y la problemática, deben combinarse.

# A CAMPOS, ONDAS, RADIACION

## 1 CAMPOS ELECTRICOS ALTERNOS (bajas frecuencias)

Medición de la **intensidad de campos eléctricos** de baja frecuencia y de la **tensión corporal**, determinando la **frecuencia** dominante y de las **ondas armónicas** significativas

### - **Intensidad del campo eléctrico** (voltios por metro, V/m)

#### a) contra el potencial de la tierra

Medición del valor efectivo considerando el cuerpo en concordancia con la norma para ordenadores TCO.

Mediante instrumento de medición de campos, respectivamente sonda de campos (sonda TCO, respectivamente de plato, sonda pequeña), medidor de campos, analizador NF...:

- rango de frecuencias 10 Hz – 100 kHz (mejor 400 kHz y más),
- rango de medición hasta 5000 V/m o más, sensibilidad comprobable 0,1 V/m,
- margen de error  $\pm 10\%$ .

Atención: referencia a un potencial de tierra sólido (conductor de compensación de potencial, base de enchufe, instalación sanitaria, piqueta de tierra...). Dirección de la sonda cercana o alejada del cuerpo (según indicaciones del fabricante). Las sondas pequeñas a menudo indican valores de medición inferiores a las de los platos sonda TCO de diámetros hasta 30 cm., el patrón será la sonda TCO. Orientación de la sonda directa, libre de obstáculos en dirección al origen – a menudo provenientes de diferentes direcciones – de los campos ("localización" lo más afinada posible). 30 cm. de distancia mínima a la fuente del campo.

#### b) libre de potencial

Medición efectiva del campo "puro" sin la tensión inducida del cuerpo según DIN/VDE, respectivamente 26. BImSchV.

Mediante el aparato de medición de campos, o sonda de campos (sonda cúbica 3D, sonda plana 1D), medidor de campo, analizador NF...:

- rango de frecuencias 10 Hz – 100 kHz (mejor hasta 400 kHz y más),
- sensibilidad de comprobación 0,1 V/m, margen de error  $\pm 10\%$ .

Atención: No deben haber personas u otros cuerpos, superficies, conductos y objetos conductores en el campo, mantener suficiente distancia, distancia mínima al aparato de medición 2 m, respectivamente conductor lumínico para la conexión de la sonda al dispositivo indicador.

### - **Medición de la tensión corporal** (milivoltios, mV)

Medición del potencial corporal en la persona acostada en cama, aislada eléctricamente, contra el potencial de tierra.

Mediante aparato de medición de la tensión en el cuerpo, voltímetro, multímetro, medidor de campos, analizador NF... y electrodos de mano, respectivamente electrodos de dedo, ajuste a ACV:

- resistencia interna de los aparatos 10 MOhmios
- y capacidad  $< 100$  pF superior a todos los rangos de medición utilizados,
- rango de frecuencias alrededor de 50 Hz (mejor 400 kHz y mayor),
- sensibilidad de comprobación 1 mV, margen de error  $\pm 10\%$ ;

Conductor de los electrodos de mano máximo 50 cm.

Atención: referencia a un potencial de tierra sólido (compensación de potencial, enchufe, instalación sanitaria, piqueta de tierra...). Evitar que la persona estudiada se encuentre cerca

de superficies con toma de tierra (apantallamiento cercano a la cama...), o tenga contacto con la tierra (manta de apantallamiento bajo el cuerpo...).

- Determinación de la **frecuencia** dominante (hercios, Hz) y de las **ondas armónicas** significativas

Mediante analizador de espectro NF, osciloscopio, contador de frecuencias, voltímetro, medidor de campos...:

- rango de frecuencias 10 Hz – 100 kHz (mejor 400 kHz y más).

Los campos alternos eléctricos se producen como consecuencia de la tensión alterna eléctrica. Las líneas de campo discurren abiertamente desde un potencial más alto hacia el más bajo, y finalmente hacia la tierra (campo de origen). El campo está influenciado por objetos conductores, los aparatos de medición, la persona que realiza el análisis y la que es objeto del ensayo.

En el caso de la potencia del campo eléctrico se trata de mediciones de diferencias de tensión, los denominados diferenciales de potencial. Un sensor abarca el campo y lo compara con un potencial de referencia. En la medición de la potencia de campo referida a la tierra (TCO), medición aplicada y probada desde hace más de 30 años en la *Baubiologie*, está referenciada la constituye el potencial de tierra, la sonda de campo está conectada a tierra mediante un cable. En las mediciones de campo libres de potencial, que se han introducido complementariamente mediante el SBM-2008 en la *Baubiologie* (DIN/VDE) se ubican uno (sensor de áreas de 1D) ó tres (sensor cúbico 3D) pares de placas de electrodos en una sonda de campo, se comprueba la diferencia de potencial entre las áreas de electrodos ubicadas a una distancia definida entre sí, sin referencia a tierra. La medición de campo referida a la tierra (TCO) tiene en cuenta a la persona dentro del campo, ya que atrae los campos eléctricos, los concentra en sí mismo, la persona es parte del suceso en el campo. La medición libre de potencial (DIN/VDE) requiere un campo "inalterado" sin la persona que influya sobre el mismo.

Ambos métodos de medición – contra la tierra y libre de potencial – tienen sus pros y sus contras en el día a día de la *Baubiologie* y en conjunto, combinados con la medición de la tensión en los cuerpos, proporcionan una mayor seguridad. Los métodos se complementan, no son intercambiables. En determinadas situaciones, en las que uno muestra cierta debilidad, el otro es más clarificador - y viceversa. En caso de la más mínima sospecha de que se da una situación susceptible de errores, se deben aplicar ambos métodos, y siempre en combinación con una medición de la tensión corporal. Las mediciones comparativas solamente son posibles si se aplican los mismos métodos de medición.

Ejemplos de ventajas e inconvenientes: El método TCO referido a la tierra flaquea, originando resultados erróneos, si la referencia a la toma de tierra no es óptima; lo cual no es un problema para la medición libre de potencial. El método libre de potencial DIN/VDE flaquea, cuando los gradientes de potencial debidos a los campos no están muy marcados o están ausentes, porque los orígenes de campos que proceden de diferentes direcciones son parecidos o de igual intensidad, con lo cual los valores medidos resultan demasiado débiles o inexistentes a pesar de que hay emisores evidentes; a su vez no es problema para la medición referida a la tierra. Se debe tener cuidado en las mediciones TCO con las superficies y objetos con toma de tierra cercanos, esto también es válido para la comprobación de las medidas de apantallamiento de grandes superficies. Atención durante las mediciones DIN/VDE con todos los materiales conductores y con las personas que están en el campo y en el entorno más amplio; es necesario mantener varios metros de distancia. Si se dispone de una orientación óptima hacia el máximo valor del campo, la medición TCO unidimensional es muy apropiada para la búsqueda y localización de fuentes ("medición de emisiones"). La medición DIN/VDE de tres dimensiones es especialmente adecuada, con independencia de la orientación, para obtener la suma de fuentes de campos en un punto ("medición de inmisiones"). La medición a tierra 1D a menudo es (más) sencilla y rápida, los aparatos de medición son asequibles. La medición 3D libre de potencial según DIN/VDE puede ser más complicada y cara, los aparatos son caros, casi siempre se precisan ordenadores para la valoración e indicación.

También en el caso de la tensión corporal se trata de la medición de una diferencia de potencial respecto a la tierra, en esta ocasión del cuerpo humano, que debido a la suma de todos los campos que inciden en él está bajo tensión. La sencilla y sensible medición de la tensión en el cuerpo, que se emplea de forma segura desde hace más de 30 años en *Baubiologie* ("acoplamiento corporal capacitivo" según Ing. E.W. Fischer) solamente puede funcionar si la persona que debe ser medida está garantizadamente aislada de la tierra, tal como casi siempre se produce cuando está acostada en una cama. Si la persona sometida al ensayo está muy cerca o incluso tiene contacto con la tierra, como es el caso de disponer de superficies de pared apantalladas cerca de la cama y mantas de apantallado con toma de tierra en la composición del lecho o directamente bajo el cuerpo, los valores de medición resultan demasiado bajos o iguales a cero. En estos casos, en los que se mide la tensión corporal cerca de la tierra o en contacto con la misma, se producen mediciones erróneas o nulas, aunque el cuerpo siga estando afectado por campos magnéticos, incluso más que si no estuviera cerca de la tierra. Estos imperdonables errores de medición a menudo son utilizados por vendedores poco serios de mantas de apantallado para demostrar el supuesto efecto de sus productos, un "efecto" que no lo es.

La frecuencia de un campo y la cantidad y forma de las ondas armónicas, es decir los múltiplos enteros de la frecuencia básica constituyen, junto a la intensidad de campo, un aspecto de la evaluación biológica. Algunos organismos reaccionan en ocasiones a los campos más débiles de determinadas frecuencias más intensamente que a los campos más potentes de otras frecuencias, mezcla de frecuencias o partes de armónicos. En los seres vivos, órganos, células, etc., existen diferentes "ventanas de frecuencia" de mayor sensibilidad.

Los armónicos son menos acusados en los receptores óhmicos (bombilla, cocina, secador...) y casi siempre en las líneas de alta tensión, electricidad para ferrocarril, transformadores convencionales, etc., que en los consumidores con mucha electrónica (bombillas de bajo consumo, componentes electrónicos de la red, aparatos de encendido, cargadores, dimmer, PC, pantalla, cocina de inducción, etc.). La frecuencia de la red típica en Europa es de 50 Hz (en USA 60 Hz), muchos aparatos electrónicos funcionan a mayores frecuencias (las lámparas de ahorro de energía a 20-60 kHz) o con frecuencias mixtas (PC, pantalla, etc.); el tren en Alemania funciona con 16,7 Hz.

## **2 CAMPOS MAGNÉTICOS ALTERNOS (bajas frecuencias)**

Medición y registro de larga duración de la **densidad de flujo** de baja frecuencia de la corriente de la red y ferrocarril con determinación de la **frecuencia** dominante y de las **ondas armónicas** significativas

- Medición de la **densidad de flujo** magnético (Nanotesla, nT) de la corriente de la red y ferrocarril

Medición 3D del valor real de la suma de todas las direcciones de líneas de campo según la norma TCO o DIN/VDE para ordenadores.

Mediante instrumento de medición de campos, respectivamente sonda de campos (bobina de inducción 3D isótropa/ortogonal o 1D), medidor de campos, analizador NF, etc.:

- rango de frecuencias 10 Hz – 100 kHz (mejor 400 kHz y más),
- rango de medición hasta 100.000 nT o más,
- sensibilidad comprobable 0,1 V/m,
- margen de error  $\pm 10 \%$ ,
- superficie de la sonda  $< 100 \text{ cm}^2$ .

Atención: analizar la corriente de la red (50 Hz) y del ferrocarril (16,7 Hz) por separado, medición 1D para localizar la fuente del campo mediante la dirección principal de las líneas de campo. Tamaño de la bobina según el objetivo: Las bobinas de inducción grandes según TCO o DIN/VDE con diámetros de 10 cm. o más muestran valores menores en el entorno inmediato cuando se tienen fuentes de campos pequeñas (transformadores pequeños,

componentes de la red, lámparas de ahorro, etc.). No mover con fuerza los aparatos de medición o bobinas durante el análisis, pues puede interactuar con el campo magnético terrestre y producir errores de medición, especialmente en el caso de frecuencias bajas (por ejemplo, en el ferrocarril).

#### - **Registro de larga duración**

Medición 3D del valor real de la suma de todas las direcciones de las líneas de campo.

Mediante un registrador de datos, un aparato de registro, ordenador, medidor de campo, analizador NF, multímetro (min-max-media)...:

- respuesta en frecuencia como mínimo 16,7 Hz y 50 Hz (mejor hasta 2 kHz y más),
- intervalos de medición  $\geq 10$  s,
- sensibilidad de comprobación 10 nT,
- margen de error  $\pm 10$  %.

Atención: medición de larga duración de orígenes públicos de corriente eléctrica (conductos de suministro enterrados, líneas aéreas, ferrocarril, transformadores, iluminación pública...) calefacciones de acumulación nocturna y flujos de compensación siempre nocturnos, en especial en días laborables, en caso de sospecha 24 horas o más. En caso de campos de pequeña extensión, no homogéneos, emplear simultáneamente varios registradores de datos. Prestar atención a apagar o mantener distancia a emisores en el interior de las casas cuando se midan fuentes públicas de campos. No mover el registrador de datos durante todo el tiempo de registro.

#### - **Determinación de la frecuencia dominante (Hercios, Hz) y de las ondas armónicas significativas**

Mediante analizador de espectro NF, osciloscopio, contador de frecuencias, voltímetro, medidor de campos...: intervalo de frecuencias como mínimo 10 Hz – 100 kHz (mejor hasta 400 kHz y más).

Los campos magnéticos alternos se producen a causa de la corriente alterna eléctrica. Las líneas de campo discurren de forma cerrada sobre si mismas, sin principio ni final (campo de remolino). El campo no se ve prácticamente influenciado por objetos conductores, los aparatos de medición, ni las personas que realizan la medición o son analizadas.

La medición de la intensidad de campo magnético se realiza mediante la inducción de voltaje en bobinas estacionarias, que solamente se produce en caso de campos alternos. La medición se realiza mediante bobinas de 3D o 1D. El 3 D consta de tres bobinas dispuestas ortogonalmente (ejes x, y y z) en un cabezal de medición, que realizan la medición, calcula y muestra simultáneamente todos los trazados de las líneas de campo. El 1D capta un eje, solamente puede indicar el máximo valor de campo en caso de un decurso manifiesto de las líneas de campo. Si se trata de varios orígenes de campo o emisores con recorridos mezclados de las líneas, deberían realizarse tres mediciones con bobinas 1D, colocadas a 90° cada vez y sumar los resultados al cuadrado:  $\sqrt{x^2+y^2+z^2}$ . Esto debería ocurrir de forma simultánea, especialmente en el caso de intensidades oscilantes, lo que en la práctica sólo es posible en muy pocos casos. En el caso de los cursos de campo inequívocos, más frecuentes, (líneas aéreas, líneas de suministro enterradas, conductos de instalaciones electrificados...) la medición 1D es suficiente. En las mezclas de líneas de campo más raras (transformadores, aparatos, varios emisores ...) es más segura la medición 3D. En *Baubiologie* se evalúa la suma de todas las direcciones de las líneas de campo.

La medición a corto plazo sirve para una primera visión de conjunto y para la constatación de los distintos orígenes de campo dentro de la casa (electrodomésticos, cajas de fusibles, corrientes de compensación en la instalación de la casa...) y fuera (cables enterrados, líneas aéreas, estaciones transformadoras, corriente para ferrocarril, corrientes de compensación en la red pública...). Una medición a largo plazo durante varias horas o días establece un perfil de las fluctuaciones temporales de campo que se pueden verificar con frecuencia en los campos magnéticos como consecuencia de las variaciones en la intensidad de la corriente. Especialmente en oscilaciones de campo intensivas (por ejemplo, en el caso de breves picos

muy altos), para la evaluación en *Baubiologie* hay que basarse en el 95 percentil resultante de un registro a largo plazo - sobre todo por la noche .

Se denominan corrientes de compensación aquellas corrientes eléctricas que no discurren por las vías usuales previstas para ello (como el conductor de vuelta de un cable eléctrico), y en cambio pasan por los conductos de toma de tierra, los conductos de protección, pantallas de protección, tuberías metálicas de gas y agua..., de forma descompensada y que por ello causan campos magnéticos considerables. En el caso de corrientes compensatorias en interiores, realizar eventualmente una medición directa complementaria o un registro de larga duración de las fuentes de paso de corriente con, por ejemplo, un amperímetro de pinza, tenaza de medición de corriente o convertidor. En el caso de campos producidos por corrientes de compensación en el exterior, realizar eventualmente una medición simultánea con varios registradores de datos en la casa y cerca de la fuente de campos.

Para la medición de la distribución de los campos magnéticos en el entorno de líneas de alta tensión, por ejemplo, de vías férreas, estaciones de transformación o conductos de suministro enterrados (especialmente conducciones en anillo que presentan a menudo amplias extensiones de campo), especialmente también cuando hay oscilaciones temporales de campos y/o diversos orígenes de campo, emplear a la vez dos o varios aparatos de medición a diversas distancias a la fuente, donde uno de ellos puede actuar como aparato estacionario de referencia.

Las ondas armónicas son menos numerosas y significativas en consumidores óhmicos y casi siempre en las líneas de alta tensión, corriente de ferrocarril, transformadores... que en los consumidores con mucha electrónica. La frecuencia de la red típica en Europa es de 50 Hz (USA 60 Hz), muchos aparatos electrónicos funcionan con mayores frecuencias o mezcla de frecuencias, el ferrocarril en Alemania va con 16,7 Hz, en otros países también con 50 Hz o corriente continua. A veces, una onda armónica puede disponer de mayor intensidad de campo que la misma frecuencia básica, por ejemplo, en estaciones de transformadores.

La frecuencia de un campo, así como la cadencia y tipo de las ondas armónicas son, junto a la intensidad de campo, un aspecto de la evaluación biológica. Algunos organismos reaccionan más fuertemente a los campos más débiles que a los más intensos con otras frecuencias, mezcla de frecuencias o a las ondas armónicas. Hay en los seres vivos, órganos, células... "ventanas de frecuencias" muy delimitadas de sensibilidad acusada.

Respecto a la frecuencia de campo de bajas frecuencias y sus ondas armónicas, ver también el punto A1 "Campos alternos eléctricos".

### **3 ONDAS ELECTROMAGNÉTICAS (altas frecuencias)**

Medición de la **densidad de potencia** electromagnética, con determinación de las **frecuencias** dominantes, o **servicios de radiocomunicación** y sus **características de señal** (pulsaciones de baja frecuencia, periodicidad, anchura de banda, modulación, etc.)

- Medición de la **densidad de potencia** electromagnética (microwatios por metro cuadrado,  $\mu\text{W}/\text{m}^2$ )

a) Medición orientativa de banda ancha de la suma de todas las influencias de campo en **todo el ámbito de frecuencias**

Mediante un medidor de banda ancha, sonda de campo HF, analizador HF, detector de radiaciones, radiómetro...:

- rango de frecuencias lo más amplio posible desde 100 kHz hasta más de 6 GHz (como mínimo 10 MHz – 3 GHz para determinar los servicios predominantes de radiocomunicación actuales),
- medición hasta como mínimo 20.000  $\mu\text{W}/\text{m}^2$  o (mejor) más,
- sensibilidad de comprobación 0,1  $\mu\text{W}/\text{m}^2$ ,
- margen de error  $\pm 5$  dB sobre la totalidad del ámbito de medición.

Atención: Medición de los picos de valor en todas direcciones, planos de polarización, reflexiones... en los campos más alejados con antenas 3D isotrópicas o antenas 1D según el método de agitación.

- b) Medición selectiva detallada con determinación de **frecuencias de radiación singulares** (kHz, MHz, GHz)

(GSM, UMTS, TETRA, LTE, WiMAX, WLAN, DECT, Radio, televisión, radiotransmisión, radar, radioafición, etc.)

Mediante analizador de espectro y antenas de medición calibradas (antena logoperiódica, bipolo, monopolo, bicono, loop, cuerno...) o aparato de medición de banda ancha con filtro selectivo de frecuencias o analizador HF:

- rango de frecuencias lo más amplio posible desde 100 kHz (mejor más bajo) hasta más de 6 GHz (como mínimo 3 GHz para la determinación de la mayor parte de los servicios de radiocomunicación actuales),
- ámbito de medición hasta como mínimo 10.000.000  $\mu\text{W}/\text{m}^2$ ,
- sensibilidad de comprobación 0,01  $\mu\text{W}/\text{m}^2$ ,
- margen de error  $\pm 3$  dB sobre todo el ámbito de medición y composición de la misma.

Atención: medición de picos de valor como arriba. Los valores de referencia para *Baubiologie* son válidos para algunos servicios de radiocomunicación, no para los radares.

- Determinación de los servicios dominantes de **radiocomunicación** y de las **señales** de baja frecuencia (pulsación, periodicidad, ancho de banda, modulación...)

Visualmente con el analizador de espectro o acústicamente con aparato de medición de banda ancha, medidor de señal o modulación... en base a señales remoduladas convertidas en audibles; rango de frecuencias lo más amplio posible, como arriba.

Atención: en caso de existir varias fuentes de campo puede producirse una superposición acústica, lo que dificulta e incluso puede hacer imposible un diagnóstico.

En el caso de ondas electromagnéticas, también llamadas altas frecuencias, se trata de la transmisión de información inalámbrica, de aplicaciones de radio. El espectro disponible para el aprovechamiento de radiotransmisión comienza con 9 kHz, cubre todo el ámbito de MHz y finaliza en 300 GHz. Las ondas radiadas son ondas transversales que se extienden a la velocidad de la luz.

Las ondas de radio se componen de una señal portadora de alta frecuencia, a la que se le superpone una información a baja frecuencia, y se le sobremodula un contenido, por ejemplo, imágenes, voz, música o datos. Los tipos esenciales de modulación son la modulación de amplitud (AM, a menudo onda corta, media y larga, y señales pulsadas como el radar), modulación de frecuencia (FM, a menudo onda ultracorta) o modulación por fases (PM, a menudo tecnologías más recientes digitales y pulsadas, como GSM, UMTS, TETRA, DECT, WLAN) con numerosas mezclas y subtipos.

Las redes de telefonía móvil, los móviles, las modernas tecnologías digitales DECT, WLAN y otras emiten además mediante pulsaciones, para transmitir la mayor cantidad de informaciones de forma prácticamente simultánea. La pulsación, en especial la periódica, se tiene muy en cuenta en las mediciones y *Baubiologie* (analizador de espectro en posición cero-margen y/o diagnóstico acústico, también con un aparato de medición de banda ancha o de modulación) y se valora de forma crítica.

En el entorno cercano (por debajo de una longitud de onda) hay que medir las componentes eléctricas y magnéticas, como sucede con los campos de bajas frecuencias, como intensidad de campo eléctrico (E, V/m) y magnético (H, A/m), por separado. En la distancia (por encima de una longitud de onda) es suficiente la medición de una de las componentes del campo para deducir la densidad de radiación (S), por ejemplo:  $S = E^2 : Z_0$ , respectivamente  $S = H^2 \times Z_0$ . ( $Z_0$ . = resistencia de campo 377  $\Omega$ ).

Cuando se tienen varias fuentes de campo, se forma la suma aritmética para establecer la densidad total de radiación.

En *Baubiologie*, a menudo se lleva a cabo el método de agitación en la medición HF. La antena de medición se mueve, lo más alejada posible del cuerpo, en todas las partes del local (especialmente en el dormitorio) y en todas direcciones de forma isótropa, es decir, tridimensional, se explora toda el área a medir, se "escanea", se gira hacia los distintos planos de polarización y se registra siguiendo la posición de los picos (peak hold). Este procedimiento debería, según la situación, seguirse como mínimo durante un minuto, por lo menos tanto tiempo hasta que en la pantalla no aparezca ningún aumento de los valores de medición.

Al analizar por ejemplo las redes de telefonía móvil GSM, procedemos con el analizador de espectro de forma estándar tal como sigue: Medición de los canales de organización siempre activos (BCCH, broadcast control channel) en posición max-hold según el método de agitación, y suma de las densidades de radiación. Este resultado corresponde aproximadamente a la carga mínima de la estación de base durante la noche en la que no está muy frecuentada por los que telefonan con su móvil. Para la determinación de la densidad de radiación de una estación de base, si durante el día, por ejemplo, se producen muchas llamadas de móviles a través de sus canales (TCH, traffic channel), se puede obtener la medición de los canales de organización de forma teórica, y multiplicarla groseramente por el factor 2-4 (a no ser que se disponga de datos más exactos del operador), o de forma empírica mediante una medición a largo plazo con un aparato de banda ancha.

Todos los servicios (GSM, UMTS, TETRA, DECT, WLAN, radiodifusión, radiotransmisión...) se evalúan por separado mediante los valores de referencia en *Baubiologie*.

En el acta se recoge el resultado obtenido en el momento de la medición, con su valor mínimo y el valor máximo registrado o posible.

No todos los emisores están radiando siempre y si lo hacen, no lo hacen siempre con igual intensidad. Por ello puede ser necesario realizar observaciones o registros durante largos periodos. Algunas emisoras de radio o el ejército, por ejemplo, solamente emiten a determinadas horas, algunas emisoras de administraciones e industrias o radioaficionados solamente emiten en caso necesario. Algunos teléfonos DECT y redes WLAN a veces emiten sin parar, pero a veces solamente durante su uso. También las señales de banda ancha (UMTS, televisión digital...) con sus significativos factores de cresta, deben ser observadas pacientemente, pues oscilan.

También en esto resulta que los métodos se complementan y proporcionan, cuando se combinan entre ellos, la necesaria seguridad de análisis. La medición de banda ancha casi siempre es (más) sencilla, rápida, las tecnologías (más) económicas. El análisis de espectro es (más) complicado, largo, los analizadores de espectro más caros, pero más seguros, más diferenciados y más precisos. Un aparato de medición de banda ancha no puede sustituir a ningún analizador de espectro o al diagnóstico acústico, pero tampoco el analizador de espectro puede sustituir a su vez al aparato de banda ancha o de modulación.

Aquí también es válido, de forma parecida a los puntos de la norma A1 "Campos eléctricos alternos" y A2 "Campos magnéticos alternos": La frecuencia de las ondas de radiocomunicación, su modulación y pulsación son, junto a la intensidad de radiación, un aspecto de la evaluación biológica. Algunos organismos reaccionan a los campos débiles de determinadas frecuencias y cadencias más intensamente que a los campos más intensos de otras frecuencias. Hay en los seres vivos, órganos, células... diferentes "ventanas de frecuencia" con una elevada sensibilidad. La pulsación de baja frecuencia resulta, según la experiencia actual, tanto más peligrosa cuanto más baja sea la frecuencia de pulsación. Las ondas armónicas son menos marcadas en las ondas de alta frecuencia que en los campos de bajas frecuencias.

## **4 CAMPOS ELÉCTRICOS CONTÍNUOS** (electrostática)

Medición de la **tensión superficial** electrostática así como su **duración de descarga**.

- **Tensión superficial** (Voltio, V).

Medición de superficies cargadas electrostáticamente contra el potencial de tierra.

Mediante molinillo electrostático, medidor de campo eléctrico, sonda electrostática, sensor estático...:

- rango de medición hasta  $\pm 20.000$  V o más,
- sensibilidad de comprobación 10 V o inferior,
- margen de error  $\pm 10$  %.

Atención: Realizar la medición a una distancia de 2-10 cm. de la superficie del material o la pantalla (utilizar eventualmente un separador). Provocar y con ello cargar el material mediante frotamiento convencional (por ejemplo, con el dorso de la mano o con un material no conductor) durante 1-2 segundos antes de la medición. Indicación de la polaridad de la carga: más ó menos. Indicar la humedad relativa del aire de la estancia, idealmente 40-60%, parámetros del clima interior de la estancia (humedad del aire, temperatura del aire, humedad de las superficies, eventual ionización del aire...). Toma de tierra del aparato de medición y de la persona que mide.

- **Duración de descarga** (segundos, s)

Comprobación de cuanto tiempo tarda la superficie cargada del material o de la pantalla en volver a los valores normales.

- **Electricidad del aire** (voltios por metro, V/m)

Eventualmente medición del campo continuo eléctrico del aire contra el potencial de tierra.

Con molinillo electrostático, medidor de campo eléctrico...:

- rango de medición  $\pm 200$  V/m -  $\pm 20.000$  V/m o más,
- sensibilidad de comprobación 10 V/m,
- margen de error  $\pm 10$  %.

Atención: Medición de la electricidad aérea en el ámbito de influencia del ser humano (especialmente después de provocar materiales y pantallas cargables electrostáticamente) y como referencia de la electricidad del aire exterior.

Los campos eléctricos continuos se producen a consecuencia de cargas eléctricas en materiales aislantes (sustancias artificiales, sintéticos, gomas...), pantallas no protegidas y a causa de la corriente continua (catenaria del tranvía, filtros de aire...). Modifican la electricidad natural del aire y otros aspectos del clima interior (ionización del aire, levantamiento de polvo...). El campo eléctrico continuo natural en el exterior depende básicamente del tiempo atmosférico.

También en la medición de la electrostática, las cargas sin frecuencias y las intensidades de campo, se trata de diferencias de potencial y algunas de las relaciones y problemas descritos para los campos eléctricos alternos (A1) pueden transponerse. La tensión superficial se mide sobre materiales sospechosos (alfombras, cortinas, ropa de cama, objetos, pantallas,...) y con ella la electricidad del aire modificada en la atmósfera que los rodea. Equivalencias: tensión superficial (V) = intensidad de campo (V/m) x distancia (m).

Para obtener resultados comparables, la humedad relativa del aire debe estar en 40-60 % y las superficies a medir deben estar expuestas a este clima interior durante algunas horas. Con una humedad superior a 60 % debe contarse con valores de tensión superficial más bajos, más de 70 % dificulta las mediciones, más de 80 % las hace casi imposibles y con más de 90 % son totalmente imposibles. Por debajo de 40 % los resultados se tornan más claros, por debajo del 30 % se obtendrán aumentos de varias veces y por debajo del 20 % estos aumentos serán muy altos. A veces es necesario realizar comprobaciones en diferentes estaciones del año (verano húmedo, invierno seco). Las pantallas de tubo (monitores y televisores más antiguos)

deben encenderse antes de la medición durante algunos minutos, para que se carguen plenamente; la electrostática se modifica con la claridad de la imagen.

Los materiales y pantallas recomendables en *Baubiologie* apenas se cargan y en tal caso, se descargan en pocos segundos. Los materiales peligrosos se cargan después de una provocación y las pantallas después de su encendido, de forma muy extrema en pocos segundos y se descargan muy lentamente en minutos, horas o días. Las cargas negativas que señalan materiales artificiales y sintéticos deben considerarse como más peligrosas que las positivas que aparecen a veces también en la naturaleza (ámbar, lana...)

## **5 CAMPOS MAGNÉTICOS CONTÍNUOS** (magnetostática)

Medición de la **deformación del campo magnético terrestre** en **diferencia de densidad de flujo** (metal) u **oscilación temporal de la densidad de flujo** (corriente continua), así como la desviación de la brújula

- **Deformación del campo magnético terrestre** en diferencia espacial de la densidad de flujo por **metal** (microtesla,  $\mu\text{T}$ )

Medición de la suma de todas las direcciones de líneas de campo magnéticas dependientes de metal o imán permanente.

Mediante magnetómetro, indicador de campo magnético, sensor de magnetostática...:

- rango de medición como mínimo  $\pm 100 \mu\text{T}$  (mejor más),
- sensibilidad de comprobación como mínimo 100 nT (mejor menos),
- margen de error  $\pm 10 \%$ .

Atención: escanear la superficie a medir, eventualmente registro mediante cuadrícula del área a medir (superficie de la cama, estancia...). No variar la orientación del sensor en ninguna de los recorridos de medición. No volcar, girar o torcer la sonda 1D durante la medición, ni siquiera un mínimo. Valorar de forma más crítica los valores llamativos puntuales con gradientes muy significativos que los más extensos con gradientes menos definidos.

- **Deformación del campo magnético terrestre** en diferencia temporal de densidad de flujo por **corriente eléctrica** (microtesla,  $\mu\text{T}$ )

Medición 3D de la suma de todas las direcciones de las líneas de campo magnéticas dependientes de la corriente continua.

Mediante magnetómetro, indicador de campo magnético, sensor magnetostático...:

- ámbito de medición como mínimo  $\pm 100 \mu\text{T}$  (mejor más),
- sensibilidad de comprobación como mínimo 100 nT (mejor menos),
- margen de error  $\pm 10 \%$ .

Atención: Si se sospecha que hay oscilaciones de campo (tranvía, instalación fotovoltaica, etc.), realizar registros de larga duración como mínimo durante 24 horas, en cualquier caso durante toda una noche. Posicionar el aparato de medición en un lugar con campo magnético neutral. No mover la sonda 1D durante el tiempo de medición.

- **Desviación de aguja de brújula** (grados,  $^\circ$ )

Comprobación de la desviación de la aguja de brújula bajo influencia de campos magnéticos continuos de metales o corriente eléctrica.

Mediante una brújula de precisión mecánica atemperada con líquido, riel de campo magnético, compás electrónico fluxgate...

Atención: mover el compás lentamente y en línea recta en una dirección sobre una superficie (cama...), no girar, escanear el área según una cuadrícula, anotar las desviaciones. Prestar atención también a las distracciones de la aguja hacia arriba o abajo. Cuando un campo magnético causado por la técnica, que tiene la misma polarización que el campo magnético

terrestre, actúa sobre la aguja de la brújula desde la dirección norte-sur, la aguja no se moverá, tal como lo hace de forma muy acusada si los campos proceden de un lado.

Los campos magnéticos continuos técnicos son causados por metales ferromagnéticos (acero de la construcción, muebles, instalaciones...) o por corriente continua (tranvía, instalaciones fotovoltaicas, etc.). Los campos magnéticos continuos naturales están producidos por el campo magnético terrestre, en el que una aguja de brújula se dirige hacia el norte. El concepto de deformación del campo magnético terrestre define una influencia o sobreposición del fondo natural. Cada campo magnético, técnico o natural, tiene un polo norte y sur (un polo positivo y negativo). Las líneas de campo discurren del polo norte al polo sur.

En la medición magnetostática se trata del valor y la dirección de los campos magnéticos causados por la técnica; la referencia la constituye el campo magnético terrestre inalterado, regular. Una medición mediante un magnetómetro 3D registra, como en el caso de los campos magnéticos alternos, la densidad de flujo magnético en un punto de medición bajo consideración de todos los ensanchamientos de las líneas de campo en tres dimensiones, de forma isótropa; el valor de medición es independiente de la orientación espacial de la sonda. La medición con un magnetómetro 1D o indicador de campo magnético solamente detecta un eje de la diseminación de las líneas de campo; el valor de medición de una dirección depende de la orientación. Si se realizan tres mediciones 1D, giradas cada vez en 90°, y se suman los resultados al cuadrado, se obtiene la suma  $\sqrt{(x^2+y^2+z^2)}$ , que se determina y registra automáticamente con los aparatos 3D.

Los magnetómetros 1D indican la densidad de flujo determinada de la polaridad del campo mediante signo positivo o negativo, lo que resulta necesario para el cálculo de la desviación de la densidad de flujo dentro de un área localmente limitada. Los magnetómetros comerciales en la actualidad, que realizan mediciones 3D solamente para la determinación de valores de medición relativa y no incluyen la orientación del vector, solamente son adecuados parcialmente para la determinación de la desviación de la densidad de flujo entre dos puntos de medición, pero para todos los demás propósitos sí son adecuados.

El compás funciona en dos dimensiones y se orienta básicamente mediante las líneas de campo horizontales. No es un aparato de medición, sino un detector, y no señala intensidades de campo, sino solamente direcciones. Su aguja puede desviarse por campos magnéticos extraños. Un compás electrónico fluxgate, como el que se emplea por ejemplo en la navegación a vela, funciona de forma parecida como una brújula usual, pero con indicador digital en lugar de aguja.

Apenas se puede calcular la desviación de la brújula a partir de los valores obtenidos por el magnetómetro, y acaso solo de forma muy grosera. Aunque también en este caso los distintos métodos se complementan. La comprobación mediante la brújula es comprensible y convincente, pero no sustituye las mediciones del magnetómetro.

Se analiza, como siempre, el entorno del ser humano, por ejemplo, sobre la cama.

Los campos magnéticos causados por metales pueden ser muy diferentes espacialmente, en pequeñas zonas muy intensos con intensidades muy variables cada par de centímetros (gradiente empinado), por ejemplo, sobre colchones de muelles en el entorno inmediato del cuerpo, o en zonas más amplias más moderados sobre varios decímetros o metros (gradiente plano), por ejemplo, sobre vigas de acero o armaduras de hormigón. También por eso conviene realizar registros en forma de cuadrícula en una superficie definida.

Los campos magnéticos debidos a la corriente continua pueden estar sometidos a fuertes oscilaciones en el tiempo. En el caso de la electricidad de los tranvías están oscilando continuamente, según el flujo en la catenaria y las vías; por la noche el tranvía no circula, y eso tiene por efecto que no haya campo. En las instalaciones fotovoltaicas oscilan entre otras cosas a causa de la incidencia del sol, lo que significa que de noche no hay contaminación por campos. De ahí que se imponen los registros de larga duración.

## 6 RADIOACTIVIDAD (Radiación alfa, beta y gamma, Radón)

Medición de la radiactividad como **tasa de impulsos, tasa de dosis equivalente** y diferencia, así como medición y registro prolongado de la concentración de radón.

- **Radiactividad** (Impulsos por segundo/minuto, 10s/ipm - nanosievert por hora, nSv/h)

Medición de la actividad de productos de la construcción, materiales, aparatos e instalaciones, etc., sospechosos de radioactividad y/o anotación comparativa de las cifras de impulsos de la radiación alfa, beta y gamma.

Medición de la radiación gamma con aparatos de medición de tasa de dosis (tubo contador Geiger-Müller, detector de zonas extensas, contador proporcional, contador de centelleo...).

- El aparato de medición debería abarcar como mínimo el ámbito de la energía gamma relevante para el medio ambiente de 50 KeV a 1,3 MeV.

- A causa de la necesaria exactitud estadística en el ámbito de las dosis bajas, se precisan como mínimo 1000 impulsos por medición.

- La sensibilidad de comprobación debe ser de cómo mínimo 100 nSv/h (mejor menos),

- margen de error  $\pm 25 \%$ ,

- sensibilidad básica recomendada 40 impulsos por minuto con 100 nSv/h,

- efecto cero (murmullo propio del detector)  $< 50 \%$  con 100 nSv/h.

Atención: en los reconocimientos de dormitorios se recomienda tomar dos puntos de medición como mínimo, por ejemplo, en el cabezal y a los pies de la cama. Las diferencias claras entre la medición en el cabezal y al pie indican una radiación propia elevada de la masa de la edificación (por ejemplo, la pared tras el cabezal). Para la evaluación cuenta el resultado más alto. Mediciones ulteriores junto a paredes, suelos, rincones, etc., posibilitan buscar las fuentes y la elaboración de propuestas de saneamiento. La mayor parte de aparatos asequibles normalmente no sirven para determinar pequeñas desviaciones en el ámbito de la radiación de fondo en 100 nSv/h. A pesar de ello, es posible realizar una valoración bastante fiable del ámbito de dosis reducidas con aparatos que cubren las exigencias arriba mencionadas; para ello hay que observar principalmente la recogida de impulsos (estadística de conteo) y el efecto cero (murmullo propio del detector). Debido a esta problemática deben privilegiarse las mediciones comparativas.

El efecto cero, es decir, el murmullo propio del detector, se hace notar con bastante claridad en el entorno de la radiación de fondo general de unos 100 nSv/h, puede significar hasta un 50 % del valor de medición, y cuanto menos sensible el aparato, tanto más fuerte será este. En el medidor de centelleo (NaJ 2" o 3") el efecto cero es prácticamente irrelevante, debido a la gran cantidad de impulsos recogidos.

Las evaluaciones de *Baubiologie* se refieren a la recogida de impulsos gamma que parten de nucleidos naturales (Ra-226, Th-232 y K-40). La nueva dosis equivalente para el entorno H10 corresponde en este caso a la radiación natural del entorno (terreno, materiales de construcción) de la dosis equivalente de fotones.

En todas partes hay radiactividad en pequeñas cantidades. En la tierra, el cuerpo y el aire, hay elementos radiactivos principalmente naturales (radionucleidos) de la cadena del torio (Th-232) y del urano-radio (Ra-226), así como del potasio (K-40). Durante la medición de la radiación radiactiva se determina la cantidad de desintegraciones radiactivas en un intervalo de tiempo, en forma de impulsos. Los aparatos de medición transforman la radiación incidente en impulsos eléctricos. La medición comparativa es un método especialmente útil para los fines de la *Baubiologie*. En él se indica la relación entre la radiación ambiental natural y la radiación en la casa, en el material de construcción, en el dormitorio, etc., como una desviación porcentual. Es recomendable indicar siempre todos los valores de referencia medidos. La determinación de la dosis del lugar, o tasa de dosis equivalente por radiación gamma, reviste una especial importancia.

Junto a la radiación gamma también hay que prestar atención a la radiación beta. La radiación alfa tiene un papel subordinado en los estudios en *Baubiologie*, debido a una menor presencia y

alcance. En relación a la admisión interna a través del radón y los nucleidos de desintegración en el aire, puede ser interesante realizar mediciones de la radiación alfa.

Durante las mediciones dentro del edificio, hay que tener en cuenta de que a menudo se trata de diversos materiales de obra macizos en paredes interiores y exteriores, que pueden tener un efecto muy evidente sobre la actividad gamma.

Una clasificación diferencial de los nucleidos puede hacerse mediante la espectroscopia gamma. Se pueden realizar análisis de muestras de materiales sospechosos (por ejemplo, materiales de construcción) en relación a su actividad específica.

Si se dan indicios de contaminación significativa por, por ejemplo, la existencia de radio en la masa de obra, a menudo se trata de escorias; en este caso deberían llevarse a cabo mediciones de radón.

En lo que se refiere a una posible elevación de la dosis anual de radiactividad las señales de actividad de los materiales suelen ser menos llamativas que las de radón.

#### - **Radón** (becquerel por metro cúbico, Bq/m<sup>3</sup>)

Medición aérea de edificios, estancias, materiales y solares con señales de radón o que se sospecha que pueden presentar radón (análisis previos, mediciones cortas, mediciones de larga duración, mediciones de exhalación, mediciones de gas en el suelo).

Mediante monitores de radón de indicación directa, espectrómetros de nucleidos hijo de radón, dosímetros pasivos (aparatos electrónicos según el principio de semiconductor detector, detector de trazas nucleares, carbono activo,...)

Atención: la medición, o **análisis preliminares** en espacios no ventilados o en condiciones de uso con una ventilación más bien deficiente, durante un tiempo de pocas horas a hasta tres días proporcionan los primeros indicios de un problema de radón o sirven a efectos comparativos. Para obtener mediciones rápidas in situ y hallar el origen se emplean sobre todo los procedimientos de indicación directa con bombas. Mediante los sencillos métodos electrostáticos también se puede reconocer una concentración más elevada de radón: los nucleidos derivados radioactivos positivos se depositan rápidamente sobre las superficies con carga negativa y pueden detectarse con contadores geiger sensibles. Los ionómetros también son adecuados para la detección de concentraciones de radón: cantidades elevadas de iones pequeños en el aire interior se relacionan a menudo con la radiactividad, y sobre todo con la concentración de radón y la cantidad de nucleidos de desintegración. Una evaluación previa del aire sencilla se puede llevar a cabo mediante un acumulador pasivo de carbono activo durante un periodo de hasta tres días.

En el caso de que una medición previa de hasta 3 días arroje un valor de radón por encima de una referencia que debe precisarse más exactamente, deberían llevarse a cabo mediciones repetidas o durante un tiempo más prolongado (en espacios habitados a ser posible tomando unas primeras medidas de saneamiento a través de la ventilación).

Las **mediciones de conjunto** deberían llevarse a cabo durante un tiempo prolongado y mediante otros métodos. Para obtener una evaluación fiable del valor medio anual se aconseja realizar mediciones con dosímetros electrónicos o exposímetros de huella del núcleo durante semanas o incluso más tiempo. Tiene sentido realizar mediciones simultáneas, por ejemplo, en la sala de estar y en el sótano, ya que el radón casi siempre penetra en la casa a través del suelo y el sótano.

Los valores de referencia de Baubiologie se refieren a mediciones realizadas durante como mínimo 7 a 14 días en la época de entretiempo (clima medio anual, por ejemplo, primavera/otoño) en condiciones de uso normales. Si se tiene mucha experiencia y se tienen en cuenta todos los factores que influyen puede hacerse una primera aproximación al valor medio anual. Antes de realizar saneamientos profundos y caros se recomienda llevar a cabo mediciones simultáneas y de repetición.

Las **mediciones de valoración** para establecer la superación de valores indicativos y de referencia, por ejemplo, de la UE, OMS, UBA, BfS, etc. se realizan normalmente mediante

exposímetros de huella nuclear durante un tiempo de exposición de varios meses hasta un año. En *Baubiologie* estos tiempos tan prolongados de análisis solo tienen sentido si parece posible una disminución, en base a los análisis previos y las mediciones de conjunto, o bien para el control del saneamiento.

Complementariamente a las mediciones de radón en la atmósfera interior también se pueden considerar exámenes de materiales (tasa de emanación de radón), medición de gas del suelo (con sonda de gas del suelo "sonda checa", profundidad recomendada: 80-100 cm.).

El gas radón radiactivo es invisible, completamente inodoro e insípido. El radón se desintegra directamente en el aire que se respira y produce sustancias radiactivas derivadas (Po-218, Po-214, Pb-214, Bi-214 y otros). Estos productos derivados se depositan en el polvo fino que penetra en los pulmones, y causan la mayor parte de la dosis radiactiva asimilada. Las estimaciones estadísticas en Alemania se producen ya cada año hasta casi 2000 muertes adicionales por cáncer pulmonar a causa del radón en la atmósfera interior. No existe un valor umbral por debajo del cual no exista un riesgo.

Los problemas por radón en las casas se producen con frecuencia a causa de concentraciones elevadas en el subsuelo, falta de aislamiento hacia el subsuelo, materiales de construcción e instalaciones más radiactivos y una ventilación insuficiente del espacio interior. En casas más antiguas con sótanos húmedos, sobre todo, se suele encontrar radón, ya que es muy soluble en agua.

La concentración de radón en un edificio oscila fuertemente en el tiempo, junto a la ventilación del aire interior también son importantes el clima exterior y las oscilaciones de temperatura y presión, así como también las características del suelo. Durante la temporada de calefacción las concentraciones son notablemente mayores, debido a la elevación térmica, a una ventilación más deficiente y a unas concentraciones de aire procedente del suelo. En verano las concentraciones de radón en los espacios interiores suelen estar hasta 5 veces más bajas que en invierno. También en el subsuelo pueden darse claras diferencias de concentración de gas radón debidas a las estaciones, pero las diferencias suelen ser menores y están en aproximadamente entre 1,5 a 3 veces.

Las concentraciones más elevadas de radón se dan sobre todo en Baviera, Sajonia, Sajonia-Anhalt y Turingia (Bosques de Baviera, Alto Palatinado, Fichtelgebirge, Bosque de Turingia, Montes Metálicos, Selva Negra meridional, Vogtland, Sauerland, Sarre y el norte y el este de Schleswig-Holstein).

Son muy exactas las correlaciones de la concentración de radón entre las mediciones del gas en el suelo y las de los espacios interiores. Mientras que a un metro de profundidad en el suelo predominan concentraciones muy altas de unos 10.000 hasta más de 600.000 Bq/m<sup>3</sup>, en el espacio interior las concentraciones son de aproximadamente un factor de 1000 más bajas. Sin embargo, si hay una falta de estanqueidad hacia el subsuelo, se puede suponer una contaminación por radón en la casa a partir de una concentración de menos de 10.000 Bq/m<sup>3</sup> en el suelo.

El efímero torón (radón Rn-220 de la serie del torio) apenas tiene relevancia en las mediciones de *Baubiologie*. Pero pueden producirse problemas en la atmósfera interior a causa de materiales de construcción abiertos y ricos en nucleidos. El torón no se puede medir mediante el carbono activo. En este caso lo más adecuado es medir los productos derivados contenidos en el aire (Pb-212, Po 212). El torón también debe considerarse críticamente por sus desintegraciones alfa intensivas en la serie de sus nucleidos de desintegración. El torón puede penetrar en la atmósfera del interior a través de granito radiactivo (por ejemplo, como pavimento). Pero también los materiales de construcción que presentan mucho torio, las escorias y eventualmente los revestimientos gruesos de arcilla pueden hacer que los nucleidos de descomposición del torón radiactivo sea significativo en relación a la dosis anual en el espacio interior cuando se da una fuerte carga espacial ( $> 1 \text{ m}^2/\text{m}^3$ ) y una tasa reducida de renovación media del aire ( $< 0,5$ ).

Los edificios con elevada radiactividad en la masa de la obra pueden causar problemas de radón procedente de los materiales por su contenido en radio (Ra-226), pero la probabilidad de

una emanación de radón muy significativa es más bien reducida. No se puede hacer una afirmación en sentido contrario, ya que las casas que no presentan radiaciones gamma pueden presentar concentraciones de radón inesperadamente altas, pues a menudo la aportación (casi siempre por convección) se produce a través del subsuelo. Los equipamientos y objetos muy radiactivos, como pueden ser baldosas, vidriados, antigüedades, etc., también pueden contribuir considerablemente a la acumulación de radón en las estancias.

## **7 PERTURBACIONES GEOLÓGICAS** (Campo magnético y radiación terrestre)

Medición del **campo magnético terrestre** y su **radiación**, y sus **perturbaciones** significativas

### **- Perturbaciones significativas en el campo magnético terrestre** (nanotesla, nT)

Con magnetómetro 3D:

- rango de medición hasta  $\pm 100.000$  nT,
- sensibilidad de comprobación 10 nT (mejor menos),
- margen de error  $\pm 10$  %

Atención: las mediciones se deben disponer en forma de cuadrícula para una mejor visión de conjunto, por ejemplo, un punto de medición cada 50 cm. Las sustancias y los materiales de construcción magnéticos (o solo ligeramente cargados) pueden confundir la medición y el resultado, sobre todo en el interior de la casa, hasta incluso hacerlos imposibles. Por ello, en un edificio construido e instalado de forma convencional casi nunca es posible realizar una medición magnética geológica, a causa de las numerosas perturbaciones técnicas.

### **- Perturbaciones significativas de la radiación terrestre radiactiva** (impulsos por segundo, ips o porcentaje, %)

Mediante un contador de centelleo:

- sensibilidad de medición como mínimo 20 ips (mejor 200 ips o más),
- margen de error  $\pm 10$  %.
- Se ha consolidado el uso de cristal de yoduro sódico como sensor, tamaño mínimo 2" (mejor 3" o más), eventualmente protegido con plomo libre de isótopos frente a la radiación ambiental, y también con un moderador de frenado de neutrones.

Atención: las mediciones deben organizarse en forma de trama, por ejemplo, en zonas sensibles (dormitorios) un punto de medición cada 50 cm.; por cada punto se precisa una recogida de cómo mínimo 1000 impulsos, mejor de 5000. Los productos, instalaciones y materiales de construcción radiactivos (incluso los que solamente están ligeramente contaminados) pueden alterar o hacer incluso imposible la medición y el resultado, sobre todo dentro de casa.

La radiación terrestre está en todas partes. En cualquier lugar existen el campo magnético terrestre y la radiación radiactiva procedente del suelo. La aguja de la brújula atestigua la fuerza magnética de la tierra y el contador geiger la radiación gamma. Muchas otras fuerzas físicas emanan de la tierra.

Las denominadas perturbaciones geológicas son zonas de actividad terrestre alteradas. En ellas se pueden medir anomalías ostensibles en comparación a la media. La intensidad de flujo del campo magnético terrestre aumenta o disminuye dentro de unos límites locales y la radiación terrestre se ve alterada. Otros efectos físicos también se muestran de forma más acusada, más o menos penetrante, que en un entorno inalterado. Las perturbaciones geológicas son la consecuencia de, por ejemplo, corrientes de agua subterráneas, las denominadas vetas de agua o manantiales, u otros accidentes terrestres como, por ejemplo, fracturas, grietas, fisuras o fallas.

Por las experiencias habidas hasta el momento con el empleo del magnetómetro y el contador de centelleos, se parte de la base de que en caso de agua subterránea, se puede contar con

una disminución de los valores medidos y en el caso de fracturas, grietas y fallas más bien con una elevación de los mismos.

Para la diferenciación de los campos magnéticos de origen geológico o técnico, se cambiará la ubicación de la sonda; la medición del magnetómetro debería llevarse a cabo a diferentes alturas. Si se detectan junto al suelo anomalías en los valores medidos, pero no más lejos, entonces no se trata de causas geológicas, sino técnicas. Los campos técnicos se reducen rápidamente a medida que aumenta la distancia al origen, las alteraciones geológicas permanecen constantes a través de grandes diferencias de altura. Durante el estudio de solares, una valla de malla metálica o un automóvil aparcado a 10 m de distancia y más, ya pueden causar alteraciones parecidas en el campo magnético, como las perturbaciones geológicas. Por eso: para mayor seguridad, llevar a cabo mediciones en como mínimo dos planos: por ejemplo, a ras de suelo y el mismo tramo a 2 m de altura. Solamente cuando se miden los mismos valores en los dos (o más) planos sobre las zonas presuntamente alteradas geológicamente, se puede estar (más) seguro.

Proceder de modo parecido a lo que se hace con las mediciones de centelleos: en el interior, modificar las distancias al suelo, a la masa de obra y a las instalaciones sospechosas, en el exterior, mantener la distancia a, por ejemplo, edificios sospechosos, pavimentos de calles o campos que hayan sido abonados recientemente.

Los magnetómetros 3D comerciales, que realizan el cálculo de valores en modo de medición relativa, sin tener en cuenta la dirección de los vectores, son muy adecuados para llevar a cabo la medición de las perturbaciones geológicas.

En mediciones de radiactividad sobre un suelo con perturbaciones geológicas, parece que junto a la radiación gamma también se evidencia una radiación de neutrones, que se indica asimismo por el cristal de yoduro sódico del contador de centelleo.

Un requisito importante es el registro del fondo de un campo magnético inalterado y homogéneo, y de una radiación gamma, para poder comparar.

## 8 ONDAS ACÚSTICAS (Ruidos aéreos, ruidos de impacto)

Medición de **ruido** y de **sonidos audibles, infrasonidos y ultrasonidos**, así como **oscilaciones y vibraciones**

-----  
Ampliación de los valores indicativos de Baubiologie - propuestas, ayudas orientativas y de valoración:

Sonido				No significativo
Nivel sonoro	Sonido audible en decibelios	- Valoración A	<b>dBA</b>	<b>&lt; 30</b>
		- Valoración C	<b>dBC</b>	<b>&lt; 45</b>

A ser posible, no superar los 30 dBA de forma permanente durante la noche, se podrían aceptar breves picos de hasta 40 dBA. Esto es válido para el sonido audible, no para el infra- o ultrasonido. Los 30 dBA pueden perturbar el sueño de las personas sensibles.

La diferencia entre las mediciones dBA y dBC no debería ser de más de 15 dB, de otro modo se da una primera sospecha de contaminación de baja frecuencia y serían necesarios estudios posteriores, en especial de los infrasonidos.

0-10 dBA umbral audible, respiración, crepitar de hojarasca / 10-20 dormitorio tranquilo, susurro, viento / 20-30 biblioteca, grifo que gotea, tic-tac del reloj, lluvia / 30-40 sala de estar tranquila, conversación en voz baja, 'volumen de habitación' / 40-50 sala de estar concurrida,

conversación animada, radio, TV / 50-60 oficina, conversación en voz alta, golpe de puerta, límite de estrés / 60-70 ruido del día a día, tráfico callejero, llamada, música a volumen alto / 70-80 aspiradora, electrodoméstico, tráfico ruidoso / 80-90 ruido de industrias, tráfico ferroviario ruidoso, campanas de iglesias / 90-100 martillo hidráulico, taladro, sierra circular, bocina / 100-110 discoteca, concierto de rock, ruido de avión, carreras de coches, disparos / 110-120 vuelos rasantes, pista de aterrizaje, sirena, explosión / 130 umbral del dolor, arranque de motor a reacción a 50 m / 140 disparo de escopeta cerca del oído, motor a reacción a 10 m / 160 pistola de juguete cerca del oído, riesgo de perforación del tímpano / hasta 250 dBA sonar náutico militar (debajo del agua).

La TA Lärm (reglamento técnico para la protección contra el ruido): dentro de los edificios de día 35 dBA y por la noche 25 dBA, los picos de ruido breves no deben estar más de 10 dBA por encima de esto. Ruido de tráfico: cerca de calles y vías férreas en zonas residenciales mantener de día 59 dBA como promedio y por la noche 49 dBA, en zonas mixtas 64 dBA, respectivamente 54 dBA. Esto es válido para calles y vías férreas nuevas o reformadas, no para las existentes. VDI 2058 puesto de trabajo en oficina: para trabajos predominantemente intelectuales máximo 55 dBA como media. Agencia estatal de seguridad y salud en el trabajo: para trabajos que exigen concentración (trabajo con ordenador, etc.) 35-45 dBA, valor óptimo 30 dBA. Reglamento estatal de protección de emisiones nº 32: el ruido de cortacésped y otros aparatos ruidosos deben someterse a un límite temporal de 20 h a 7 h.

---

- **Ruido aéreo** (sonido audible, infrasonido y ultrasonido)

Medición de los niveles de presión sonora no calificada o calificada para la evaluación de la contaminación acústica o por ruido, su nivel sonoro permanente equivalente y su curso temporal.

Con aparatos más económicos de nivel de presión sonora de clase 2 según IEC 61672, con aproximadamente las siguientes especificaciones:

- rango de frecuencias 31-8000 Hz,
- rango de medición 30-130 dB en varios sectores,
- velocidad rápida o lenta,
- evaluación de audición A y C,
- registro de valores de medición de cómo mínimo 30.000 cantidades,
- preferiblemente funcionamiento stand-alone, posibilidad de exportar los datos a un PC.

O con aparatos más caros de clase 1 según IEC 61672:

- rango de frecuencias 5-20.000 Hz (es decir, también bajada hasta la zona de infrasonido),
- rango de medición 20-140 dB en varios sectores,
- velocidades rápida, lenta y punta (C), eventualmente impulso,
- valoración de audición A, C y lineal,
- registro de valores de medida típicamente 1-2 GB, conexión a PC.

Para el ultrasonido no hay disponible en la actualidad ningún aparato de precio asequible. Se ofrecen soluciones de indicadores, o sea, aparatos que pueden hacer audibles sonidos de altas frecuencias, por ejemplo, de murciélagos o insectos (detector de murciélagos o bat receiver). Diferentes técnicas transforman el ultrasonido al ámbito audible humano; de este modo se puede valorar el ultrasonido acústicamente.

- El rango de frecuencias va normalmente de 16-100 kHz, a veces hasta 200 kHz.
- El volumen, la frecuencia y la amplitud de banda son regulables, salida de auriculares, cinta magnetofónica, registro de datos o analizador de espectro están integrados.

Atención: En el caso de acontecimientos de sonidos audibles temporales o muy variables, realizar registros a largo plazo, de modo que se puedan determinar la distribución de la frecuencia de niveles y las observaciones percentiles. Las mediciones junto a los lugares de reposo deben realizarse en la fase nocturna, durante como mínimo 8 horas, desde aproximadamente las 23 a las 7 horas. Orientación: no sobrepasar por la noche de forma duradera los 35 dB, aun son aceptables pequeños picos de hasta 45 dB.

- **Ruido de impacto, vibración** (oscilaciones mecánicas)

Medición de las vibraciones o movimientos de elementos de la construcción como las paredes, suelos, techos, cuerpos de calefacción, tuberías, puertas, vidrios de ventana (atención: resonancias propias)...

Mediante los correspondientes aparatos de medición de vibraciones y sensores (registro de vibraciones y aceleraciones, acelerómetro, vibrómetro láser...). A partir de los valores medidos (normalmente niveles), se calculan los valores de la aceleración en  $m/s^2$ . En el caso de los suelos, según sea el revestimiento, eventualmente hay que establecer el contacto directo con la solera, como por ejemplo a través de la base del registrador, mediante puntas y posibilidad de nivelación. Rango de frecuencias 5 Hz (mejor menos) hasta 10 kHz (y más), es deseable disponer de filtro pasa bajos y filtro para altos, sensibilidad de comprobación de menos de 0,1  $m/s^2$ .

Atención: En el caso de acontecimientos sonoros temporales, realizar registros a largo plazo, como con el ruido aéreo. La sensibilidad del ser humano a las vibraciones está relacionada con la aceleración de las oscilaciones.

- **Análisis de las frecuencias**

Realizar exámenes selectivos de las frecuencias de los sucesos sonoros de ruido aéreo o de impacto, mediante análisis de frecuencias, como mínimo en el rango del sonido audible de 20-20.000 Hz, mejor incluso hasta las zonas de bajas frecuencias, por debajo de 20 Hz hasta 5 Hz y menos (infrasonido, vibración) o también a ámbitos más altos, por encima de 20 kHz (ultrasonido), ya sea en forma de niveles de bandas de octava (analizador en tiempo real) o en alta definición en forma de FFT (Fast Fourier Transformation, un análisis de frecuencias de banda estrecha). Como ventana de tiempo debería estar disponible como mínimo la función ventana de Hanning.

Como en el caso de la contaminación eléctrica, también en el caso del sonido se trata de ondas y frecuencias que se expresan en Hercios (o sea, en hechos por segundo). Aquí no se trata de vibraciones electromagnéticas (o sea, partículas u ondas de energía), sino de movimientos de partículas materiales en el aire, en líquidos u objetos sólidos, como por ejemplo elementos de la construcción. Las partículas producen - en el sentido literal del término - una presión, y provocan variaciones mínimas de densidad. Cada tipo de modificación de la presión en el aire, el agua o en cualquier otro medio es sonido en su acepción más amplia, sonido audible, cuando el oído humano lo puede percibir, infra- o ultrasonido cuando está por debajo o por encima de la capacidad de percepción acústica.

La propagación de las ondas sonoras es más lenta que la de las ondas electromagnéticas: en el aire son 343 metros por segundo (m/s), esto es 1.235 kilómetros por hora (km/h), más rápido que un jet jumbo, pero solo una millonésima parte de la velocidad de la luz o la radio.

Una persona joven y sana oye en el mejor de los casos frecuencias de aproximadamente 20 Hz a 20 kHz, y en especial las medianas entre 1 y 5 kHz. El infrasonido y el ultrasonido se denominan sucesos sonoros de frecuencias bajas y altas por debajo de los 20 Hz y por encima de los 20 kHz, que ya no son percibidos por el oído, pero que son sentidos por muchas personas, a menudo de forma desagradable, cargante o incluso como enfermante. La palabra ruido designa un sonido indeseado, molesto o malsano. En el caso de las vibraciones se trata de oscilaciones mecánicas sensibles, casi siempre molestas e incluso cargantes, que pueden acompañar al ruido aéreo, al sonido audible, y en especial también al infrasonido.

Las mediciones de niveles de presión sonora y los análisis de frecuencias se realizan casi siempre en el centro de las estancias, es decir, lo más alejadas posible de paredes, suelos y techos, pues cerca de estas superficies delimitadoras hay que contar con aumentos y varianzas de los niveles. Para la práctica de *Baubiologie* es importante la determinación de las contaminaciones en los lugares en los que la persona se demora mucho rato y a menudo (dormitorio, lugar de trabajo).

## 9 LUZ (iluminación artificial - luz visible, radiación UV e infrarroja)

Medición de campos electromagnéticos, espectro de la luz, distribución del espectro, parpadeo de la luz, intensidad de iluminación, reproducción del color, temperatura del color, ultrasonido.

Como en el caso de la contaminación eléctrica y del sonido también en el caso de la luz se trata de ondas y frecuencias. La propagación de las ondas de la luz es, con sus 300.000 kilómetros por segundo, incomprensiblemente rápida. El espectro de frecuencias de la luz enlaza directamente por arriba con las frecuencias electromagnéticas de radio. La radio se aprovecha hasta aproximadamente los 300 GHz (las clásicas microondas). La "luz" infrarroja invisible (la radiación de calor) se inicia a partir de 300 GHz, lo que corresponde a una longitud de onda de 1 mm, y va hasta 780 nm. La luz visible comprende un ámbito de longitudes de onda de 780-380 nm y, con ello, los colores desde el rojo, pasando por el naranja, amarillo y verde hasta el azul y el violeta. La - de nuevo invisible - "luz" ultravioleta (la radiación UV) sigue con 380-10 nm. Si se descompone luz blanca mediante un prisma, las longitudes de onda aparecen como colores del arco iris.

Ampliación de los valores indicativos de Baubiologie - propuestas, ayudas orientativas y de valoración:

<b>Luz, iluminación</b>		<b>No significativo</b>			
<b>Campos alternos eléctricos</b> en voltios por metro	<b>V/m</b>	hasta 2 kHz	<b>&lt; 10</b>	a partir de 2 kHz	<b>&lt; 1</b>
<b>Campos alternos magnéticos</b> en nanotesla	<b>nT</b>	hasta 2 kHz	<b>&lt; 50</b>	a partir de 2 kHz	<b>&lt; 5</b>
<b>Espectro de luz, distribución del espectro</b> en nanómetros	<b>nm</b>	<b>Parecido a la luz diurna, homogéneo, transición fluida, ausencia de picos singulares</b>			
<b>Intensidad luminosa</b> en lux	<b>lx</b>	día ~ <b>100-100.000</b>	tarde ~ <b>10 -100</b>	noche <b>&lt; 1</b>	
<b>Temperatura del color</b> en kelvin	<b>K</b>	día ~ <b>4.000-6.000</b>	tarde ~ <b>1.500-3.000</b>		
<b>Ultrasonido</b> en decibelios	<b>dB</b>	<b>No hay</b>			
<b>Luz, iluminación</b>		<b>No significativo</b>	<b>débil</b>	<b>fuerte</b>	<b>extremo</b>
<b>Parpadeo de la luz</b> en porcentaje	<b>%</b>	<b>&lt; 2</b>	<b>2-10</b>	<b>10-50</b>	<b>&gt; 50</b>
		<b>ninguna modulación de la luz para el traslado de datos</b>			
<b>Reproducción del color</b> en índice Ra	<b>Ra</b>	<b>&gt; 90</b>	<b>80 - 90</b>	<b>60 - 80</b>	<b>&lt; 60</b>

No hay sustancias tóxicas u olores. No contiene sustancias tóxicas como, por ejemplo, mercurio. Producción y eliminación ecológicos.

Mediciones de los campos eléctricos y magnéticos según el TCO (a 30 cm de distancia).

Datos sobre todo para las horas de la tarde antes de acostarse, para no interferir en la siguiente fase de sueño.

Las recomendaciones de *Baubiologie* para la luz se guían en primer lugar por lo técnicamente viable, actualmente se basan menos en la experiencia - como los demás valores indicativos -, ya que aun se tiene poca. Los primeros ejemplos de casos y algunos resultados de investigaciones muestran efectos y riesgos biológicos.

## **Contaminación eléctrica - campos eléctricos y magnéticos de baja y alta frecuencia**

### **Intensidad de campo eléctrica (voltios por metro, V/m) - véase A1**

Medición del valor efectivo contra el potencial de tierra según la norma para ordenadores TCO, distribuida en campos eléctricos de baja frecuencia (hasta 2 kHz) y de frecuencias más altas (desde 2 kHz).

Mediante medidor de campo, respectivamente sonda de campo (sonda TCO o de plato, sonda pequeña), indicador de campo, analizador NF, etc.

### **Intensidad de flujo magnético (Nanotesla, nT) - véase A2**

Medición 3D del valor efectivo de la suma de todas las direcciones de líneas de campo según la norma para ordenadores TCO, distribuida en campos magnéticos de baja frecuencia (hasta 2 kHz) y de frecuencias más altas (desde 2 kHz).

Mediante medidor de campo, respectivamente sonda de campo (bobina de inducción 3D isótropa/ortogonal ó 1D), indicador de campo, analizador NF, etc.

### **Frecuencia(s) dominantes (Hercios, Hz) y ondas armónicas significativas**

Con analizador de espectro NF, osciloscopio, contador de frecuencias, voltímetro, indicador de campo, etc.: rango de frecuencias 10 Hz - 100 kHz (mejor 400 KHz y superior).

No son de esperar campos de alta frecuencia en elementos de iluminación, pero si se produjeran, deben medirse adicionalmente también mediante aparatos de banda ancha HF y/o analizadores de espectro por encima de las especificaciones TCO.

En principio debería ser factible técnicamente que la contaminación eléctrica de los elementos de iluminación fuera en lo posible libre de, o bien pobre en campos eléctricos y magnéticos de baja y alta frecuencia, así como de ondas armónicas.

Óptimo: suministro de corriente continua.

Ejemplos de campos eléctricos alternos hasta 2 kHz / a partir de 2 kHz (30 cm) en V/m:

- bombillas ..... < 10 / 0,
- lámparas de ahorro energético ..... hasta 68 / hasta 71,
- LEDs ..... hasta 125 / hasta 7.

Ejemplos de campos magnéticos alternos hasta 2 kHz / desde 2 kHz (30 cm) en nT:

- bombillas ..... < 5 / 0,
- lámparas de ahorro energético ..... hasta 80 / hasta 80,
- LEDs ..... hasta 20 / hasta 4.

Mediciones de Baubiologie Maes en luminarias comerciales en versión E-27 para Öko-Test y otras revistas para consumidores.

### **Parpadeo de luz (Hercios, Hz - porcentaje, %)**

Medición de la contribución máxima, real de parpadeo de baja (hasta 2 kHz) y alta (desde 2 kHz) frecuencia, a la iluminación total según la "ondulación CIE" (Internationale Beleuchungskommission, Commission Internationale de l'Eclairage, Comisión Internacional de la Iluminación).

Mediante medidores de frecuencia de parpadeo, o aparato medidor de parpadeo, indicador de iluminación, etc., y los rápidos fotodiodos de silicio (como mínimo hasta 400 kHz, mejor 100 MHz y mayor).

- Indicación del parpadeo de 0 a 100 % o representación con osciloscopio y/o analizador de espectro.
- Ámbito de espectro de luz visible a medir de 400 a 700 nm, eventualmente también infrarrojos.
- Eventualmente reproducción acústica del parpadeo en el ámbito audible, salida de tensión alterna para posterior análisis.

Debe(n) indicarse la(s) baja(s) y alta(s) frecuencia(s) dominante(s). Hay que evaluar la cantidad y el tipo de armónicos (análisis de espectro) y el tipo, uniformidad o deformación de las curvas sinusoidales (osciloscopio). se valoran mejor pocas ondas armónicas y sinusoides comparativamente limpias, sin deformaciones que armónicos numerosos y formas de señal llamativas y deformadas. Distinción entre oscilaciones lumínicas armónicas (luz de incandescencia y halógena de la red) y parpadeos disarmónico (lámparas de ahorro, algunos LEDs, etc.)

En principio, como siempre, el modelo a seguir es la luz diurna, debería ser técnicamente factible que la luz artificial estuviera libre de, o ser pobre en parpadeo de baja y alta frecuencia (oscilaciones de luz, ondulaciones lumínicas, modulación de la luz, señales lumínicas), como también de armónicos ("Dirty Light").

La luz artificial no debería estar periódicamente pulsada, como puede darse el caso en la conducción electrónica de la claridad mediante la modulación de la amplitud de pulsaciones en los LEDs o pantallas.

La luz no debería modularse a baja y alta frecuencia, abusando así de ella para la transmisión de datos (por ejemplo, visible light communication VLC).

Óptimo: suministro de corriente continua.

Ejemplos: parpadeo de luz en porcentaje sobre el total:

- bombillas y luz halógena conectadas a la red (sin preconexión electrónica) 5-20 % (oscilaciones de luz armónicas, curvas sinusoidales apenas deformadas, pocos armónicos);
- lámparas de ahorro 20-70 % (fuertemente disarmónicas, curvas sinusoidales muy deformes, gran cantidad de armónicos, "dirty light");
- LEDs 2-100 % (a menudo - no siempre - más o menos disarmónicos, curvas sinusoidales deformadas, cantidad de armónicos).

Mediciones de Baubiologie Maes en luminarias comerciales en versión E-27 para Öko-Test y otras revistas para consumidores.

### **Espectro lumínico y distribución del espectro (Nanometros, nm)**

Medición de todo el espectro, en primer lugar la luz visible con longitudes de onda de aproximadamente 380 a 780 nm, a ser posible también los infrarrojos por encima de 780 nm y la luz ultravioleta por debajo de 380 nm, junto con la valoración de la distribución del espectro.

Mediante espectrómetro. Para bandas del espectro selectivas, incluso los infrarrojos y UV también mediante fotómetro. O bien, para una primera impresión visual grosso modo con un espectrómetro de luz.

El espectro lumínico de las luminarias debe asemejarse lo máximo posible a la luz diurna: constante, continua, equilibrada, sin interrupciones y, a ser posible, fluida desde el UV pasando por todas las componentes visibles hasta el infrarrojo sin una componente azul demasiado sobresaliente, mejor un rojo más pronunciado. Las bombillas de incandescencia y las halógenas, como también algunos LEDs, satisfacen esta exigencia. No son admisibles picos de color singulares, estrechos y fulminantes, como se producen por ejemplo en lámparas de ahorro energético.

Ejemplos: bombillas y luz halógena, pasando de forma equilibrada y fluida por todos los ámbitos de color, sin picos, similar a la luz solar hasta el infrarrojo. Lámparas de ahorro solamente algunos picos de color, arrancados del espectro total, estrechos y fulminantes, no naturales; LEDs ambos casos, algunos más o menos parecidos a las bombillas, los otros más caóticos, aunque mayoritariamente recorridos de color fluidos, cion frecuencia tienen componente azul demasiado pronunciado, falta el importante rojo, respectivamente el infrarrojo.

### **Reproducción del color (valor Ra, Ra/R<sub>1-14</sub>)**

Medición del índice de reproducción del color (valor Ra, respectivamente CRI, color rendering index) de una luminaria.

Mediante espectrómetro. Medición de un mínimo de 8 colores a examen según DIN 6169 (medición estándar, indicaciones usuales sobre los envoltorios o instrucciones técnicas de las luminarias), mejor todos los 14 colores de examen según DIN 6169.

El valor de reproducción del color debe ser lo más alto posible y, por tanto, lo más parecido a la luz diurna, en cualquier caso mayor de 90.

Atención: Si en lugar de establecer el índice Ra usual, que se refiere solo a los 8 colores testados, se tuvieran en cuenta los 14 colores del test según DIN, en la mayoría de los casos los resultados serían peores: en las lámparas de ahorro y los LED en un 10 %, en las bombillas y la luz halógena apenas o nada. La reproducción del color que se mide según R<sub>1-14</sub> es más determinante, sobre todo en lo que se refiere a importante tonos de rojo, que en el Ra faltan casi del todo.

Ejemplos:

- la luz solar tiene un índice Ra de ..... 100,
- la luz diurna ..... 95-100,
- la luz de las velas ..... 98,
- una bombilla de incandescencia ..... 98-99,
- luz halógena ..... 95-98,
- LED ..... 40-95,
- lámpara de ahorro/tubo fluorescente .... 40-85,
- lámpara de vapor de mercurio ..... 40-60,
- lámpara de vapor de sodio ..... 20-40.

### **Temperatura del color, temperatura de la luz (Kelvin, K)**

Medición de la temperatura del color, respectivamente de la luz de una luminaria.

Mediante espectrómetro, medidor de temperatura del color, fotómetro, colormaster, etc.

La temperatura de la luz artificial debería ser lo más parecida posible a la de la luz diurna: durante el día más bien "fresca", por la tarde más "cálida".

Cuanto más alta sea la temperatura de color, tanto mayor debe ser la componente de azul en la luz, cuanto más baja, tanto más alta la componente de rojo. Las componentes de azul y rojo son los factores determinantes para dirigir el ritmo de vigilia/sueño. La melatonina es la principal hormona responsable que es gobernada así. Cuanto más azul, tanto menor es la liberación de la "hormona del sueño", cuanto más rojo, tanto mayor. La luz del mediodía tiene una componente muy alta de azul, el sol del atardecer más parte de rojo.

Ejemplos:

- vela, fuego ..... 1500 K,
- bombilla, halógena ..... 2.600-3.200 K,
- blanco cálido ..... < 3.300 K,
- blanco neutro ..... 3.300-5.000 K,
- blanco frío ..... >5.000 K, sol 3.000-5.800 K,
- cielo nublado ..... 6.500-7.500 K,
- faro de automóvil LED ..... ~ 8.000 K,
- cielo azul profundo de mediodía .... 9.000 K,
- "hora azul" ..... 10.000 - 12.000 K.

### **Intensidad de iluminación (lux, lx)**

Medición de la intensidad lumínica de una luminaria.

Mediante medidor de lux, fotómetro, etc.

- Rango de medición como mínimo 1-100.000 lx,
- precisión ± 5 %.

La claridad de la luz también tiene mucho que ver con el ritmo de vigilia/sueño. La melatonina y la serotonina son las principales hormonas responsables que se rigen por ella. Cuanta mayor claridad tanto menos melatonina, cuanto más oscuro tanto más. La liberación de melatonina aumenta por debajo de aproximadamente los 500 lx.

Ejemplos:

- día soleado de verano ..... 100.000 lx,
- día de verano nublado ..... 30.000 lx,
- día de invierno soleado ..... 20.000 lx,
- día de invierno nublado ..... 10.000 lx,
- día de invierno gris ..... 5.000 lx,
- puesto de trabajo claro ..... 1.000 lx,
- iluminación de una estancia u oficina .. 100-500 lx,
- iluminación callejera ..... 10-50 lx,
- vela (a un metro) ..... 1 lx,
- noche de luna llena ..... 0,2-1 lx.

### **Ultrasonido (decibelio, dB)**

Medición del ultrasonido emitido por las luminarias.

Mediante aparatos de medición del volumen del sonido, fotómetro, eventualmente también mediante detector de murciélagos.

Algunas lámparas de ahorro energético y aparatos electrónicos emiten frecuencias de sonido altas, apenas directamente audibles - ultrasonido.

## **B TOXINAS DOMÉSTICAS, AGENTES CONTAMINANTES, AMBIENTE INTERIOR**

Para realizar estudios y evaluaciones fiables de la contaminación química y del ambiente interior, en general deberán aplicarse métodos de análisis combinados, basados de forma intencionada los unos en los otros. Junto al análisis de la contaminación aguda de los espacios interiores por toxinas a través de las concentraciones en el aire, el polvo, las superficies o materiales, se destaca la detección de las fuentes en los interiores.

### **Inspección y consulta**

Anamnesis del edificio y los usuarios, inspección visual, impresiones generales y olfativas (olores); eventualmente ayuda de fichas de datos de seguridad, fichas técnicas, actas de construcción, documentación fotográfica, etc.

Inspección de los espacios interiores a analizar, incluso consultas a los habitantes sobre el historial del edificio, de los materiales utilizados, equipamientos, muebles, pavimentos, adhesivos, pinturas, lacas u otros materiales de construcción y reforma, episodios actuales o pasados de olores, sospechas o síntomas de enfermedad. La inspección visual exhaustiva comprende a ser posible también la información relativa a la construcción del suelos, paredes y cubiertas, utilización de locales auxiliares y viendas anexas, hábitos de uso y de aireación, puntos débiles en la construcción según el año de edificación, por ejemplo, colas asfálticas que contienen HAP y PCBs debajo del parquet en casas más antiguas, formaldehído y protectores de la madera, por ejemplo, en una casa de los años 70 o en habitaciones sospechosas, revestidas de madera correspondientemente tratada.

### **Mediciones directas, procedimientos de análisis preliminares y mediciones orientativas**

Mediciones orientativas y comparativas mediante tubitos de análisis, plaquetas y medidores de indicación directa.

Se puede realizar una primera valoración rápida de la situación atmosférica in situ mediante procedimientos sencillos de análisis preliminares (por ejemplo, Bio-check-F para el formaldehído o tubitos de análisis de indicación directa, son valoraciones bastante sensibles y poco molestas de una situación de contaminación). Existen también aparatos de medición directa para el formaldehído, y en especial los aparatos más modernos son suficientemente sensibles y se pueden utilizar selectivamente para una primera valoración y especialmente para la búsqueda de las fuentes.

Los aparatos adecuados para los disolventes y otras sustancias dañinas ligera- o medianamente volátiles trabajan sobre el principio de la detección de la fotoionización (PID). Mediante aparatos sensibles a menudo se pueden detectar concentraciones ligeras de sumas de disolventes y llevar a cabo la asignación importante de la fuente.

Las inspecciones de este tipo son útiles como complemento a los estudios preliminares o la toma de muestras más complicada para análisis de laboratorio, se pueden acometer rápidamente en diversas habitaciones o armarios sospechosos. En las fisuras, grietas, huecos y sobre las superficies se pueden realizar enseguida mediciones comparativas de forma sencilla. Además se pueden analizar materiales sospechosos directamente sobre las superficies (alfombra, revestimiento de suelos, etc.) debajo de un aislamiento o en un recipiente adecuado.

En el caso de pesticidas y otros tóxicos difícilmente volátiles no existen tests rápidos fiables, tan sólo para pentaclorofenol (Bio-Check-PCP).

Si las primeras mediciones indican un contenido de tóxicos cercano o por encima de un valor indicativos a comprobar de forma más exacta (SBM, UBA, OMS, AGÖF), se debe determinar el

cumplimiento del valor indicativo, o la medida de su superación mediante una toma de muestras adecuada con análisis de laboratorio específico (mediciones de evaluación, ver más abajo).

### **Toma de muestras para análisis de laboratorio**

Mediciones de evaluación (por ejemplo, valores indicativos SBM para zonas de reposo) con toma de muestra in situ y valoración en laboratorio.

Estos estudios más exactos y diferenciados no proporcionan resultados in situ, sino que precisan análisis de laboratorio después de la toma de muestras y son correspondientemente más caras. Se pueden analizar muestras de aire, polvo, superficies y materiales. Los detalles se concretan en cada apartado de la norma. Se toman muestras y se llevan al laboratorio, especializado en analítica de tóxicos en interiores. Los medios y condiciones, de recogida, así como las cantidades de muestra, como también los parámetros de análisis deben acordarse con el laboratorio. Sobre todo en las mediciones de aire deben tenerse en cuenta las siguientes condiciones marco para la toma de las muestras.

### **Condiciones marco para los estudios de atmósfera interior y toma de muestras**

Durante las mediciones del aire en interiores y la toma de muestras para el laboratorio especialista no se ventila antes durante entre 6 y 8 horas para las mediciones de evaluación (comparar con las directrices, los valores indicativos, orientativos o de referencia en *Baubiologie* para dormitorios). Durante las 24 horas anteriores a la inspección no deberían usarse productos químicos, de limpieza, cosméticos, aerosoles, perfumes u otras aplicaciones molestas y volátiles en las estancias a analizar y las adyacentes. Las pruebas se realizan con temperaturas normales y lo más estables posible (18-24 °C, durante la inspección/prueba y 24 horas antes). Los equipos acondicionadores del aire (filtros, etc.) deben asimismo ser desconectados entre 6 y 8 horas antes. Durante la toma de muestras, pocas personas o nadie debe permanecer en el interior de las estancias.

En las mediciones orientativas y comparativas, las condiciones marco pueden elegirse libremente y deben tenerse suficientemente en cuenta para la interpretación (búsqueda de fuentes, caso extremo, necesidad de más estudios) y deben mencionarse en el acta.

## **1 FORMALDEHÍDO y otros agentes contaminantes gaseosos**

Medición de **agentes contaminantes gaseosos** como el formaldehído, ozono y cloro, gases urbanos e industriales, gas natural, monóxido de carbono y dióxido de nitrógeno, así como otros gases de combustión.

Medición de las concentraciones en la atmósfera o en la cámara de análisis (microgramos por metro cúbico,  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  o partes por millón, ppm) o en el material (mg/kg) mediante estudios preliminares, aparatos de indicación directa y toma de muestras con análisis en laboratorio.

### **Análisis preliminares:**

Mediciones de formaldehído con Bio-Check-F o mediante tubitos de análisis de indicación directa. El grado de decoloración muestra la medida de la contaminación por formaldehído de manera grosera. Estos procedimientos de análisis suelen proporcionar unas primeras impresiones sólidas con una sensibilidad de prueba de unos 0,04 ppm ( $\sim 50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ). La precisión y el valor informativo de estos procedimientos no debe sobrevalorarse, se trata de tests preliminares sencillos, rápidos y comparativos, para encaminar la cuestión, por ejemplo, para la necesidad o la determinación espacial de análisis de laboratorio más precisos o para la delimitación de fuentes.

### **Aparatos de medición directa:**

Mediciones de formaldehído con aparatos de medición directa como el formaldemetro o PID. Sensibilidad de indicación de 0,1 ppm, a ser posible más baja. La indicación digital muestra la medida de la contaminación por formaldehído. Se trata de análisis preliminares rápidos y

comparativos, para encaminar la cuestión, por ejemplo, para la necesidad o la determinación espacial de análisis de laboratorio más precisos o para la delimitación de fuentes. Estos aparatos con frecuencia no son lo suficientemente sensibles para realizar mediciones críticas y precisas, más bien para indicaciones orientativas.

#### **Toma de muestras de aire para análisis de laboratorio:**

Toma de muestras para analizar la presencia de formaldehído o sustancias tóxicas gaseosas mediante bomba y tubos de ensayo. Se hace pasar el aire a través de tubitos con gel de sílice, cartuchos DNPH, etc., en los que se fija, por ejemplo, el formaldehído. El posterior análisis de laboratorio alcanza una precisión de prueba de aproximadamente  $10 \mu/m^3$  (gel de sílice) o incluso  $1 \mu/m^3$  (DNPH) y también se puede utilizar para aldehídos superiores (véase B2). El resultado es una concentración referida al volumen en microgramos por metro cúbico ( $\mu/m^3$ ). Las mediciones de evaluación según SBM se refieren a valores corregidos (calculados para 23 °C y 45 % de humedad relativa del aire análogamente a la directiva VDI 4.300).

Tasa de flujo 0,5 - 1,5 litros por minuto y volumen total de unos 30 litros en DNPH (véase también VDI 3484, página 3), de 90 litros en el gel de sílice.

#### **Toma de muestras de material y análisis de laboratorio especializado:**

Un material sospechoso, como por ejemplo un pedazo de tablero de virutas, madera o tela, se extrae in situ y se envía para su análisis de formaldehído a un laboratorio especializado. En las pruebas en cámaras de ensayo, las circunstancias deben ajustarse en lo posible a las situaciones realistas en las estancias habitables y situar la tasa de renovación del aire en 0,5/h o más bajo; el resultado será una concentración en el aire de la cámara de ensayo en  $\mu/m^3$  o la indicación de concentración de material referida a la masa en miligramos por kilogramo (mg/kg).

## **2 DISOLVENTES** y otros agentes contaminantes muy o medianamente volátiles

Medición de **agentes contaminantes volátiles** ( $\mu/m^3$ , ppm) como aldehídos, alifatos, alcoholes, aromas, ésteres, glicoles, cetonas, cresoles, fenoles, siloxanos, terpenos y otros compuestos orgánicos (VOC).

Medición de las concentraciones en el aire interior o en la cámara de ensayos (microgramos por metro cúbico,  $\mu g/m^3$  o partes por millón, ppm) o en material (miligramos por kilogramo, mg/kg) mediante análisis preliminares, aparatos de medición directa y toma de muestras para análisis en laboratorio.

#### **Análisis preliminares:**

Utilización de tubitos de ensayo suficientemente sensibles, de indicación directa para sustancias singulares o mezclas de sustancias con una bomba de toma de muestras adecuada (bomba manual, bomba automática). Según la tarea y los tubos de ensayo empleados se aspira una cantidad definida de aire (bombeos según indicaciones del fabricante). En presencia de las toxinas correspondientes se colorea el tubito.

#### **Aparatos de medición directa:**

Mediciones in situ mediante detectores de fotoionización de indicación directa, sensibles (PID). Normalmente no es factible la trasposición directa de las magnitudes de referencia en  $\mu/m^3$  debido a la frecuente presencia de mezcla de sustancias, pues el detector reacciona de forma diferente a las distintas sustancias y no las puede identificar. El resultado es una indicación de concentración referida al volumen de TVOC (suma de VOC) en partes por millón (ppm) o partes por billón (ppb). La sensibilidad de comprobación debería ser de aproximadamente 100 ppb, o 0,1 ppm en lo que se refiere al gas de análisis usual isobutileno, o mejor aún más bajo.

#### **Toma de muestras de aire para análisis de laboratorio:**

Toma de muestras para el estudio cuantitativo y cualitativo de presencia de disolventes y otras sustancias tóxicas ligera- o medianamente volátiles mediante bomba y tubos de ensayo. Se hace pasar el aire a través de tubitos Tenax, en los que se fija una gama lo más amplia posible de VOC polares y unipolares (véase también DIN EN ISO 16.000-6) Para el análisis de sustancias singulares o evaluaciones orientativas se pueden utilizar también - según la sustancia y clase de sustancia, tubitos de carbono activo, anasorb (carbón sintético) o de gel de sílice. El resultado se da en una indicación exacta, referida al volumen de las diferentes sustancias y de la suma total (TVOC) en microgramos por metro cúbico ( $\mu/m^3$ ). El análisis de laboratorio de las muestras tomadas in situ debería alcanzar una sensibilidad de comprobación de aproximadamente  $1 \mu/m^3$  por sustancia singular. El Tenax es especialmente sensible y puede ser útil, por ejemplo, para el estudio de problemas de olores y la determinación de concentraciones de la TVOC. Para los aldehídos y cetonas de olores intensos se puede utilizar además DNPH.

#### Método A - Tenax

- Tasa de flujo 0,1 litros por minuto y volumen total entre 1-4 litros con Tenax.

#### Método B -Carbono activo combinado con gel de sílice

- Tasa de flujo 0,5 a 1,5 litros por minuto y volumen total de aproximadamente 90 litros con carbono activo más gel de sílice.

#### Método C - anasorb - carbono activo

- Tasa de flujo 0,5 a 1,5 litros por minuto y volumen total de 90 a 150 litros con anasorb.

- Complemento para aldehídos y cetonas (DNPH)

- Tasa de flujo 0,5 a 1,5 litros por minuto y volumen total de 50 litros con DNPH.

Para determinados casos de medición también se pueden utilizar mini-tubitos de carbono activo pasivos (por ejemplo, ORSA), que se cuelgan durante una o dos semanas en el domicilio del cliente, en la estancia afectada, o durante unos días en un volumen de estudio (cámara de ensayo, etc.) junto con un material sospechoso, para enviarlos entonces a un laboratorio para su estudio. El análisis de laboratorio indica los disolventes hallados en el aire interior con una sensibilidad parecida, pero menos polifacética (los VOC no polares se detectan peor) en comparación con las tomas de muestras activas, arriba enumeradas. Según el caso planteado, puede ser de utilidad completar la toma de muestras activa con una medición a largo plazo. El resultado será una valoración cualitativa de las sustancias singulares y una indicación aproximada de la concentración referida al volumen en microgramos por metro cúbico ( $\mu/m^3$ ).

#### **Toma de muestras para análisis en laboratorio:**

Se toma in situ un material sospechoso, por ejemplo, un pedazo de superficie lacada o sellada, de madera o tela, y se envía al laboratorio especializado para su estudio en cuanto a disolventes. En los ensayos en cámara, las circunstancias deben adaptarse lo mejor posible a las situaciones reales en las viviendas y la tasa de renovación del aire debe fijarse en 0,5/h o más baja; el resultado será una concentración en la atmósfera de la cámara en  $\mu/m^3$  o la indicación de concentración en el material referida a la masa en miligramos por kilogramo (mg/kg).

### **3 PESTICIDAS** y otros agentes contaminantes poco volátiles

Medición de **agentes contaminantes poco volátiles** como biocidas, insecticidas, fungicidas, protectores de la madera, protectores de alfombras, productos ignifugantes, ablandadores, piretroides, PCB, HAP, dioxinas

Medición de la concentración en el polvo (miligramos por kilogramo, mg/kg), sobre superficies (microgramos por metro cuadrado,  $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ), en la cámara o en el aire (nanogramos por metro cúbico,  $\text{ng}/\text{m}^3$ ) con procedimientos de análisis preliminares, aparatos de medición directa o toma de muestras mediante análisis en laboratorio especializado.

#### **Procedimientos de análisis preliminares:**

El Bio-Check-PCP permite un primer test in situ para el protector de madera pentaclorofenol. Se pega una plaqueta de análisis durante 24 horas, como un esparadrapo, sobre la superficie de madera sospechosa. Después de su entrega y valoración, el laboratorio proporciona información sobre la concentración. Ventaja: toma de muestra no destructiva. Desventaja: solamente comprueba el PCP, no otros pesticidas.

#### **Toma de muestras de polvo para análisis en laboratorio especializado:**

En el polvo doméstico se acumulan preferentemente la mayor parte de las toxinas persistentes, se pueden detectar bastante bien y a menudo de forma detallada, también proporcionan claros indicios sobre el origen existente en el interior. La toma de muestras del polvo doméstico a analizar se consigue mediante una sencilla aspiración. Debe pasarse el aspirador bien a fondo por las estancias a analizar unos 7 días antes del examen. A continuación, tras 7 días sin más limpieza, se toma la muestra. Para ello se aspira el polvo con la aspiradora que se utiliza normalmente en la vivienda, o con una aspiradora especial para la toma de muestras, con una bolsa nueva o con un cabezal especial con filtro. En las pruebas con la bolsa de la aspiradora, hay que hacerla funcionar un par de minutos al aire libre. Según el caso, aspirar no solo el suelo, sino también las superficies de tela, acolchados, almohadones, colchones, peluches, cortinas, visillos, tapices, libros, y demás objetos que acumulen polvo.

No aspirar directamente las superficies que contengan o que se sospecha que puedan contener sustancias tóxicas, pues queremos valorar la contaminación secundaria mediante la toma de muestra del polvo, que procede de la fuente primaria, como por ejemplo un techo de madera tratado con pesticidas. Los valores indicativos de *Baubiologie* se refieren únicamente a estas contaminaciones secundarias. Los resultados de contaminaciones primarias derivadas de aspirar directamente los materiales y superficies que contienen sustancias tóxicas serían más elevados, aunque pueden ser interesantes en el marco de la búsqueda o determinación intencionada del origen.

La prueba (bolsa de aspiradora, etc.) se empaqueta de forma estanca en lámina de aluminio o se sella en plástico neutro y se envía al laboratorio. El resultado será una indicación de concentración referida a la masa en, por ejemplo, miligramos por kilogramo (mg/kg) con indicaciones diferenciadas de las diferentes sustancias (pesticidas, piretroides, ablandadores, ignifugantes, PCB, HAP, etc.) Hay que asegurarse que en el laboratorio se pueda detectar una gama amplia del máximo número posible de sustancias tóxicas.

#### **Método A - Bolsa del aspirador**

- Toma de muestras mediante el aspirador,
- a ser posible bolsa de papel con capa intermedia,
- 1-2 gramos de polvo fino,
- fracción < 200  $\mu\text{m}$ , mejor < 63  $\mu\text{m}$ .

#### **Método B - cabezal colector**

- Toma de muestras con un cabezal colector ALK y filtro especial,
- a ser posible 1-2 gramos de polvo fino,
- fracción < 200  $\mu\text{m}$ , mejor < 63  $\mu\text{m}$ .

#### **Toma de muestras de material para análisis en laboratorio especializado:**

Parte de una superficie de material sospechoso (madera) o de una muestra de material (cuero, alfombra, etc.) con análisis posterior en laboratorio. Se precisa un trozo de superficie de madera (en total alrededor de 10-20 centímetros cuadrados, unos 2-3 gramos) y más o menos dos milímetros de grosor como máximo. Es bueno, tomar varias muestras de distintas partes de una superficie de madera sospechosa, como por ejemplo, del principio, final y del medio de una viga. En el caso de muestras de tela o cuero es suficiente con un trozo del tamaño de un sello de correos. En las alfombras se deben extraer pelusas con cuidado para no destruir el material.

Las muestras se empaquetan en papel de aluminio, estanco al vapor o se soldan en plástico neutro y se envían al laboratorio.

El resultado se expresará en una indicación de concentración referida a la masa, en, por ejemplo, miligramos por kilogramos (mg/kg) con indicaciones diferenciadas de las diferentes sustancias.

### **Toma de muestras de superficies para análisis en laboratorio:**

Las muestras de frotis son adecuadas para la evaluación de materiales no destructiva y para la detección de contaminación secundaria. Con un paño de algodón limpio y un poco de alcohol (casi siempre isopropanol) se frota intensamente una superficie lisa definida (unos pocos centímetros cuadrados) y se envía la muestra al laboratorio para su análisis.

El resultado se expresará en una indicación de concentración referida a una superficie en, por ejemplo, microgramos por metro cuadrado ( $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ) o microgramo por decímetro cuadrado ( $\mu\text{g}/\text{dm}^2$ ).

### **Toma de muestra de aire para el análisis en laboratorio:**

Se hace pasar una cantidad definida, bastante grande, de aire mediante bombas de toma de muestras, a través de filtros de recogida con espuma de poliuretano PU o carbono activo NIOSH (solo para ablandadores) y, a continuación, se manipulan en el laboratorio para analizarlos. Las mediciones atmosféricas son bastante poco sensibles para algunos pesticidas y, por ello, pueden, según la situación, resultar relativamente insignificantes, puesto que la concentración de sustancias poco volátiles en el aire son más bien bajas. Sin embargo, si se detectan concentraciones algo elevadas y significativas en el aire, quiere decir casi siempre que hay un problema y una fuente en el interior. Si la atmósfera es inocua, hay que tener cuidado al concluir que se está en presencia de un interior no contaminado. La medición del aire no debe sustituir una medición controlada de material y polvo, sino más bien complementarla.

El resultado se expresará en una indicación de concentración referida al volumen, en nanogramos por metro cúbico ( $\text{ng}/\text{m}^3$ ).

Tasa de flujo 30 litros por minuto y volumen total de 1000-2000 litros, espuma de PU con un diámetro de 5 cm.

Tasa de flujo 5 litros por minuto y volumen total de 1000-2000 litros, espuma de PU con un diámetro de 2 cm.

Tasa de flujo 0,5-1,5 litros por minuto y volumen total de unos 500 litros, con carbono activo NIOSH.

## **4 METALES PESADOS y otros agentes contaminantes similares**

Medición de agentes contaminantes minerales como metales ligeros y pesados (aluminio, antimonio, arsénico, bario, plomo, cadmio, cromo, cobalto, cobre, níquel, mercurio, zinc, etc.) compuestos metálicos y minerales.

Medición de las concentraciones, toma de muestras para análisis en laboratorio,

- en el polvo (miligramos por kilogramos, mg/kg),
- en el material (miligramos por kilogramo, mg/kg),
- sobre superficies (microgramos por metro cuadrado,  $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ),
- en el aire interior (nanogramos por metro cúbico,  $\text{ng}/\text{m}^3$ ,
- y en el agua de boca (microgramos por litro,  $\mu\text{g}/\text{l}$ ),

Detección de como mínimo 12 metales ligeros y pesados (mejor aún más), entre los cuales están los metales aluminio (Al), antimonio (Sb), arsénico (As), bario (Ba), plomo (Pb), cadmio (Cd), cromo (Cr), cobalto (Co), cobre (Cu), níquel (Ni). En algunos casos puede tener sentido buscar determinados grados de oxidación, como en cromo-6 (Cr6) en el material (cuero).

### **Toma de muestras de polvo para análisis en laboratorio:**

Los metales se detectan durante las mediciones de *Baubiologie* mediante el polvo doméstico. La toma de muestras se corresponde con la descrita en el punto B3. Asegurarse también en este caso de que el análisis del polvo comprenda el máximo de componentes singulares. La determinación se realiza después de la disgregación con ácido nítrico o agua regia con ICP-MS. Los límites de detección están en 0,1-5 mg/kg.

Método A - Bolsa de aspirador

- Toma de muestras in situ mediante un aspirador,
- a ser posible con bolsa con capa intermedia,
- 1-2 gramos de polvo fino,
- fracción < 200  $\mu\text{m}$ , mejor < 63  $\mu\text{m}$ .

Método B - cabezal colector

- Toma de muestras in situ con cabezal colector ALK y filtro especial,
- a ser posible 1-2 gramos de polvo fino,
- fracción < 200  $\mu\text{m}$ , mejor < 63  $\mu\text{m}$ .

### **Toma de muestras de material para análisis en laboratorio:**

Toma de muestras de la superficie de material sospechosa (madera, cuero, pintura, escoria) o de una muestra de material y análisis posterior en laboratorio. Las muestras (2-3 gramos) se introducen en un vaso o se empaquetan en papel de aluminio y se envían al laboratorio. El resultado se expresa en una concentración referida a la masa en, por ejemplo, miligramos por kilogramo (mg/kg).

### **Toma de muestras de superficies para análisis en laboratorio:**

Las muestras de frotis son muy adecuadas como método no destructivo para evaluaciones de materiales y para reconocer contaminaciones secundarias (por ejemplo, mercurio). Con un paño de algodón limpio y un poco de alcohol (casi siempre isopropanol) se frota intensamente una superficie lisa definida (unos pocos centímetros cuadrados) y se envía la muestra al laboratorio para su análisis. El resultado se expresará en una indicación de concentración referida a una superficie en, por ejemplo, microgramos por metro cuadrado ( $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ) o microgramo por decímetro cuadrado ( $\mu\text{g}/\text{dm}^2$ ).

### **Toma de muestra de aire para el análisis en laboratorio:**

Un análisis del aire sólo tiene sentido para el mercurio. La toma de muestras se corresponde a la descrita en el apartado B2. Se utilizan tubitos colectores de carbono activado recubierto con yodo especiales para el análisis de mercurio. El límite de detección es suficientemente bajo estando en 30  $\text{ng}/\text{m}^3$ . La determinación se realiza tras la disgregación mediante vapor frío AAs.

El resultado se expresará en una indicación de concentración referida al volumen, en nanogramos por metro cúbico ( $\text{ng}/\text{m}^3$ ).

Caudal de 0,5-1,5 litros por minuto y volumen total de unos 250 litros mediante tubitos de carbono activo y yodo.

**Toma de muestras de agua de boca para análisis de laboratorio:**

Si se sospecha la contaminación del agua de boca, deberían realizarse análisis del agua. En primer lugar respecto al plomo, cobre, níquel, cadmio y arsénico. La toma de muestras se hace con botellas PE (aproximadamente de 50 ml para análisis de orina de la farmacia) y la determinación se realiza según ICP-MS. El resultado se expresará en una indicación de concentración en, por ejemplo, microgramos por litro ( $\mu\text{g}/\text{l}$ ).

Para análisis más exhaustivos del agua hay que tener en cuenta las especificaciones del reglamento de agua potable durante la toma de muestras y la valoración de laboratorio.

## **5 PARTÍCULAS Y FIBRAS** (polvo fino, nanopartículas, amianto, fibras minerales, etc.)

Medición de **polvo, número y tamaño de partículas, amianto** y otras **fibras**.

Medición de las concentraciones en la atmósfera interior ( $\mu\text{g}/\text{m}^3, \text{l}$ ), en el polvo ( $/\text{g}$ ), en el material ( $/\text{g}$ ) o sobre superficies ( $/\text{cm}^2$ ) mediante aparatos de medición directa y toma de muestras para análisis en laboratorio.

**Valoraciones preliminares con microscopio:**

Mediante colector de partículas (por ejemplo, Allergenco, MBAS 830-PS30) y cinta adhesiva sobre portaobjetos, evaluación con microscopio óptico.

**Medición directa mediante contador de partículas:**

Mediciones con contadores de partículas láser (sistema de varios canales para partículas a partir de 0,3-0,5  $\mu\text{m}$  de diámetro) o contadores de partículas de condensación (para partículas más pequeñas hasta 1 nm), eventualmente con clasificación de tamaños.

**Medición directa o recolección de polvo fino:**

Mediciones para la determinación de la masa de polvo mediante las correspondientes bombas y unidades de filtraje y separadores previos, el resultado se expresa en indicación de concentración en, por ejemplo, microgramos por metro cúbico ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ).

**Toma de muestras de polvo para análisis en laboratorio:**

Se puede comprobar la presencia de amianto y fibras minerales artificiales (FMA) a través del polvo doméstico. La toma de muestras se corresponde con la descripción en el apartado B3. La muestra de polvo se analiza en el laboratorio después de incinerar el filtro mediante microscopio electrónico de barrido y fluorescencia de rayos X por energía dispersiva (REM-EDXA). Este análisis diferencia cantidad y clase de fibras.

Toma de muestras de material para análisis en laboratorio: Toma de muestras de amianto o FMA o de una muestra de material y análisis posterior en laboratorio. En la toma de muestras debe prestarse atención a no contaminar el entorno (en la toma de muestras de amianto deben utilizarse guantes y mascarillas protectores, tras una adecuada capacitación, según por ejemplo TRGS 519). Las muestras de material (no más de 1 g), se colocan en recipientes o frascos estancos y se envían al laboratorio. Las muestras se analizan mediante microscopio electrónico de barrido y fluorescencia de rayos X por energía dispersiva (REM-EDXA). Este análisis diferencia en el amianto o las FMA las proporciones de masa en % y el índice KI en las FMA.

**Toma de muestras de superficies para análisis en laboratorio:**

Mediante el método de sello adhesivo pueden determinarse fibras de amianto y FMA sobre superficies. Se presionan sellos adhesivos de grafito especiales sobre una superficie horizontal

que ha sido limpiada unos 3-7 días antes y se evalúan mediante microscopios electrónicos de barrido y fluorescencia de rayos X por energía dispersiva (REM-EDXA). Este análisis diferencia número y clase de fibras.

### **Toma de muestra de aire para análisis de laboratorio:**

Las mediciones atmosféricas de fibras de amianto y FMA se realizan según el reglamento VDI 3492, página 2. Hay que prestar atención a arremolinar previamente el polvo que se haya sedimentado o los depósitos ocultos de fibras para simular las condiciones de uso. Por lo demás son válidas las indicaciones de VDI 4300 como con otras mediciones atmosféricas. Mediante bombas especiales se toman muestras del aire durante ocho horas. Normalmente se precisan 3800 litros de volumen de muestreo. En el caso de contaminaciones elevadas de polvo o humo deben tomarse muestras menores de aire, pues sino el cabezal colector puede sobrecargarse. Las fibras de amianto y FMA se depositan en el cabezal colector sobre un filtro de membrana vaporizado con oro y una superficie parcial se analiza en el laboratorio tras la incineración del filtro mediante microscopio electrónico de barrido y fluorescencia de rayos X por energía dispersiva (REM-EDXA). Este análisis diferencia cantidad, clase, grosor y longitud de las fibras.

Toma de muestras mediante una bomba adecuada para amianto (libre de pulsaciones, por ejemplo, compresor rotativo de paletas).

Tasa de flujo de 8 litros por minuto y volumen total alrededor de 3800 litros en cabezal colector con filtro de membrana vaporizado con oro.

Hay que tener en cuenta la "Directriz para la valoración y el saneamiento de productos de amianto poco consolidados en edificios - directriz del amianto", junto al formulario de evaluación anexo. Detección de amianto en muestras de polvo, material y superficies se realiza según la directriz VDI 3866, Hoja 5.

## **6 AMBIENTE INTERIOR** (temperatura, humedad, CO<sub>2</sub>, ionización, renovación del aire, olores, etc.)

Medición de la **temperatura del aire** y de las **superficies**, de la **humedad del aire** y de los **materiales**, del **oxígeno**, del dióxido de carbono, de la presión atmosférica, del **movimiento del aire** y de la **ionización del aire** así como de la **electricidad atmosférica**, constatación de **olores** y de la **tasa de renovación del aire**.

Medición de la **temperatura** (°C), de la **humedad** (relativa y absoluta, %), del **oxígeno** (vol. %), del dióxido de carbono (ppm), de la presión atmosférica (mbar), del **movimiento del aire** (m/s) y de la **ionización del aire** (/cm<sup>3</sup>) así como de la **electricidad atmosférica** (V/m).

Medición de la **humedad** y **temperatura del aire** y de los **materiales** mediante termómetros, higrómetros, medidores de humedad de obra, registradores de datos climáticos, sistemas modulares, etc.

Mediciones de la temperatura y la humedad del aire mediante termohigrómetros. En situaciones poco claras de problemas de condensación deben realizarse mediciones a largo plazo con registradores de datos climáticos durante varios días o semanas. Las indicaciones serán en grados celsius (°C) y porcentajes de humedad relativa (%). Los cálculos internos a los aparatos o mediante tablas o programas informáticos proporcionan también datos sobre el punto de rocío (en °C) y sobre la humedad absoluta en gramos por metro cúbico (g/m<sup>3</sup>).

En lo relativo a la humedad atmosférica hay que averiguar tanto la humedad relativa como la absoluta. En las mediciones de corto plazo hay que fijarse en la aclimatación suficiente de los sensores, en especial al trasladar los aparatos de medición del exterior al interior. Hay que mantener los aparatos lo suficientemente lejos del cuerpo, respectivamente de la boca y de la respiración para evitar influencias.

Las temperaturas superficiales en grados celsius (°C) pueden medirse mediante termómetros de contacto o mediante termómetros laser infrarrojo, sin contacto y más cómodos. En este

último caso, hay que establecer comparaciones sobre el mismo material, pues en las superficies que tienen un comportamiento de reflexión muy diverso hay que tener en cuenta los correspondientes grados de emisión, respectivamente graduarlos en el aparato.

Las mediciones de la humedad atmosférica y de las temperaturas superficiales para el análisis de problemas de condensación, deben llevarse a cabo en la estación del año, o durante el fenómeno meteorológico, en el que se produzcan dichos problemas: al estudiar áreas frías de paredes exteriores en estancias por encima del terreno, deberían darse las correspondientes temperaturas bajas en el exterior, contra más frescas mejor, los estudios de problemas de condensación en sótanos o subterráneos solo suelen tener sentido en verano y otoño.

En mediciones de la humedad atmosférica y de las temperaturas superficiales hay que tener en cuenta y registrar también los hábitos de los usuarios.

Las mediciones de la humedad de obra hay que acometerlas en primera instancia mediante procedimientos orientativos, no destructivos, de alta frecuencia; a continuación, en zonas sospechosas, seguir mediante electrodos de superficie y/o de inyección, o de martillo, pasando por la conductividad de la superficie y a diferentes profundidades, y como complemento según el caso, también por procedimientos con microondas. En las mediciones de la conductividad casi siempre obtenemos valores en equivalencias a la humedad de la madera (% EHM) o dígitos específicos del aparato de medición. Mediante tablas se pueden determinar las humedades de los materiales, si fuera necesario; con la mayor exactitud se pueden determinar mediante el carburo de calcio (método CM) o mediante secado/pesaje (método Darr). En las mediciones de conductividad debe prestarse atención a posibles errores a causa de productos de la construcción salinizados o metales, u otras capas, productos y pinturas conductoras de electricidad. La medición de la humedad atmosférica dentro del material puede ser de ayuda, en taladros recién practicados, en los que se introduce un sensor de humedad y se sella respecto a la atmósfera de la habitación.

**Oxígeno** - mediciones mediante tubitos de ensayo o aparatos de medición

Este gas de vital importancia casi nunca falta en los espacios interiores. La frase "aquí no hay ya oxígeno" no es correcta, el problema es más bien el exceso de CO<sub>2</sub>. Las mediciones de oxígeno casi nunca son necesarias; si acaso se puede estimar el contenido a través del CO<sub>2</sub>. Datos precisos solo se obtiene mediante tubitos de ensayo o medidores electrónicos de indicación directa.

**Dióxido de carbono** - mediciones mediante tubitos de ensayo de indicación directa o monitores de dióxido de carbono

Las mediciones de dióxido de carbono pueden suministrarnos una buena impresión del ambiente interior y de la tasa de renovación del aire. La concentración de dióxido de carbono también constituye una medida de las posibles contaminaciones con toxinas y olores. Se pueden realizar mediciones mediante tubitos de ensayo, mejor con aparatos de medición electrónicos de indicación directa como los monitores de dióxido de carbono (a ser posible, con memoria de datos interna o con una salida de registro de datos para mediciones de largo plazo). Las indicaciones se expresan en partes por millón (ppm) o en porcentaje de volumen (Vol%).

**Presión atmosférica** - mediciones con barómetros

La medición de la presión atmosférica en el marco de los estudios de *Baubiologie* es importante, porque conforma un criterio para la valoración de otros influjos biológicos (por ejemplo, en la medición de sustancias tóxicas atmosféricas) y el conocimiento de la presión atmosférica permite sacar conclusiones sobre las molestias típicas causadas por las mismas. La presión atmosférica se mide con barómetros. En la técnica de medición de *Baubiologie* se emplean instrumentos de medición digitales - con frecuencia son aparatos combinados con sensores de temperatura y humedad atmosféricas. La indicación de los valores se expresa en milibar (mbar) o hectopascal (hPa). Las oscilaciones de presión solo se pueden determinar correctamente mediante aparatos con funciones de registro de datos.

**Movimiento del aire** - Mediciones con tubitos de ensayo de flujo o medidores de caudal

Los tubitos de ensayo de flujo son adecuados para una primera estimación de los movimientos del aire en la habitación. Estos desprenden un humo parecido a la niebla, que se mueve en el aire como una pequeña nube, en correspondencia con la térmica y el movimiento del aire. Este procedimiento se utiliza preferentemente para la observación de la efectividad de instalaciones de ventilación y climatización (¡atención! Se ruega no inhalar, ácido sulfúrico). Mediciones posteriores mediante aparatos de flujo, por ejemplo, con anemómetros térmicos o sondas de bola caliente. Algunas veces son las llamas (velas, encendedor) las que señalan movimientos de aire. La indicación de valores en las sondas de flujo se expresa en metros por segundo (m/s). Los aparatos deben ser tan sensibles como para registrar movimientos ligeros del aire por debajo de los 0,1 m/s (metros por segundo).

**Ionización** - Mediciones con ionómetros

Las mediciones de los iones pequeños en el aire permiten una impresión general del ambiente interior. Los valores sospechosamente altos y constantemente crecientes significan indicios valiosos referentes a la contaminación por radón. Los valores bajos indican superficies con cargas electrostáticas, polvo fino, u otras contaminaciones. La medición de los iones pequeños se lleva a cabo con ionómetros, los aparatos modernos pueden medir al mismo tiempo iones con carga positiva y negativa y tiene funciones de registro de datos para mediciones de largo plazo. La indicación de los valores se expresa en iones por centímetro cúbico de aire (iones/cm<sup>3</sup>)

**Electricidad atmosférica** - Mediciones con medidores de campo eléctrico o molinete

La electricidad atmosférica se produce en interiores como consecuencia de la electrostática y las tensiones superficiales, se mide, tal como se describe en A4, con sondas de campo (medidores de campo eléctrico), que casi siempre trabajan según el principio de influencia del molinete. La electricidad del aire se produce por la intensidad de campo eléctrico continuo en la estancia. A 1 m de distancia de un objeto electrostáticamente cargado con 1000 V de tensión superficial se produce una intensidad de campo de 1000 V/m. Calculo: tensión superficial (V) = intensidad de campo (V/m) x distancia (m). Es determinante una ligera provocación del material (alfombra, cortina) poco antes de la medición. La tierra sirve de referencia neutra.

**Olores** - Percepción sensorial o mediciones con toma de muestras de aire

Los olores se perciben en primer lugar con los sentidos, respectivamente, con el olfato. La intensidad y la calidad tiene el papel principal. Además se puede distinguir si el olor es agradable o desagradable, o si hay indicios concretos del causante (hongos o productos químicos). Si es necesario, se puede proceder a una medición técnica como se describe en B1/B2; hay que buscar sustancias nocivas volátiles muy olorosas y compuestos en el aire o en los materiales. A veces unos sencillos test con materiales sospechosos en recipientes estancos de vidrio pueden proporcionar indicios olfativos sobre el origen. La AGÖF ha desarrollado recientemente una directiva para la detección de olores en espacios interiores por expertos analistas de olores; por favor, tener en cuenta: Directriz AGÖF "Olores en espacios interiores - determinación y evaluación sensorial".

**Renovación del aire** - Mediciones con gas trazador

-----  
*Complemento para la propuesta de valores indicativos de Baubiologie, ayudas orientativas y de valoración*

Renovación de aire		No significativo	débil	fuerte	extremo
Tasa de renovación del aire por hora	/h	>1	0,5-1	0,1-0,5	<0,1
Entrada de aire fresco en metros cúbicos por hora	m <sup>3</sup> /h	>50	25-50	5-25	<5

Referido a dormitorios de tamaño normal (~ 20 m<sup>2</sup> / (~ 50 m<sup>3</sup>), utilizados por una a dos personas.

Tasas de renovación de aire recomendadas por regla general para otras estancias:

- oficina abierta 40-50 m<sup>3</sup>/h,
- oficina individual 40 m<sup>3</sup>/h,
- aula, auditorio, hostelería 30-40 m<sup>3</sup>/h,
- sala de conferencias 30 m<sup>3</sup>/h,, teatro, concierto, cine 20 m<sup>3</sup>/h.

La tasa mínima higiénica de renovación de aire es de unos 0,3 m<sup>3</sup>/h.

---

La renovación del aire en un edificio depende de muchos factores como la estanqueidad de la envolvente del edificio, del clima exterior e interior, la estación del año, las circunstancias de viento y presión en el entorno y dentro del edificio, la posición y dimensión de las ventanas, la aireación libre sobre ventanas y aireación por patinejos, así como de las instalaciones técnicas de ventilación (descentralizadas o centralizadas) mediante ventiladores. A menudo se puede apreciar bastante bien la renovación del aire realmente existente o posible a través de los factores arriba mencionados que se detecten in situ y a través de los hábitos de los usuarios (con qué frecuencia y durante cuánto tiempo se ventila).

Los datos exactos solamente se obtienen mediante mediciones. La técnica de medición que determina la renovación del aire es la del método de decrecimiento de concentraciones según la directiva VDI 4300, hoja 7, respectivamente DIN EN ISO 16000, hoja 7. En este método se dirige un gas de ensayo (gas trazador, por ejemplo, dióxido de carbono) al interior del local y se determina la caída de la concentración mediante la medición técnica. A partir de la curva de decrecimiento y del volumen de la estancia se determina la renovación del aire por hora (/h). Frecuentemente se instalan varios puntos de medición, para documentar una distribución regular de concentraciones en la estancia.

Como apoyo a la evaluación sirve también la nueva norma de ventilación DIN 1946-6 de 2009. Para determinados tamaños de vivienda se definen las renovaciones mínimas de aire necesarias. En edificios nuevos, modernos y estancos hay que tener en cuenta la norma de ventilación durante la redacción del proyecto y garantizar la renovación mínima de aire. En la mayoría de casos, la ventilación requerida manual a través de las ventanas para la renovación mínima e incluso para la protección exigida frente a la humedad, ya no es suficiente y se debe proyectar un programa de ventilación con ayudas técnicas.

# C HONGOS, BACTERIAS, ALÉRGENOS

## 1 MOHOS y sus esporas, así como sus metabolitos

Medición e identificación de **hongos de mohos**, de esporas de moho y de componentes de hongos cultivables o no, así como de sus metabolitos (MVOC, toxinas, etc.)

## 2 HONGOS DE LA LEVADURA y sus metabolitos

Medición e identificación de **hongos de la levadura** y sus metabolitos

## 3 BACTERIAS y sus metabolitos

Medición e identificación de **bacterias** y sus metabolitos

-----  
*Complemento a los valores indicativos en Baubiologie, propuestas, y ayudas orientativas y valorativas:*

Las evaluaciones y determinación de fuentes más razonadas y posiblemente más seguras resultan, especialmente en el caso de los hongos, de la combinación experta y adaptada a la situación de diferentes métodos, es decir, de la confluencia de diversos resultados e impresiones, por lo contrario no suelen resultar de hallazgos singulares.

Se pueden deducir indicios de fuentes interiores, contaminaciones y cargas o riesgos para la salud, complementariamente a las directrices superiores y esenciales de los valores de referencia de *Baubiologie* para dormitorios, en muchos casos a partir de las siguientes indicaciones y experiencias:

Hongos		No significativo	Débilmente significativo	Fuertemente significativo	Extremadamente significativo
Afectación por hongos visible - medidas en centímetros cuadrados	cm <sup>2</sup>	0	0-50	50-5000	> 5000
Afectación por hongos visibles con el microscopio - hifas, órganos de formación de esporas, esporas por centímetro cuadrado	/cm <sup>2</sup>	ninguna	alguna	muchas	masiva
Los hongos más críticos como el aspergillus, stachybotrys, etc y/o proliferación profundas en los materiales deben examinarse con mayor cuidado					
Hongos de mohos relativos por metro cúbico de aire interior*	/m <sup>3</sup>	< exterior	hasta 100 más	hasta 500 más	> 500 más
Algunos tipos relativos por metro cúbico de aire interior*	/m <sup>3</sup>	< exterior	hasta 50 más	hasta 300 más	> 300 más
Cantidad total de hongos en la atmósfera interior en comparación a muestras de referencia y/o de estancias no contaminadas y cantidad de los distintos tipos de hongos, que se diferencian claramente de los del exterior y/o de estancias de referencia.					

Hongos de moho absolutos por metro cúbico de aire interior*	/m <sup>3</sup>	< 200	200-500	500-1000	>1000
Atmósfera interior para valores moderados del aire exterior por debajo 500/m <sup>3</sup> , dependiendo de las condiciones climáticas e higiénicas.					
Hongos de moho por decímetro cuadrado de superficie*	/dm <sup>2</sup>	< 20	20 - 100	100 - 200	> 200
Hongos sedimentados, o esporas sobre superficies que se limpian a diario, de forma regular, no muy polvorientas.					
Hongos por gramo de polvo doméstico*	/g	< 500	500 - 2000	2000-10000	> 10.000
Número de esporas de hongos en el polvo reunido de unos 7 días de antigüedad. Depositar el polvo directamente sobre un caldo de cultivo. Estudios comparativos respecto a otras estancias especialmente poco sospechosas.					
Suma de MVOC en nanogramos por metro cúbico de aire	ng/m <sup>3</sup>	< 200	200 - 1000	1000-10.000	> 10.000
Sustancias específicas	ng/m <sup>3</sup>	< 50	50 - 200	200 - 2000	> 2000
Compuestos orgánicos volátiles microbianos en la atmósfera, por lo menos 15 sustancias singulares con indicación de la suma.					
Actividad acuosa de un material	a <sub>w</sub>	< 0,65	0,65-0,75	0,75-0,85	> 0,85
Humedad relativa del aire junto al material en porcentaje	% hr	< 65	65 - 75	75 - 85	> 85

\* en el caso de hongos cultivados en caldo de cultivo se trata de unidades de formación de colonias (KBE) referidas a una temperatura de cultivo 20-25 °C.

Evaluaciones e indicaciones detalladas: Agencia estatal de medioambiente 'Directiva hongos' y 'Directiva saneamiento de hongos'.

Reproducimos aquí de nuevo el texto más relevante, obligatorio extraído de los Valores de referencia de Baubiologie SBM 2015, como recordatorio, junto con cinco puntos complementarios:

En los interiores no debe haber **presencia de hongos de moho** directamente visible ni microscópica, tampoco contaminación por **esporas** o sus **metabolitos**\*1. El **número** de hongos de moho en la atmósfera interior, sobre las superficies, en el polvo, en los huecos, en los materiales, etc. debería ser **inferior** al del exterior o al mismo nivel de las estancias de comparación no afectadas. El **tipo** de moho en el interior **no** debería ser básicamente diferente de aquel del exterior o de las estancias de comparación no afectadas. Los hongos particularmente **críticos**\*2 y productores de toxinas alergénicas, o que prosperan a una temperatura corporal de 37°C\*3, **no** deberían ser en absoluto o tan sólo muy poco detectables. Hay que evitar la humedad duradera elevada de los materiales y el aire, así como las temperaturas superficiales frías, ya que representan la base para el crecimiento de los hongos.

Es preciso investigar cada **carácter significativo**, cada **sospecha** o indicio de contaminación microbiana, como por ejemplo: decoloraciones y manchas, olores característicos de microorganismos, hongos indicadores de humedad\*4, daños de construcción y de humedad, las construcciones con problemas, los aspectos de higiene, aportes desde el exterior por encima de la media\*5, patologías del pasado, la historia de la edificación, la inspección del lugar, enfermedades de los usuarios, los diagnósticos de la medicina medioambiental, etc.

Valoraciones e indicaciones detalladas: Agencia estatal 'Directiva sobre mohos' y 'Directiva sobre saneamiento de mohos'

- \*1 Metabolitos, por ejemplo micotoxinas, MVOC, glucanos. alérgenos (proteínas)
  - \*2 Hongos de moho especialmente críticos y formadores de toxinas como por ejemplo, *Stachybotrys*, *Aspergillus* *Alternaria*, determinadas especies de *Chaetomium*, *Paecylomices*, *Penicillium*, *Trichoderma*.
  - \*3 Hongos de moho que crecen a 37 °C de temperatura corporal y son potencialmente infecciosos como el *Aspergillus*, determinados tipos de *Absidia*, *Acremonium*, *Fusarium*, *Mucor*, *Paecilomyces*, *Rhizopus*, *Trichoderme*
  - \*4 Hongos de moho que indican humedad como por ejemplo a) *Acremonium*, *Aspergillus fumigatus*, *Aureobasidium pullulans*, *Chaetomium*, *Stachybotrys*, *Trichodrema* o hongos de levadura indicadores de humedad masiva, así como b) *Aspergillus versicolor*, *A. penicilloides*, *A. restrictus*, *Eurotium* o *Wallemia sebi* de humedad ligeramente más elevada.
  - \*5 Aportes de hongos del exterior por encima de la media, por ejemplo, por vertederos, instalaciones de reciclaje, de compostaje y trituradoras, trabajos polvorientos de construcción, derribo, agricultura y jardinería, etc.
- 

## **Apartados C1 a C3 de la Norma:**

### **Mohos, hongos de la levadura y bacterias**

---

Para una evaluación sólida de la contaminación microbiana en el caso de hongos de mohos, hongos de la levadura y bacterias, hay que aplicar normalmente diversos métodos de análisis adaptados a la situación y cuestión; sus resultados y evidencias combinados deben proporcionar un cuadro general plausible.

Atención: A consecuencia de los problemas de humedad e higiene, junto a los hongos muy a menudo (a veces incluso de forma exclusiva) aparecen bacterias. Los problemas para la salud de los habitantes pueden estar relacionados con hongos y bacterias. Por eso, en los exámenes de *Baubiologie* hay que justificar igualmente los tres apartados de la norma referentes a la microbiología. Prestar atención a los gérmenes indicadores especiales de la humedad y a la presencia de gérmenes altamente tóxicos.

### **Inspección y cuestionario**

Anamnesis del edificio y de los usuarios, inspección ocular, impresiones generales y olfativas (olores). Eventualmente con ayuda del endoscopio, la lupa, microscopio de bolsillo, detector de olores, alarma, documentación fotográfica, etc.

Se pueden establecer o verificar indicios de problemas microbianos mediante la inspección de los espacios interiores considerados, junto con las preguntas a los habitantes relativas a la historia de la casa y a las patologías actuales o pasadas de la obra, las humedades o la higiene, soluciones constructivas problemáticas, olores persistentes, a los hábitos de los usuarios o a síntomas de enfermedades.

La inspección ocular comprende también, si hace falta, zonas y superficies ocultas, por ejemplo, detrás de armarios, o huecos entre tabiques, estructuras de cubierta, revestimiento de paredes, composición de suelos, chimeneas, patinejos, etc.

### **Métodos de cultivo**

Cultivo de microorganismos y recuento e identificación posteriores. En medios de cultivo (agar, placas Petri, placas Rodac, láminas de contacto, indicadores de gérmenes, etc.)

Para analizar hongos del moho y de la levadura en los espacios interiores, sirven sobre todo los medios de cultivo como el agar de *Baubiologie* YM y agar DG18, y, según la aplicación también el agar rojo bengalí, sabouraud o de extracto de malta; para las bacterias el agar CASO (TSA) o la placa de contaje.

En las muestras del aire (preferiblemente también en las muestras de superficies), deben aplicarse para cada lugar de toma de muestras de hongos, como mínimo dos medios de cultivo diferentes con diversas ofertas de nutrientes y de agua, y para las bacterias además otro medio de cultivo.

El cultivo se hace normalmente a 20-25°C (temperatura ambiente), para la comprobación de especies termotolerantes (por ejemplo, aspergillus, cándidas) también a 37 °C (temperatura corporal), para las especies termófilas (actinomicetos, legionelas, etc.) a temperaturas aún más elevadas.

Las indicaciones de cantidad de gérmenes se hacen en unidades de formación de colonias (UFC).

En el manejo de los medios de cultivo y de los correspondientes aparatos de toma de muestras, debe trabajarse de forma lo más estéril y limpia posible. Así, se deberían depositar los medios de cultivo y los aparatos sobre láminas de aluminio nuevas, trabajar solamente con las manos lavadas o protegidas con guantes, y desinfectar los aparatos regularmente con alcohol o calor (como mínimo antes de cada nuevo estudio).

### **Análisis microscópicos**

Las muestras (aire, superficies, materiales, polvo, etc.) se aportan directamente para su análisis en el microscopio óptico. Mediante microscopios ópticos, portaobjetos, soluciones fijadoras, etc.

Normalmente se emplean procedimientos de tinción microbiológicos para hongos (por ejemplo, con azul algodón o lactofenol). Casi siempre son suficientes aumentos de hasta 600 veces.

### **Análisis del aire**

Recolección de hongos, esporas y bacterias en el aire, y análisis en cultivos y/o microscopios. Con recolector de gérmenes atmosféricos, toma de muestras de aire, impactador, colector de partículas o de ranura, y portaobjetos de cinta adhesiva, filtros de gelatina, etc.

Siempre se deben llevar a cabo comparaciones del aire del interior con el del exterior, así como con el de las estancias de referencia sin contaminar (tanto en la toma de muestras para el cultivo como también para el análisis con microscopio).

Normalmente, no debe ventilarse durante 6-8 horas antes de la toma de muestras de aire. En algún caso hay que preguntar o indicar cuáles han sido las circunstancias en detalle, y tenerlas en cuenta en la interpretación de los resultados.

También hay que tener en cuenta e indicar qué actividades tuvieron lugar con anterioridad en la estancia: por ejemplo, conducta típicamente cotidiana de los usuarios (eventualmente simularla antes de la toma de muestras mediante paseo por la estancia, abrir armarios, mover las cortinas, etc.), o situaciones de reposo (ausencia de personas en el interior durante largo rato), o (según el problema, también inducidas a propósito) movimientos intensos y de arremolinamiento (denominada toma de muestras agresiva; en especial tiene sentido para un control de saneamiento). A ser posible y en especial antes de los exámenes de contaminación bacteriana, en las horas previas a la toma de muestras no deben permanecer personas en la estancia.

En el caso de instalaciones o aparatos de ventilación y de aire acondicionado, es aconsejable realizar una toma de muestras unos minutos antes y después de la puesta en marcha.

Como punto de toma de muestras hay que elegir un sitio lo más representativo posible, normalmente central y alrededor de 1-1,5 m de altura. Alternativamente se puede caminar por la estancia con el colector en el brazo extendido, para generar una buena muestra de todo el

espacio interior. En el caso de determinadas dudas, pueden tomarse muestras directamente delante de los sitios sospechosos, o se puede aspirar el aire de huecos o agujeros practicados al efecto (en la toma de muestras de espacios huecos hay que prestar atención a no arremolinar polvo de sedimentación que se deposite sobre los medios de recolección).

### **Recolección de gérmenes atmosféricos**

Mediante el colector de gérmenes atmosféricos, impactador, filtro de gelatina, etc.

Es aconsejable tomar muestras con el método de impactador activo con colectores de gérmenes atmosféricos, que presentan grados de separación (valor cut-off) de 1  $\mu\text{m}$  o menos, adecuados para hongos y bacterias. Hay que aspirar una cantidad adecuada de aire según las circunstancias: normalmente 50-100 litros por placa Petri estándar, en verano más bien 50 l (a causa de una cantidad de gérmenes atmosféricos normalmente más elevada), en invierno más bien 100 l, en circunstancias de sospecha de contaminación o en espacios huecos menos, en estancias extremadamente limpias o nada sospechosas más. Los medios de cultivo deberían estar a temperatura ambiente en el momento de la toma de muestras.

En caso de aplicar el procedimiento de colección pasiva de sedimentos (OPD, Open Petri Dish) es aconsejable, para estar más seguros, realizar varias tomas de muestras en paralelo en diferentes lugares de la habitación (por ejemplo, en el suelo en el centro de la habitación, en el escritorio, en la estantería, etc.). El medio de cultivo en la placa Petri deberá permanecer de 30 a 60 minutos abierto y en contacto con la atmósfera interior (cuanto menos gérmenes se esperen, tanto más tiempo).

Los resultados en las cifras de hongos y bacterias se indican en unidades de formación de colonias por metro cúbico de aire (UFC/ $\text{m}^3$ ) en el caso de toma de muestras activa; en la pasiva en unidades de formación de colonias por medio de cultivo (UFC/agar). Regla empírica: 1 hora de sedimentación multiplicada por 20-50, a menudo corresponde aproximadamente con la cantidad de gérmenes por  $\text{m}^3$  de aire, averiguados con impactadores.

### **Recolección de partículas del aire**

Mediante colectores de partículas o de ranura y portaobjetos con cinta adhesiva.

En la recolección de partículas para la determinación de las cantidades totales de esporas (es decir, tanto de hongos cultivables como de muertos o no cultivables), se utilizan colectores de ranura que disponen de sistemas de bombeo para la separación de esporas de hongos, dimensionadores y portaobjetos de cinta adhesiva. Se realizan valoraciones directas mediante el microscopio óptico de las partículas y estructuras de hongos recogidas. Normalmente el volumen de toma de muestras asciende a unos 100-200 litros de aire (cuanto menos gérmenes se suponen, tanto más aire).

Los resultados en las cifras de hongos se indican en esporas por metro cúbico de aire, y además se pueden determinar otras propiedades o descripciones (resultados concomitantes), (por ejemplo, relativos a otros componentes de los hongos, como las hifas o micelios, además de escamas de la piel, pelos, ácaros, polvo, partículas, fibras minerales, etc.)

### **Análisis de superficies**

Para su cultivo sobre medios de cultivo o para el análisis directo con el microscopio óptico. Mediante medios de cultivo de impacto, placas Petri, torundas estériles, películas adhesivas.

Para la evaluación directa con microscopio óptico se fabrican las probetas de contacto con película adhesiva: se aprietan cintas adhesivas transparentes (por ejemplo, cinta Tesa cristalina) sobre las superficies sospechosas o afectadas, seguidamente se colocan sobre el portaobjetos o una lámina y se introduce en el microscopio, si hace falta, mediante la tinción correspondiente. Estas muestras permiten resultados rápidos, incluso identificación de clases, así como diferenciaciones, de si se trata de sedimentaciones de esporas o de hifas de hongos u órganos de esporulación, es decir, de superficies que solo están afectadas de forma secundaria o primaria.

Las muestras de impacto sobre medios de cultivo se realizan mediante las denominadas placas Rodac, láminas de contacto o "paddels": hay que apretar la superficie de agar durante varios segundos sobre las superficies a analizar. Estas muestras son aconsejables para valorar, por ejemplo, la contaminación secundaria en el caso de daños por hongos, para la inspección de superficies no visiblemente afectadas, para comprobar la eficacia de la limpieza después de un saneamiento, o para el control del estado de higiene general.

Una superficie definida (por ejemplo, 1 dm<sup>2</sup>) puede repasarse, ser "escaneada" con una torunda estéril humedecida para obtener impresiones comparativas, y pasar las esporas adheridas a un medio de cultivo (por ejemplo, una placa Petri), pasándola varias veces por encima.

Las muestras tomadas con hisopos estériles de algodón son especialmente adecuadas para el muestreo de grietas y juntas o agujeros de taladro en paredes, suelos o cámaras huecas. Las torundas deben humedecerse ligeramente antes de la toma de muestras y después hay que pasarlas sobre el medio de cultivo. Esta toma de muestras también son adecuadas como muestras de reserva, que pueden entrar en contacto con medios de cultivo después de semanas o meses si hace falta.

Los hisopos estériles se utilizan junto a las muestras por impacto, en especial en la toma de muestras de hongos de la levadura, por ejemplo, para frigoríficos, friegaplatos, lavadoras, cisternas de inodoros, desagües, alcachofas de ducha, duchas bucales, inhaladores, biberones, molinos de cereales, alimentos y almacenaje, etc.

Los resultados en las cifras de hongos y bacterias se indican en unidades de formación de colonias por decímetro cuadrado o centímetro cuadrado de superficie (UFC/dm<sup>2</sup> ó UFC/cm<sup>2</sup>) en el caso de toma de muestras por impacto o por frotis. En el caso de muestras con torundas, solamente se deben dar unas indicaciones semicuantitativas, o impresiones o determinaciones cualitativas de especies, como, por ejemplo, cantidad comparativa por medio de cultivo (UFC/agar).

En el caso de superficies (por ejemplo, suelos, mesas, muebles, etc.), hay que indicar cuanto tiempo hace que no han sido limpiadas: para la aplicación de los valores de referencia de *Baubiologie*, las superficies deben haber sido limpiadas de forma habitual, pero mejor no unos días antes de la toma de muestras. Los valores de referencia no son válidos en ningún caso para las superficies muy polvorientas o que hace mucho no se han limpiado.

La toma de muestras en superficies que están visiblemente afectadas por hongos no tiene mucho sentido para determinar las cantidades, sin embargo, son más bien útiles e importantes para determinar las clases.

## **Análisis de materiales**

Para su cultivo sobre medios de cultivo o para el análisis directo con el microscopio óptico. Mediante medios de cultivo, disoluciones, películas adhesivas, hisopos.

Los materiales afectados o sospechosos de estar afectados por hongos (papel pintado, enlucidos, materiales aislantes, madera, alfombras, actas, instalaciones, etc.) se extraen in situ cuidadosamente para no levantar los hongos y sus esporas (utilizar herramientas limpias y estériles, cuando se trate de muestras para cultivo, y guantes para evitar la contaminación de las muestras y los riesgos para el que toma las muestras), se envuelven en lámina de aluminio o en fundas de plástico selladas y se llevan al laboratorio para su procesado (trituration, establecimiento de series de diluciones) o su evaluación mediante técnicas de cultivo o microscópicas.

Es aconsejable realizar análisis preventivos de materiales de, por ejemplo, materiales de la construcción (aislamientos, revestimientos de arcilla, etc.) o pinturas (pintura de paredes, etc.) para evitar un riesgo por gérmenes antes de su puesta en obra. En especial las pinturas para paredes pueden estar contaminadas con bacterias, aunque no sea muy frecuente, y no deben aplicarse.

Los resultados en las cifras de hongos y bacterias se indican en unidades de formación de colonias por gramo (UFC/g), en el caso de cultivos, en los análisis con microscopio casi siempre como dato semicuantitativo o como descripción de la cantidad de esporas, hifas, órganos de esporulación, etc.

### **Análisis de polvo**

Para su cultivo sobre medios de cultivo o para el análisis directo con el microscopio óptico. Mediante medios de cultivo, disoluciones, películas adhesivas.

El polvo se recoge mediante aspiración de determinadas superficies (suelos, alfombras, acolchados, muebles, etc.; indicar el dato después de su selección según la problemática), por ejemplo, mediante una aspiradora equipada con una boquilla para toma de muestras (sampler ALK) y filtros de celulosa, o directamente extrayéndolos de la bolsa de la aspiradora (fracción de polvo fino, eventualmente después de su tamizado). Debe documentarse el tipo y el tamaño de la superficie aspirada.

Las concentraciones de polvo pueden proporcionar indicios sobre la contaminación secundaria con patologías por hongos o sobre la propia contaminación. Prestar asimismo atención a los hallazgos secundarios: escamas de la piel, pelos, partículas, ácaros, alérgenos, fibras minerales, etc.)

Para la obtención de polvo superficial mediante películas adhesivas ver más arriba bajo "Análisis de superficies".

Las cantidades de hongos y bacterias se expresan por gramos de polvo (/g) ó por metro cuadrado de superficie aspirada (/m<sup>2</sup>).

### **Análisis MVOC (Microbial Volatile Organic Compounds)**

Para la determinación de emanaciones que contienen hongos (y bacterias). Mediante bombas de toma de muestras y medios de recolección, así como análisis en laboratorios especializados.

Mediante la toma de muestras del aire interior en tubos de carbón activo o Tenax, seguida de análisis cromatográficos gaseosos y espectrométrico de masas en laboratorio, se determinan las concentraciones de emanaciones volátiles químico-biológicas de microorganismos. En este proceso se deben emplear preferiblemente sustancias específicas para hongos, como sulfuro de dimetilo, disulfuro de dimetilo, sulfóxido de dimetilo, geosmina, 2-metilfurano, 3-metilfurano, 1-octen-3-ol, 2-pentanol, 1-decanol, 2-heptanol, 2-metil-isobomeol, 3-octanol, 3-octanon.

Los análisis de MVOC deben realizarse en estrecha comunicación con el laboratorio que los lleva a cabo, pues al trabajar en un ámbito muy sensible o cercano al límite de la comprobabilidad pueden cometerse fácilmente errores debido a condiciones-marco erróneas, medios para la toma de muestras, manejo de las probetas o procesados en laboratorio. Los análisis de MVOC en especial no deben llevarse a cabo de forma aislada, sino solamente en combinación con otros métodos.

Los datos de concentración de los MVOC se expresan en nanogramos por metro cúbico de aire (ng/m<sup>3</sup>).

### **Análisis de micotoxinas**

Para la detección de micotoxinas específicas. Mediante muestras de materiales y polvo, junto con análisis de laboratorio.

Las micotoxinas se pueden detectar o bien en los materiales o en el polvo casero como sustancias poco volátiles. Según la norma, hasta el momento solo existe la posibilidad de estudiar algunas pocas micotoxinas (por ejemplo, ocratoxina A, tricoteceno), aunque se conocen varios cientos de estos productos metabólicos micotóxicos. Además, aún existen pocos valores de referencia.

Los datos de toxinas se expresan en microgramos o nanogramos por gramo de polvo o material (µg o ng/g).

## **Medición de humedad y temperatura**

Para la comprobación de las causas de atmósfera interior y física constructiva por patologías microbianas, o para la estimación de riesgos. Con termómetros adecuados, higrómetros, aparatos de medición de humedad de obra, registradores de datos climáticos, sistemas modulares.

Este tipo de mediciones deben llevarse a cabo con termómetros suficientemente exactos y calibrados, higrómetros y aparatos para la medición de humedad de obra.

Las valoraciones de la humedad relativa del aire y las temperaturas superficiales deberían basarse, cuando sean necesarias, en mediciones a largo plazo, mediante registradores de datos climáticos. Las correspondientes mediciones deben llevarse a cabo en la estación del año o las circunstancias meteorológicas que correspondan a la problemática planteada: durante el estudio de los problemas de condensación en zonas de paredes exteriores frescas en locales en el vuelo del edificio, deberían registrarse temperaturas exteriores correspondientemente frescas, cuanto más frescas, mejor; los análisis de problemas de condensación en sótanos o locales subterráneos normalmente se realizan solo en verano y otoño.

En las mediciones de la humedad del aire y las temperaturas superficiales, debe tenerse en cuenta el comportamiento de los usuarios, y registrarlo.

En el caso de la humedad atmosférica, hay que determinar tanto la humedad relativa como la absoluta. En las mediciones breves debe prestarse atención a la aclimatación suficiente de los sensores, en especial al desplazar los aparatos de medición del exterior al interior. Los aparatos deben mantenerse alejados del cuerpo, respectivamente de la boca, para evitar influencias.

Las temperaturas superficiales se miden con termómetros de contacto o, sin contacto y más cómodamente, con termómetros láser por infrarrojos. En especial, en este último caso, deben realizarse a ser posible comparaciones del mismo material, en el caso de superficies con reflexiones muy diversas hay que tener en cuenta, respectivamente regular los grados de emisión.

Las mediciones de la humedad de obra deben realizarse en un primer momento para tener una orientación, sin destrucción, mediante el procedimiento de las altas frecuencias, seguidamente mediante electrodos de superficie o de punción en lugares sospechosos, mediante la conductividad eléctrica en la superficie y a diferentes profundidades. En las mediciones de conductividad resultan casi siempre valores equivalentes a la humedad de la madera o en dígitos específicos del aparato. En las mediciones de conductividad se prestará atención a la posibilidad de errores a causa de materiales salinizados o metales, u otras capas conductoras de electricidad, materiales de construcción y pinturas. Puede ser útil medir la humedad del aire en el material mediante taladros realizados al momento, en los que se introduce el sensor de humedad y se aísla respecto al aire de la habitación.

## **Estudio del agua corriente y del agua de boca o de alimentos**

Para el cultivo y contaje sobre medios de cultivo. Con placas Petri, caldos de cultivo para sumergir, dip slides, contact slides, indicadores de gérmenes, "paddels", etc.

En el caso de muestras de agua (agua de boca, agua corriente, filtros de agua, arremolinadores, aireadores, boquillas, almacenajes, etc., fuentes decorativas, etc.) se trata preponderantemente de bacterias, a veces de hongos del moho y de levaduras. Para obtener una primera impresión de referencia es suficiente la introducción de caldos de cultivo, o "paddels", en el líquido, y realizar seguidamente la incubación (eventualmente bajo dos temperaturas: temperatura interior 20-25 °C y temperatura corporal 37 °C), el contaje y, si parece razonable o a petición, mediante identificación de los tipos de gérmenes en un laboratorio microbiológico especializado.

Si se sospecha que la contaminación microbiológica afecta a la instalación de agua de la casa por, por ejemplo, películas biológicas, es razonable tomar varias muestras en diferentes puntos y a diferentes horas, y compararlas con el agua del suministro público como referencia.

Para análisis más exactos del agua, deben tenerse en cuenta, en la toma de muestras y valoración en laboratorio, las premisas del reglamento de agua potable (grifos flameados, procedimientos de colado de placas, etc.)

En el caso de los alimentos, se trata sobre todo de hongos de levadura (verduras, fruta, productos lácteos, salchichas, queso, embutidos, encurtidos, etc., en especial crudos o procedentes de mostradores abiertos, también exprimidores, electrodomésticos, germinadores, yogurteras, desechos, compost, etc.), a veces también de hongos del moho (tés, nueces, cereales, molinos de cereales, etc.). Para obtener datos orientativos, los alimentos se pueden poner en contacto directo con los medios de cultivo adecuados (placas Petri, placas Rodac, "paddel") durante algunos segundos, o se pueden tomar muestras con hisopos, para luego incubarlos y evaluarlos.

Los datos del número de gérmenes se expresan por mililitros de agua (/ml), por superficie de la prueba sólida (por ejemplo, /cm<sup>2</sup>) o como impresión por medio de cultivo (/agar).

## **4 ÁCAROS y otros alérgenos**

Medición para determinar el número de ácaros y de sus excrementos, polen, gramíneas, pelos de animales, alérgenos

Medición de las concentraciones en el polvo (microgramos por gramo, µg/g), sobre superficies (por metro cuadrado, /m<sup>2</sup>) o en el aire interior (nanogramos por metro cúbico, ng/m<sup>3</sup>) mediante procedimientos de análisis previos, microscopios y toma de muestras para análisis de laboratorio.

### **Procedimientos de análisis preliminares:**

Existen tests in situ orientativos para alérgenos por ácaros (por ejemplo, Allergen Control, Acares-Test de la farmacia), mediante los que se puede realizar una estimación grosera a través de las decoloraciones de las tiras del test, de la concentración de algún metabolito específico de los ácaros (guanina) o de los alérgenos sobre las superficies, o en el polvo doméstico. Son adecuados para unas primeras impresiones teniendo una sensibilidad de comprobación de unos 100 ácaros o 2 µg de alérgenos por gramo de polvo.

### **Microscopía:**

Los ácaros se pueden contar mediante el microscopio durante los estudios del polvo doméstico (está establecido que 100 ácaros por gramo de polvo puede considerarse orientativamente como valor umbral para la higiene). El polen de las plantas se reúne mediante el captador Burkhard y se recuenta mediante el microscopio óptico; también son adecuados para este fin los colectores de partículas o de ranura con portaobjetos de cinta adhesiva (véase también el apartado C).

### **Toma de muestras de polvo para análisis en laboratorio:**

Se puede recoger polvo doméstico como se describe en B3 y analizarlo en el laboratorio mediante ELISA (enzyme-linked immuno sorbent assay) con ayuda de anticuerpos de demostración con bastante exactitud en cuanto a la concentración de los diferentes alérgenos (ácaros, gatos, etc.). El resultado se expresa como una indicación de concentración referida a la masa en, por ejemplo, microgramos por gramo (µg/g).

### **Toma de muestras de aire para análisis en laboratorio:**

Mediante una bomba de muestreo con accesorio captador o filtro para recoger alérgenos se extraen de varios cientos a varios miles de litros una muestra sobre un filtro o una tira de micropozos, que se examina en el laboratorio o se analiza mediante ELISA. El resultado se expresa como una indicación de concentración referida al volumen en nanogramos por metro cúbico (ng/m<sup>3</sup>)

## **SBM 2015**

La Norma de Mediciones Técnicas de Baubiologie, junto con los valores de referencia para dormitorios y las condiciones marco, las aclaraciones y complementos fueron desarrollados durante los años 1987 a 1992 por BAUBIOLOGIE/MAES por encargo y con el apoyo del Instituto de Baubiologie + Nachhaltigkeit IBN. Han colaborado colegas y médicos. Fue publicada por primera vez en mayo de 1992. La norma junto con los valores de referencia y las condiciones marco se elaboran desde 1999 por expertos en Baubiologie con mucha experiencia y la ayuda adicional de científicos independientes del ámbito de la física, química, biología, arquitectura, laboratorios, médicos medioambientales y otros expertos. Esta norma SBM 2015 es la octava edición, presentada en mayo de 2015 en el Congreso de Baubiologie del IBN en Rosenheim.

Han tomado parte en el desarrollo, la confección, actualización, cumplimentación, revisión, etc., de la norma y del los valores de referencia durante estos años numerosos colegas con su trabajo y sus consejos (¡Gracias!); en primer lugar mis dos socios Dr. Dipl. Biol. Manfred Mierau y Dr. Dipl. Chem. Thomas Haumann. Seguidamente los demás miembros de la comisión para la norma, fundada en 1999, Dipl. Ing Norbert Honisch, Dipl. Ing. Helmut Merkel, Uwe Münzenberg, Johannes Schmidt, Rupert Schneider, Peter Sierck, Dipl. Chem. Jörg Thumulla y Dr. Dipl. Ing. Martin Virnich. Y además Christian Blank, Dipl. Ing. Peter Danell, Dipl. Ing. Joachim Gertenbach, Dipl. Ing. Friedbert Lohner, Dipl. Med. Frank Mehlis, Dipl. Ing. Jürgen Muck y Arch. Winfried Schneider. Gracias también a todos los médicos, laboratorios, científicos, expertos, amigos, que han estado ahí apoyándonos y aconsejándonos.

Las condiciones marco, aclaraciones y complementos fueron elaborados por la BAUBIOLOGIE MAES. La columna de la norma A (Campos, ondas, radiaciones) por Wolfgang Maes con apoyo de Dr. Dipl. Biol. Manfred Mierau, Dr. Dipl.Chem. Thomas Haumann, Dipl. Ing. Helmut Merkel y Dipl. Ing Norbert Honisch, el apartado A6 (radiactividad, radón) bajo la dirección de Dr. Thomas Haumann, el apartado A8 (sonido) bajo la dirección de Dipl. Ing. Jürgen Muck y el apartado A9 (luz) con el apoyo de Dipl. Ing. Joachim Gertenbach y Dipl. Ing. Peter Danell. La columna B (tóxicos domésticos, sustancias nocivas, clima interior) fue elaborada por Dr. Thomas Haumann con el apoyo del Dr. Manfred Mierau y la columna C (Hongos, bacterias, alérgenos) por el Dr. Manfred Mierau con la ayuda del Dipl. Med. Frank Mehlis y Wolfgang Maes.

El primer borrador de las condiciones marco, las aclaraciones y complementos se presentó en el seminario de trabajo de mediciones técnicas de Baubiologie en abril de 2010 en Fulda-Loheland, el segundo borrador en el seminario de técnicos de medición en diciembre de 2011 y la tercera versión en el seminario básico del tema 'Mediciones técnicas en Baubiologie' en octubre de 2012 también en Fulda-Loheland, la 4ª versión solo se revisó en algunos detalles y este quinto borrador se presentó en el Congreso del IBN en mayo de 2015 en Rosenheim.

Serán bienvenidos los complementos y actualizaciones que puedan aportar los colegas que trabajen en la praxis de *Baubiologie*.