

## **CONDICIONES MARCO PARA MEDICIONES TÉCNICAS Y ACLARACIONES**

Estas condiciones marco y aclaraciones complementan 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.

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) y 'Stress durch Wohngifte und Pilze' (Estrés causado por sustancias tóxicas en la vivienda y por hongos) de Wolfgang Maes, Dr. Manfred Mierau y Dr. Thomas Haumann. Los seminarios básicos y de especialización de una semana de duración 'Técnicas de Medición en Baubiologie' del 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.

Todas las indicaciones de la norma, los valores de referencia y estas condiciones marco se refieren a las mediciones en *Baubiologie* en el entorno cotidiano más próximo de las personas, y en primer lugar a las zonas de descanso.

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** (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. BlmSchV.

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 30 años en la Baubiologie, está referencia 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 recientemente 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. 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 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 30 años en *Baubiologie* ("acoplamiento corporal capacitivo" según E.W. Fischer) solamente puede funcionar si la persona que debe ser medida está 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 en la composición del lecho o bajo el cuerpo, los valores de medición resultan demasiado bajos o iguales a cero.

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 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  $\geq 10 \text{ s}$ , 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...: ámbito total 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. En el caso de breves oscilaciones agudas con picos muy altos (escasos "fugitivos"), para la evaluación en *Baubiologie* hay que basarse en el 95 percentil.

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 (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 (GSM, UMTS, TETRA, WiMAX, WLAN, DECT, Radio, televisión, radiotransmisión, radioafición, radio general...)

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, 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 eléctrica (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.

Determinación de la **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.

Eventualmente medición de la **electricidad del aire** (voltios por metro, V/m)

Medición del campo continuo eléctrico del aire contra el potencial de tierra.

Con molinillo electrostático, medidor de campo eléctrico...: rango de medición  $\pm 200 \text{ V/m}$  -  $\pm 20.000 \text{ V/m}$  o más, sensibilidad de comprobación  $10 \text{ V/m}$ , 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 espacial de 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  $100 \text{ nT}$  (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.

Medición de la **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.

Determinación de la **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 isotrópica; 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  $90^\circ$ , 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 gamma, Radón)

Medición de la **tasa de dosis equivalente** (nanosievert por hora, nSv/h ó desviación en porcentaje, %)

Medición de la actividad de productos de la construcción, materiales, aparatos e instalaciones, sospechosos de radioactividad

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 como 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 mucho efecto 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.

Medición de la **concentración de 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.

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 con aparatos de indicación directa proporcionan los primeros indicios de un problema de radón. Para hallar el origen se emplean sobre todo los procedimientos más rápidos de indicación directa con bombas (espectrómetro de nucleidos hijo). 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. Deberán llevarse a cabo mediciones de evaluación durante un periodo de tiempo prolongado.

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, profundidad recomendada: 80 cm.).

Una medición sencilla de radón es la que se hace mediante un acumulador pasivo de carbono activo, con un tiempo de exposición de normalmente 3 días, y para una valoración en *Baubiologie* mejor de 1 semana o más. 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 en *Baubiologie* se refieren a una medición durante como mínimo 3 días en la época de calefacción, en condiciones de uso normales.

El gas radón radiactivo es invisible, completamente inodoro e insípido. El radón se desintegra directamente en el pulmón, se disuelve en los fluidos corporales y se disemina por todo el organismo. Los productos radiactivos derivados de la desintegración en la atmósfera (Po-218, Po-214, Pb-214, Bi-214 y otros) se depositan en el polvo fino que penetra en los pulmones, se depositan en los pulmones y se desintegran en diferentes lugares del tejido pulmonar.

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. Durante la temporada de

calefacción las concentraciones son notablemente mayores, debido a la elevación térmica y a una ventilación más deficiente.

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. Por ello, si el sistema constructivo no es el adecuado, se puede suponer una contaminación por radón en la casa a partir de una concentración de aproximadamente 20.000 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 son los procedimientos electrónicos, según el principio HL y la espectrometría alfa. 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 de arcilla pueden hacer que el torón radiactivo se convierta en un problema para el espacio interior.

Los edificios con elevada radiactividad en la masa de la obra presentan más a menudo problemas de radón, dado que aumenta la probabilidad de una emanación de radón procedente de la materia de la obra rica en nucleidos. No se puede hacer una afirmación en sentido contrario, ya que las casas que no presentan radiaciones gamma pueden presentar inesperadas concentraciones altas de radón si la aportación se produce a través del subsuelo, como ocurre tantas veces.

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

Medición del **campo magnético terrestre** (nanotesla, nT) y sus perturbaciones significativas

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.

Medición de las 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, 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.

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** (decibelios, dB) así como **oscilaciones y vibraciones** (metros por segundo al cuadrado, m/s<sup>2</sup>)

### **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 varias 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 sonoros 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<sup>2</sup>. 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<sup>2</sup>.

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.

Una persona 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 la persona, 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).

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

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

Medición de agentes contaminantes gaseosos en la atmósfera (microgramos por metro cúbico, µg/m<sup>3</sup> o partes por millón, ppm)

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

Medición de agentes contaminantes volátiles en la atmósfera (microgramos por metro cúbico, µg/m<sup>3</sup> o partes por millón, ppm)

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

Medición de **agentes contaminantes poco volátiles**  
a) en el **polvo** (miligramos por kilogramo, mg/kg)

- b) en los **materiales** (miligramos por kilogramo, mg/kg)
- c) en el **aire** (nanogramos por metro cúbico, ng/m<sup>3</sup>)

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

Medición de agentes contaminantes minerales (miligramos por kilogramo, mg/kg)

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

Medición de polvo, número y tamaño de partículas, amianto y otras fibras (/l, µg/m<sup>3</sup>, /g, %)

#### **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** (°C), de la **humedad** del **aire** y de los **materiales** (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), constatación de **olores** y de la **tasa de renovación del aire**.

### **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 (/m<sup>3</sup>, /dm<sup>3</sup>, /g), así como de sus metabolitos (MVOC, toxinas, etc.)

#### **2 HONGOS DE LA LEVADURA y sus metabolitos**

Medición e identificación de **hongos de la levadura** (/m<sup>3</sup>, /dm<sup>3</sup>, /g) y sus metabolitos

#### **3 BACTERIAS** y sus metabolitos

Medición e identificación de **bacterias** (/m<sup>3</sup>, /dm<sup>3</sup>, /g, /l) y sus metabolitos

#### **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 cuales 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).

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/m<sup>3</sup>) 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 m<sup>3</sup> 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 gérmenes (es decir, tanto de gérmenes 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.

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).

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.

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 polvorosas 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 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 (trititación, 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, alergenos, 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.

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 ( $\mu$ /g 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.

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 conteo 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 (/m<sup>3</sup>, /g, %)

Como complemento, rogamos tengan en cuenta: la entrevista "Cuestiones relativas a la Norma Técnica de Medición en *Baubiologie* y a los valores de referencia para dormitorios", así como las ponencias "La Norma Técnica de Medición en *Baubiologie*" y "25 años de Técnica de Medición en *Baubiologie* - ¿Qué hay de nuevo respecto a la Norma y los valores de referencia?" de Wolfgang Maes ([www.baubiologie.de](http://www.baubiologie.de), [www.maes.de](http://www.maes.de)).

Las condiciones marco en *Baubiologie* y las aclaraciones han sido elaboradas por la 'Baubiologie Maes', la columna A de la Norma (campos, ondas, radiación) por Wolfgang Maes, con ayuda del Dr. Dipl. Biol. Manfred Mierau, Dr. Dipl. Chem. Thomas Haumann, Dipl. Ing. Helmut Merkel y Dipl. Ing. Norbert Hionisch, el apartado A6 (radiactividad) por el Dr. Dipl. Chem. Thomas Haumann, el punto A8 (ondas sonoras) por Dipl. Ing. Jürgen Muck y la columna C (hongos, bacterias) por el Dr. Dipl. Biol. Manfred Mierau, con el apoyo de Dipl. Med. Frank Mehlis. Fueron presentadas en el taller de técnicos en medición en *Baubiologie* el 16 abril 2010, en Fulda-Loheland. Seguirán las condiciones marco y aclaraciones de los puntos de la Norma que no han sido tratados. Serán bienvenidos los complementos y actualizaciones que puedan aportar los colegas que trabajen en la praxis de *Baubiologie*.