

Neues rund um die baubiologische Messtechnik

Dr. Manfred Mierau

Diplom-Biologe, Baubiologe IBN, Baubiologischer Messtechniker IBN

**IBN-Beratungsstellentreffen
1.7.2023, Plankstetten**

Neues rund um die baubiologische Messtechnik

Heute

Neuer 'Standard der baubiologischen Messtechnik', aktueller Stand

Neues vor allem bei A8 / Schall und A9 / Licht

Ergänzung zum Vortrag beim letztjährigen Beratungsstellentreffen zum Thema **'Bauforensik - Schimmel mit UV-Lampen aufspüren'**

Morgen

Für kleines Geld?

? Fragen, Probleme, Wünsche

Thomas Buddde: **Praktisches zum Umgang mit Asbest**

Karl-Heinz Müller: **Holzemissionen, Essigsäure**

Claudius Pöppinghaus: **Fallbeispiel Dichlorethan**

Geruchsprobleme in Innenräumen - Ursachen, Untersuchung, neue Geruchsleitwerte UBA, Riechstifte, Fallbeispiele

SBM

- aktuelle SBM-Fassung aus Jahr **2015**
- momentan Arbeiten an **neuer Fassung**, u.a. monatliche Treffen
- Beratungen der SBM-Kommission zum SBM selbst sowie zu den Richtwerten **A1-A9** und **B1-B3** weitgehend abgeschlossen
- **diverse kleinere Anpassungen, Ergänzungen, Aktualisierungen...**
 - v.a. der Vergleichswerte in den Unterzeilen der Richtwerte (z.B. EUROPAEM-Werte)
 - auch bei Anmerkungen zur Anwendung der Richtwerte
 - einzigste Änderung in SBM selbst: Luftelektrizität von B6 zu A4

Richtwerte SBM

bislang vorgenommene wichtige bzw. größere Änderungen:

- Vorbemerkungen umgestellt, Betonung der **übergeordneten Bewertungsansätze**
- **A1/A2:** Hilfestellungen zu höheren Frequenzen, Oberwellen, dirty electricity/power (~ **2 KHz - 1 MHz**)
messtechnische Probleme (Geräte-Empfindlichkeit)
orientierend etwa **10-100fach kritischer bewerten** (je höher die Frequenz, desto höher sollte Faktor sein; ab 100 KHz je nach Fall Richtwerte für A3 heranziehen)
- ganz neu: Richtwerte bzw. Richtsätze zu **A8 / Schall** und **A9 / Licht**
- **B1: Formaldehyd-Richtwerte** auch in ppm angegeben
- **B2:** Präzisierungen, wie VOC-Richtwerte zu verstehen sind
genaue VOC-Definition noch offen (TVOC nach UBA, DIN, VOC_{id}, Toluol-Äquivalente...)

A8 / Schall

- übergeordneter Richtsatz:

**"Es dürfen keine individuell störenden Geräusche
oder Vibrationen vorhanden sein."**

A8 / Schall

- dazu Richtwerte:

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

	unauffällig	schwach auffällig	stark auffällig	extrem auffällig
dB(A)	< 25	25-35	35-45	> 45
dB(C)	< 32	32-42	42-52	> 52
dB(Z)	< 35	35-45	45-55	> 55

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

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

Richtwerte SBM

A8 / Schall

- für Frequenzanalysen sehr brauchbar:



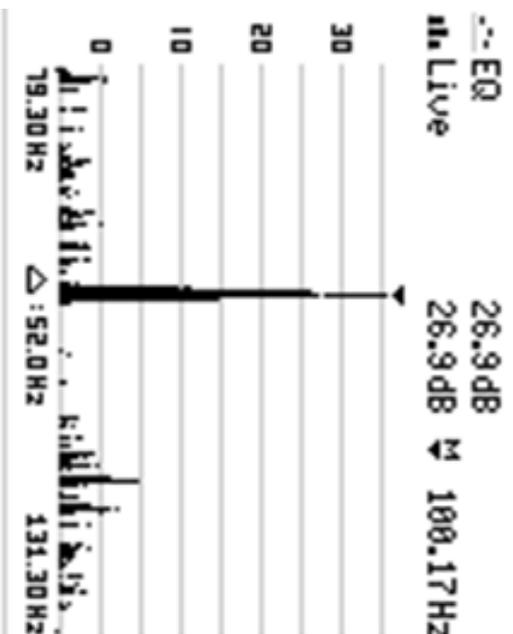
A8 / Schall - Fallbeispiel 1

- ständiges Brummgeräusch in EG-Wohnung eines Mehrfamilienhauses, am intensivsten in Bad und Schlafzimmer
- für Bewohnerin schwer erträglich, u.a. Einschlafprobleme
- Messungen: **weniger als 22 dB(A)** **unauffällig**
40-45 dB(C) **schwach bis stark auffällig**
50-55 dB(Z) **stark auffällig**

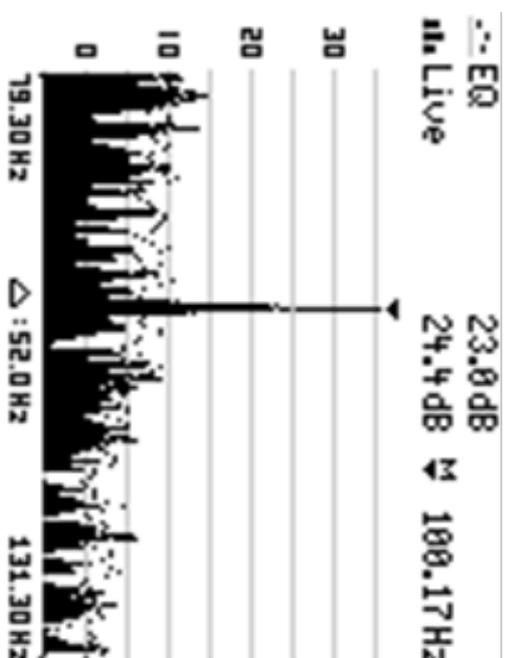
Richtwerte SBM1

A8 / Schall - Fallbeispiel 1

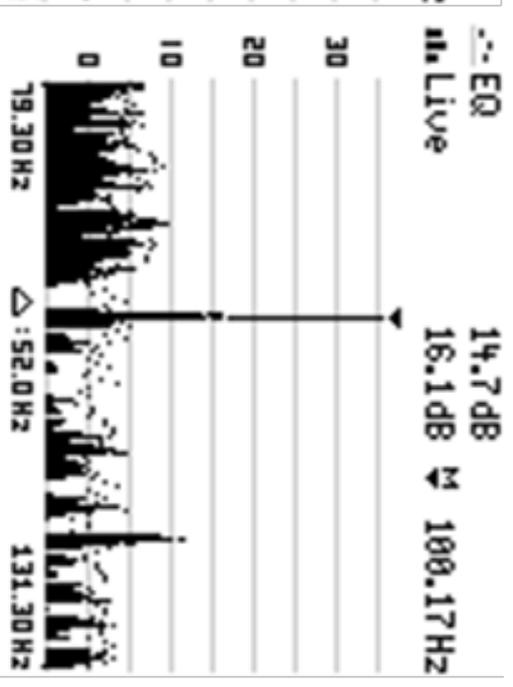
Luftschall-Messungen in Wohnung (FFT-Analysen)



Bad



Schlafzimmer



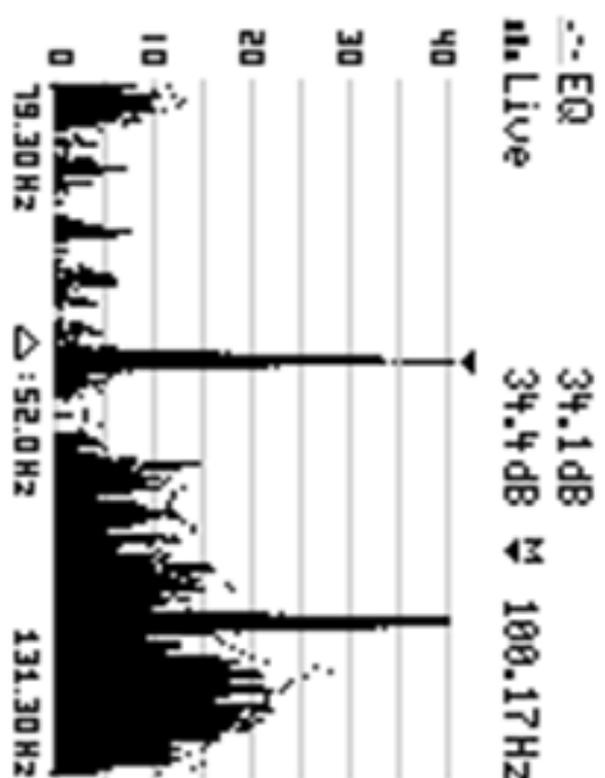
Wohnzimmer

100 Hz, ~ 27 / 24 / 16 dB

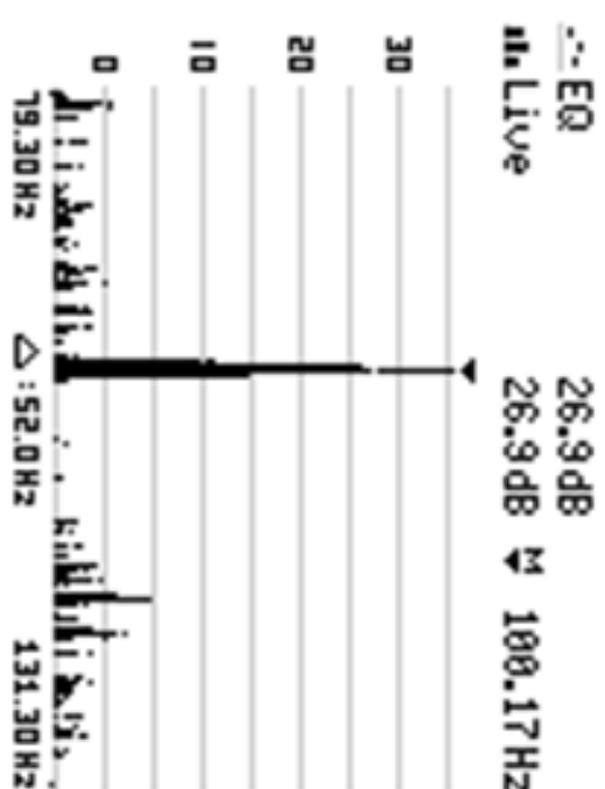
Richtwerte SBM1

A8 / Schall - Fallbeispiel 1

Körperschall-Messungen in Wohnung (FFT-Analysen)



Heizkörper Bad

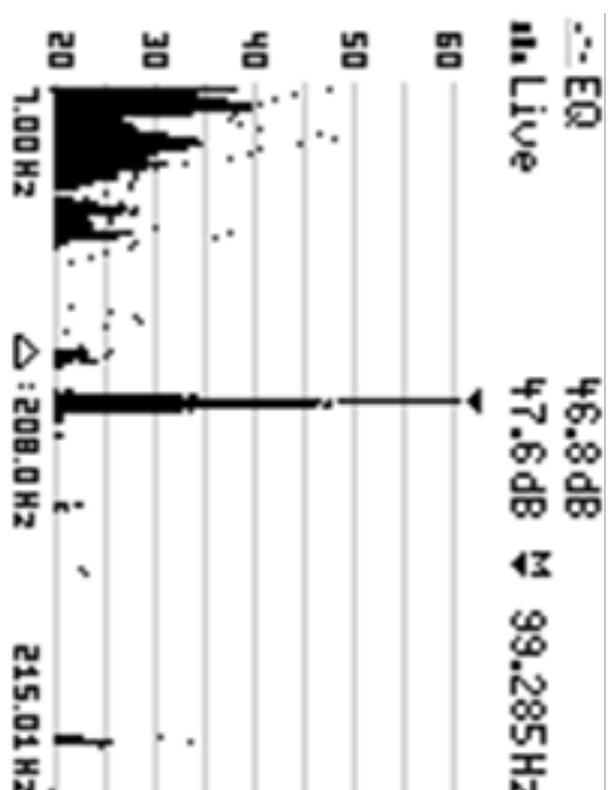


Türzarge Schlafzimmer

auch 100 Hz

A8 / Schall - Fallbeispiel 1

Luftschall-Messungen in Hausanschlussraum Keller (FFT-Analysen)



vor Verteilerkasten

auch 100 Hz

⇒ **Ursache für Brummen / Vibrationen: (mechanische) Stromzähler in Keller, Ankopplungen an Haus-Baumasse**

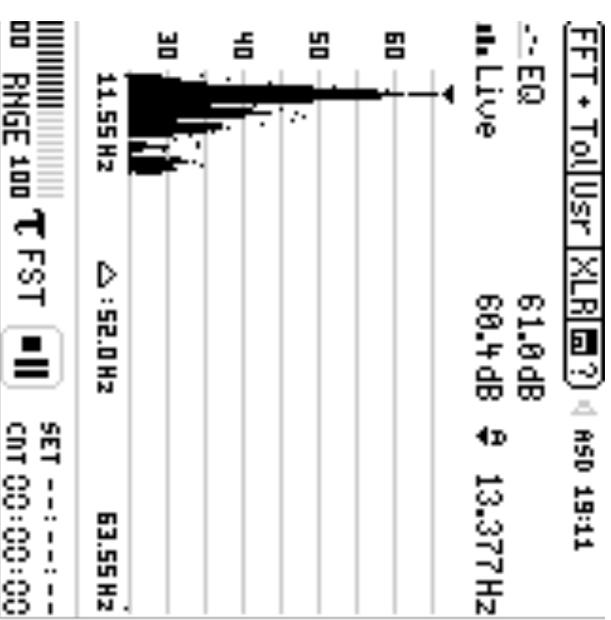
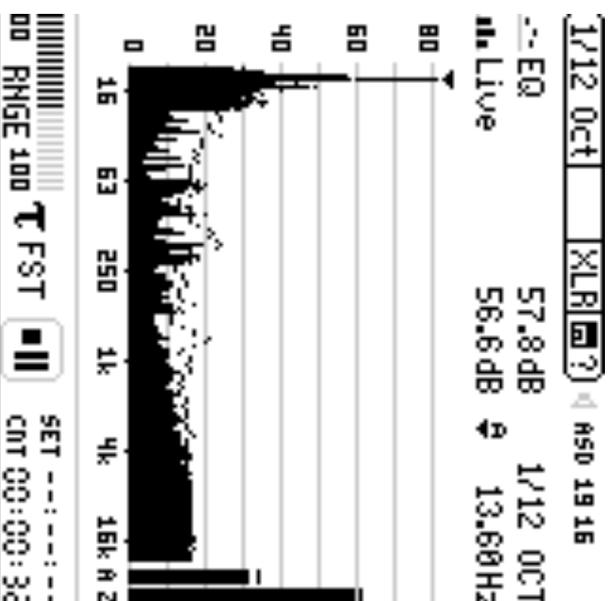
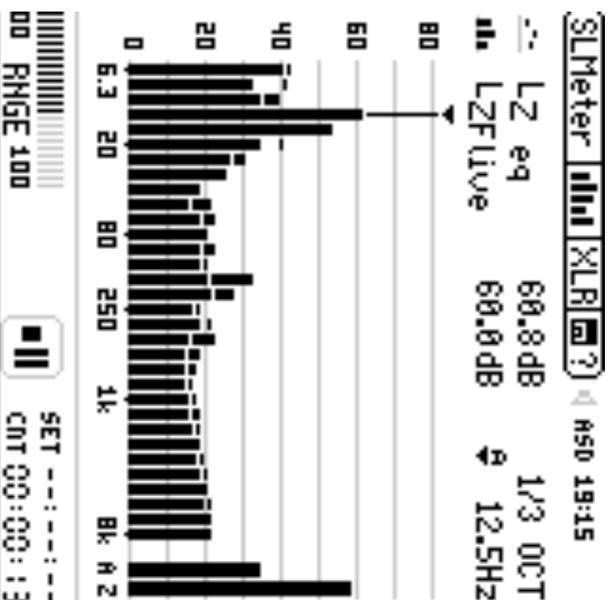
A8 / Schall - Fallbeispiel 2

- ständiges Brummgeräusch in 1. OG-Wohnung eines Mehrfamilienhauses (auch in Treppenhaus und Tiefgarage sowie in Umgebung, auch in anderen Wohnungen in der Nähe)
- für beide Bewohner (Ehepaar) schwer erträglich, u.a. Druck- und Schmerzgefühlen an Ohr und Hinterkopf
- Messungen:

28-32 dB(A)	schwach auffällig
40-45 dB(C)	schwach bis stark auffällig
50-60 dB(Z)	stark bis extrem auffällig

A8 / Schall - Fallbeispiel 2

Luftschall-Messungen in Wohnung



Terzband-Analyse

1/12-Oktav-Analyse

FFT-Analyse

13 Hz, ~ 60 dB

Ursache für Geräusche: Pumpen einer Mülldeponie in ~ 1,5 km

A8 / Schall - Fallbeispiel 3

- Frau mit gesundheitlichen Beschwerden nach Installation von Erdwärme-Heizanlage in Kellerraum neben Haus:
Druck auf Ohren, Rauschen/Wummern/Surren bzw. Vibrationen im Kopf, Schlafprobleme, erhöhter Puls und Blutdruck
- Messungen: **< 20 dB(A) unauffällig**
30-38 dB(Z) unauffällig bis schwach auffällig
bei Heizvorgängen 49 Hz-Schall mit Pegeln um 20-25 dB in Wohnräumen
49 Hz auch als Körperschall an Wasserleitungen
49 Hz typische Kompressor-Frequenz!
- Abhilfe: Einbau von Flexschläuchen, Wärmepumpe zur Schallentkopplung auf Vibrationsdämpfer

A9 / Licht

- keine vierstufigen Richtwerte
- sondern Richtsätze

wie z.B. ja bisher auch schon immer bei B5 / Partikel und Fasern
sowie C1, C2, C4 / Schimmelpilze, Hefepilze, Bakterien

A9 / Licht - Richtsätze

"Am Schlafplatz sollte es bezüglich künstlicher Lichtquellen so **dunkel** wie möglich sein (idealerweise **0 Lux**)."

Studien zeigen bei Licht in der Nacht z.B. erhöhte Risiken für Herzkrankheiten, Diabetes, Krebs... sowie Störungen des Biorhythmus und der Melatonin-Produktion...

A9 / Licht - Richtsätze

"Die Lichtqualität speziell in den zwei bis drei Stunden vor dem Einschlafen sollte möglichst dem **natürlichen Licht** in den Abendstunden angepasst sein: Das **Lichtspektrum** sollte entsprechend homogen bzw. **kontinuierlich** ohne deutliche Einzelspitzen sein sowie **keinen deutlichen Blaulichtanteil**, einen **guten Farbwiedergabeindex** (Ra über **95**) und idealerweise einen **hohen Nah-Infrarot-Anteil** aufweisen. "

Blaulicht führt zu Stressreaktionen bei Zellen und Organen,
Nah-Infrarot unterstützt Regenerationsprozesse

Problem: Rot- und Nah-Infrarot sehr energieintensiv
⇒ Widerspruch zwischen 'gutem Licht' und Energieeffizienz

folgende Spektren überwiegend von Dr. Alexander Wunsch

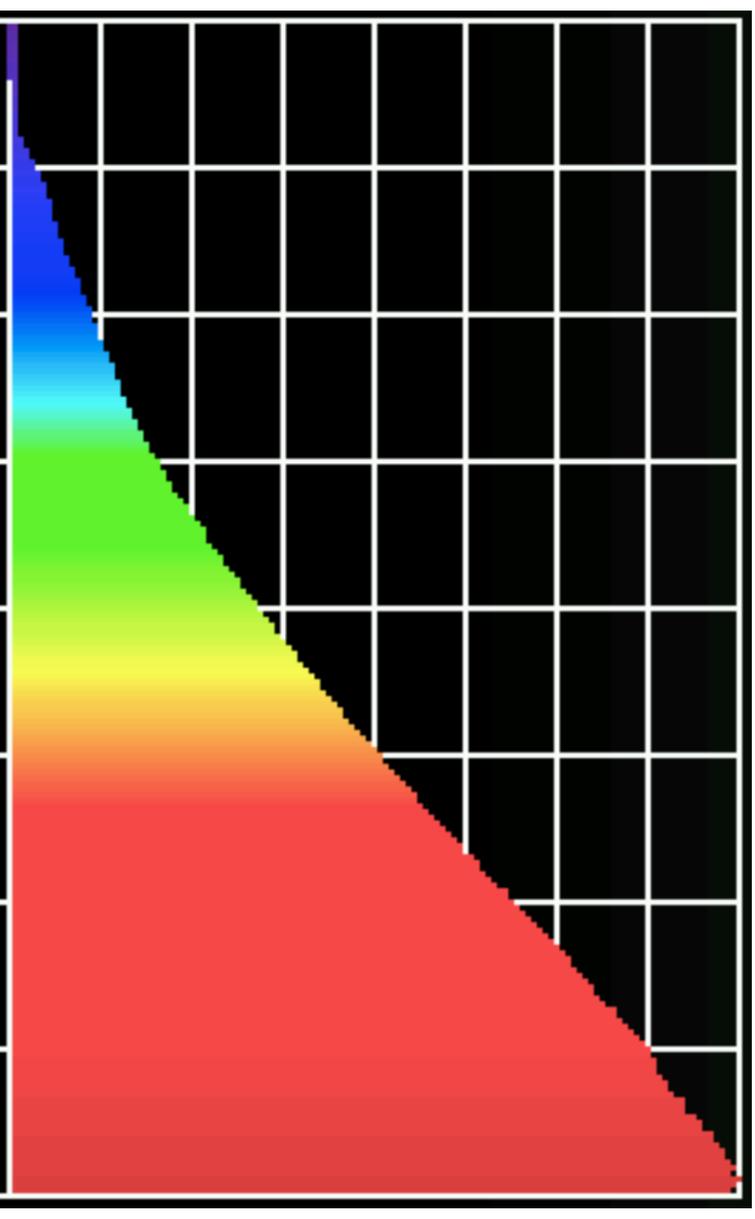
A9 / Licht - Richtsätze

Sonnenlicht: Lichtspektrum homogen bzw. kontinuierlich ohne deutliche Einzelspitzen, kein deutlicher Blaulichtanteil, guter Farbwiedergabeindex, hoher Nah-Infrarot-Anteil



A9 / Licht - Richtsätze

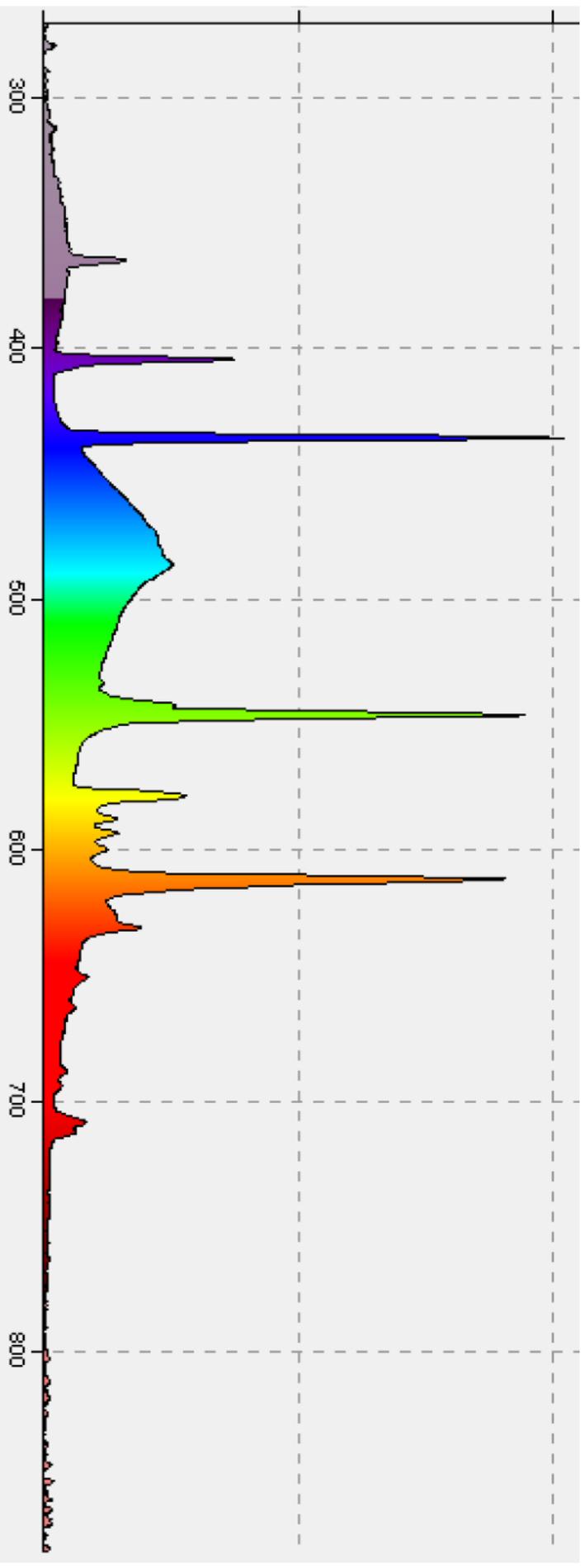
Glühlampen- oder Halogenlicht: Lichtspektrum homogen bzw. kontinuierlich ohne deutliche Einzelspitzen, kein deutlicher Blaulichtanteil, guter Farbwiedergabeindex, hoher Rot- und Nah-Infrarot-Anteil



Richtwerte SBM

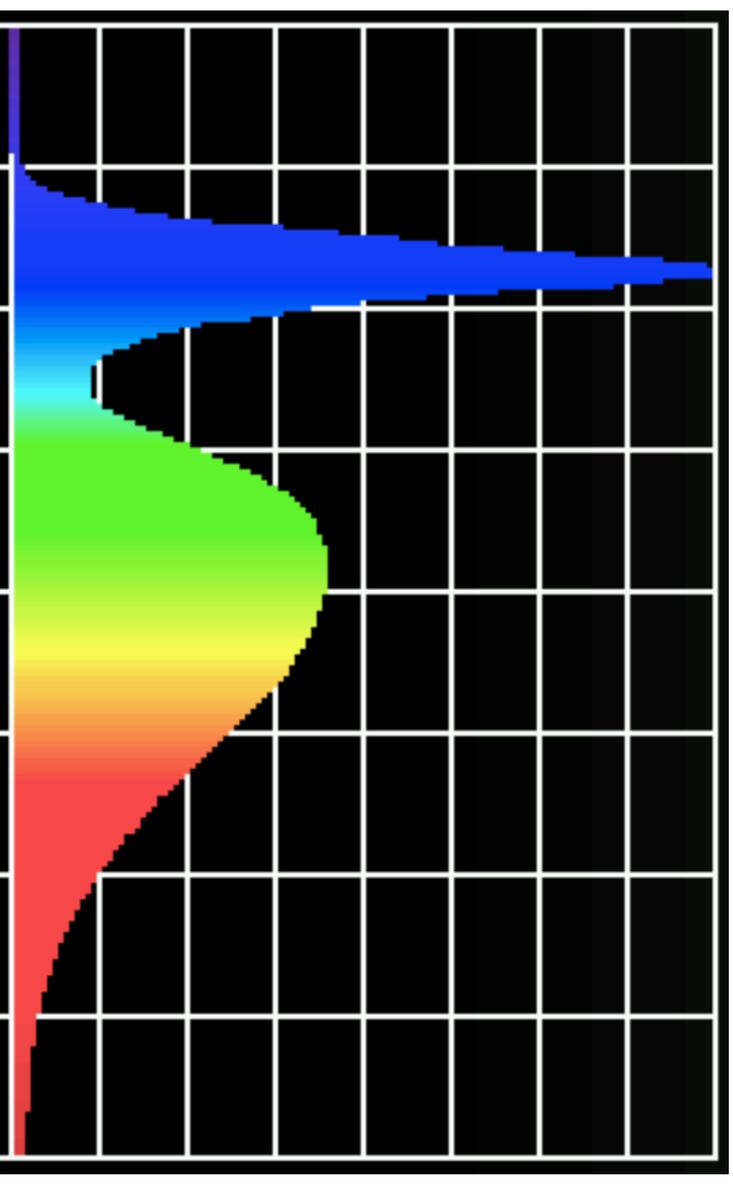
A9 / Licht - Richtsätze

Energiesparleuchte: Lichtspektrum inhomogen bzw. diskontinuierlich mit mehreren deutlichen Einzel-Spitzen, gerade auch im Blaulicht-Bereich, mittlerer Farbwiedergabeindex (Ra ~ 80-90), kaum Rot und Nah-Infrarot



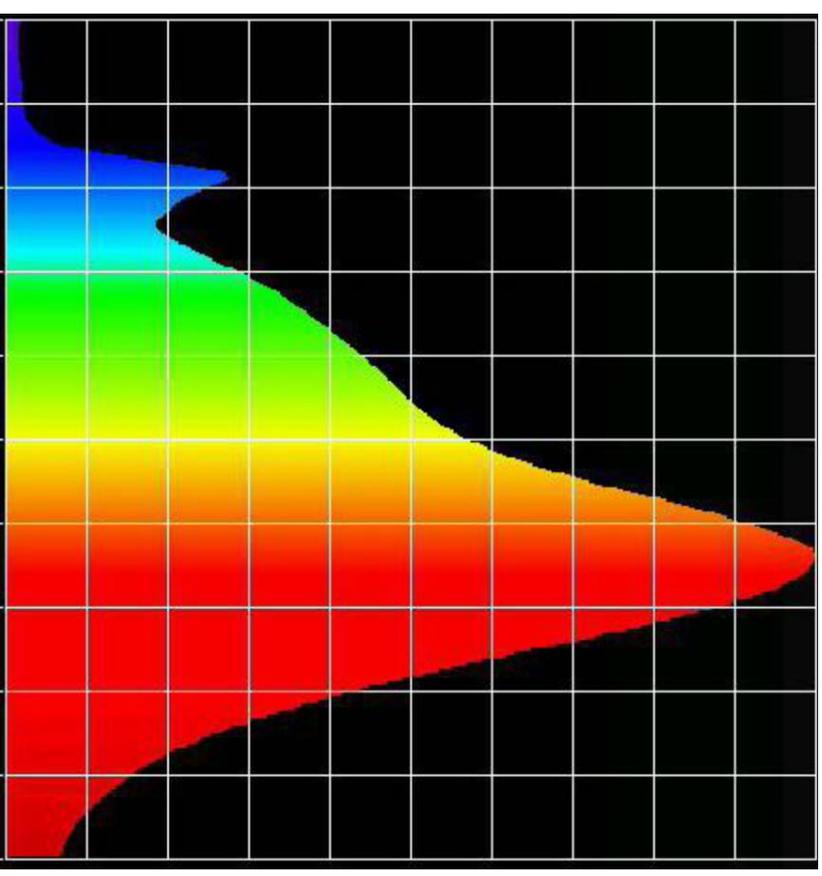
A9 / Licht - Richtsätze

kaltweiße LED: Lichtspektrum homogen bzw. kontinuierlich mit deutlicher Blaulicht-Spitze, schlechter Farbwiedergabeindex (Ra ~ 75), kaum Rot und Nah-Infrarot



A9 / Licht - Richtsätze

gute warmweiße LED: Lichtspektrum homogen bzw. kontinuierlich mit nur kleiner Blaulicht-Spitze, guter Farbwiedergabeindex (Ra ~ 95), kaum Rot und Nah-Infrarot



A9 / Licht - Richtsätze

"Künstliche Lichtquellen sollten kontinuierliche Helligkeitsverläufe ohne Oberwellen und möglichst **niedrige Flicker- bzw. Flimmer-Anteile** besitzen (vor allem bis rund 3000 Hz im Idealfall um oder unter **1 bzw. 2 %**) Außerdem sollten sie **keine auffälligen elektrischen und magnetischen Wechselfelder, elektromagnetischen Wellen oder Ultraschall** hervorrufen."

Flimmern unter ~ 80 Hz wahrnehmbar

Flimmern speziell im Bereich um 100-300 Hz kann zu epileptischen Anfällen und Sehbeschwerden führen

Flimmern speziell im Bereich um 100-2000 Hz kann Stroboskop- bzw. Perschnureffekten führen

generell: Müdigkeit, Konzentrationsstörungen, Stress, Schlafstörungen, Kopfschmerzen...

A9 / Licht - Richtsätze

Flimmern bei LED stark von Qualität der Elektronik bzw. Treiberschaltung abhängig, auch von Qualität der Spannungsquelle

- Flimmer-Anteile zwischen < 1 und 100 % möglich!

siehe Vortrag Reiner Fauser Baubiologica 2023

A9 / Licht - Richtsätze

"Generell sollte man in Innenräumen nur so viel Kunstlicht einsetzen, wie für die jeweilige Sehaufgabe nötig ist, und sich tagsüber so oft wie möglich dem **natürlichen Tageslicht** im Freien aussetzen. "

A9 / Licht - Richtsätze

Unterzeilen:

Messtechnische Randbedingungen 2015: elektrische Wechselfelder bis 2 kHz < 10 V/m, ab 2 kHz < 1 V/m; magnetische Wechselfelder bis 2 kHz < 50 nT, ab 2 kHz < 5 nT; Lichtspektrum, Spektralverteilung Tageslicht-ähnlich, homogen, fließende Übergänge, keine Einzelspitzen; Beleuchtungsstärke: tags ~ 100-100.000 Lux, abends ~ 10-100 Lux, nachts < 1 Lux; Farbtemperatur tags ~ 4000-6000 K, abends ~ 1500-3000 K; kein Ultraschall; Lichtflimmern unauffällig < 2 %, schwach 2-10 %, stark 10-50, extrem > 50 %, keine Lichtmodulation zur Datenübertragung (*Anmerkung 2023: präventiver Ansatz aufgrund unzureichender Datenlage*);

Farbwiedergabe Ra-Index unauffällig > 90, schwach 80-90, stark 60-80, extrem < 60; keine Schadstoffe oder Gerüche; keine toxischen Inhalte wie z.B. Quecksilber

Ökodesign-Richtlinie EU: Flimmern $P_{stLM} \leq 1$ (für Frequenzen 0,3-80 Hz),

Stroboskop-Effekt SVM $\leq 0,9$, ab 9/2024 $\leq 0,4$ (für Frequenzen 80-2000 Hz);

IEEE Modulationstiefe (%): für 10-100 Hz 0,025f, für 100-1000 Hz 0,08f; ASR für

Bürräume: > 500 Lux, Ra > 80

A9 / Licht - Messgeräte

neu von Fauser:

ZadPad - Handheld Flickermessgerät mit Touchdisplay

Allgemeine Gerätedaten:

- 4,3" Touchdisplay, direktes Aufrufen der wichtigsten Funktionen
- Hohe Messgenauigkeit durch 16 Bit AD-Wandler
- bis zu 1,6 MHz Samplingrate, bis zu 8 Messkanäle
- Automatische Anzeige der sensorspezifischen Messwerte
- Darstellung der Messsignale im Zeit- und Frequenzbereich
- Integrierter Datenlogger und automatische Erstellung von Messprotokollen
- Daten werden auf integriertem USB-Massenspeicher abgelegt (als Update)
- Weitere Sensoren für IR-, UV- Messung, elektromagnetische Felder EMF in Entwicklung
- Maße 154 x 96 x 34 mm

Lichtmessung:

- Photometerkopf VL10 mit spektraler Empfindlichkeit gemäß V(λ)
- Messbereich der Beleuchtungsstärke: 1 lx ... 20.000 lx
- Anzeige Grundfrequenz, Flicker Prozent, Flicker Index, Modulationstiefe
- Bewertungsverfahren für Flicker wie P_{st}^{LM}, SVM, ASSIT Mp und IEEE 1789
- Automatische Sensorerkennung



C Schimmel mit Baforensik-Lampen aufspüren

- recht neu in Innenraumdiagnostik (durch Prof. Rapp) bzw. Baubiologie (durch Dirk Herberg) etabliert
- Einsatz von Tatortlampen und Filterbrillen
- Anleuchten mit kurzwelligem oder UV-Licht (z.B. 365 nm) ⇒ **Fluoreszenz** bestimmter Moleküle, u.a. Chitin (Zellwandbestandteil von Schimmelpilzen)
- oft Schimmelgewebe (oder andere Auffälligkeiten wie Wasser, Salze, Öl, Chemikalien...) so erkennbar
- je nachdem sogar durch andere Materialien hindurch (mit Farbe überstrichener Schimmel-Schaden)
- ideal zur Verdachtsgewinnung (ergänzend zu Baufeuchte- und Oberflächentemperatur-Messungen), wo Schimmel wachsen könnte und wo man Oberflächen- oder Materialproben nehmen sollte

C Schimmel mit Bauforensik-Lampen aufspüren

- Einschränkungen:

Verwechslungen mit Wasserrändern, Hausstäuben, Textilfasern, Klebstoffen, Farbpigmenten, mineralischen Ausblühungen...

zu stark pigmentierte Pilze schlechter nachweisbar

Verschmutzungen, Überlagerungen

Befälle auf Textilien

...

Neues rund um die baubiologische Messtechnik

C Schimmel mit Baforensik-Lampen aufspüren

- hochwertige Lampen von Lumatec



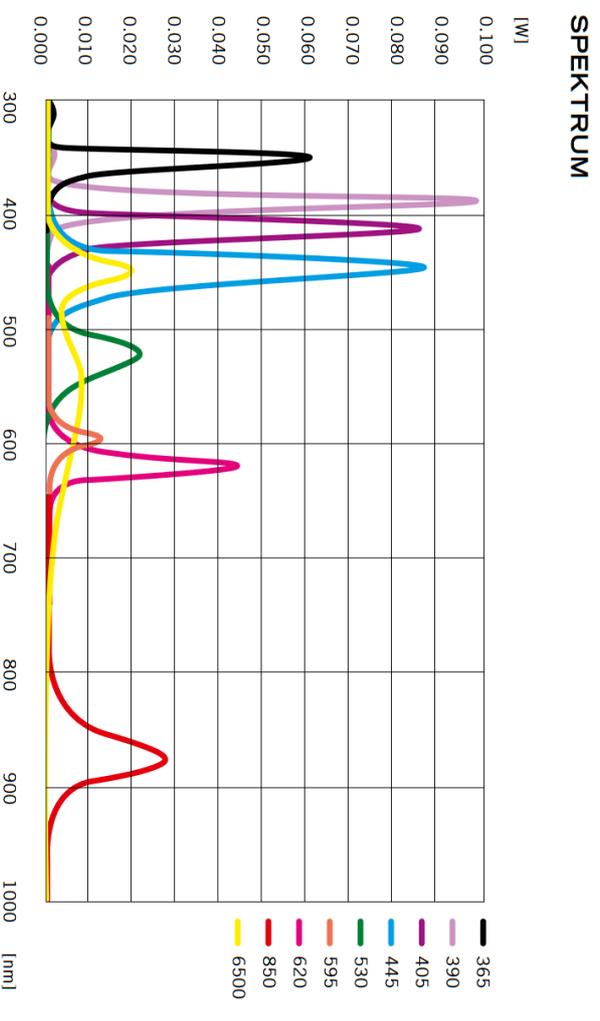
UVA 365 nm



LED-Kopf für homogenes
Weißlicht, fokussierbar,
2000 Lumen



Blau 445 nm



~ 2500 Euro pro Set

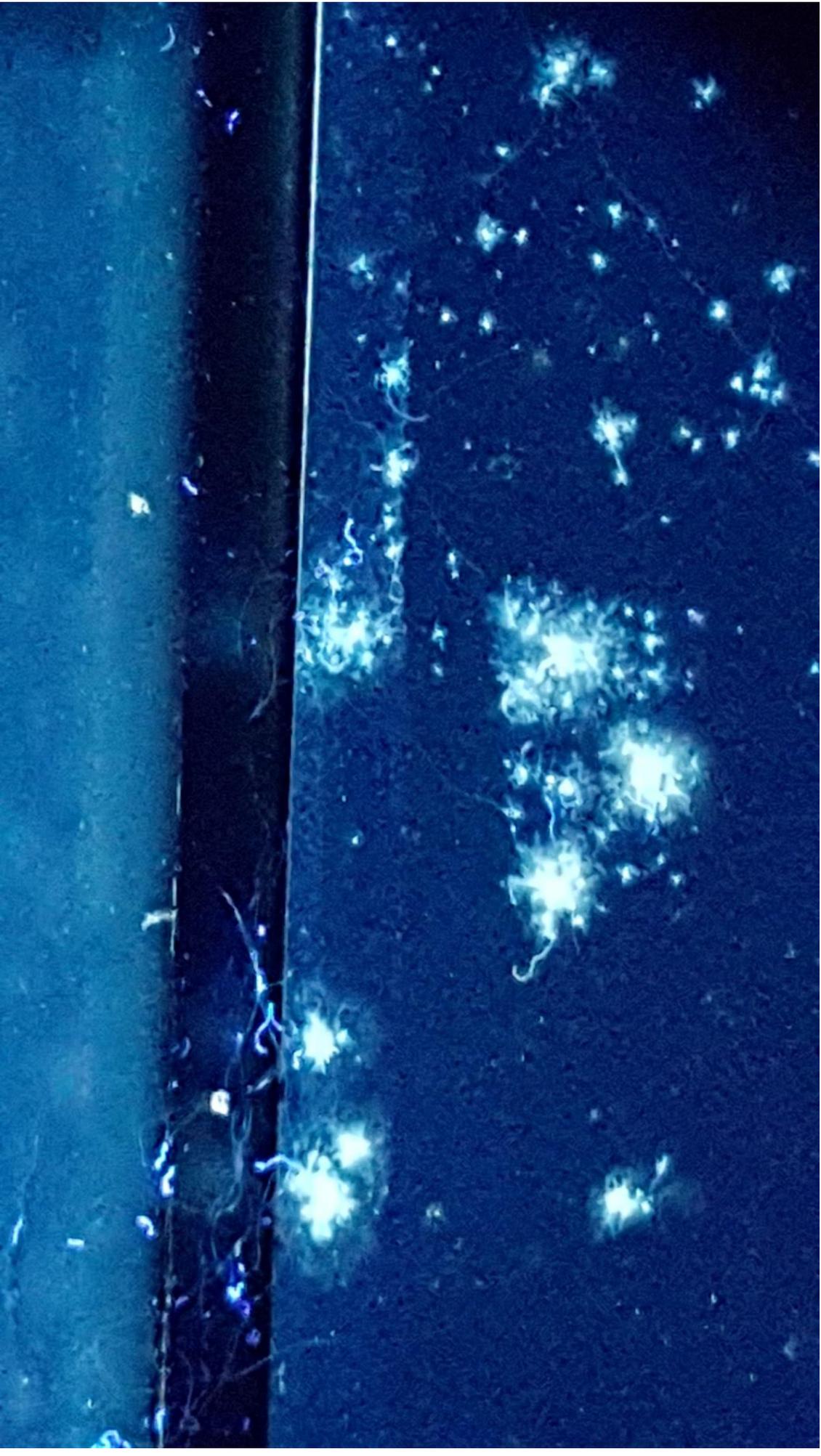
Neues rund um die baubiologische Messtechnik

C Schimmel mit Bauforensik-Lampen aufspüren



Neues rund um die baubiologische Messtechnik

C Schimmel mit Bauforensik-Lampen aufspüren



Neues rund um die baubiologische Messtechnik

C Schimmel mit Bauforensik-Lampen aufspüren



Neues rund um die baubiologische Messtechnik

C Schimmel mit Bauforensik-Lampen aufspüren

- auch mit einfacheren Lampen Untersuchungen möglich



~ 20 Euro!

leistungsschwächer ⇒
Ausleuchtung kleineren Bereiches ⇒
näher an Objekte rangehen,
evtl. Raum noch mehr verdunkeln

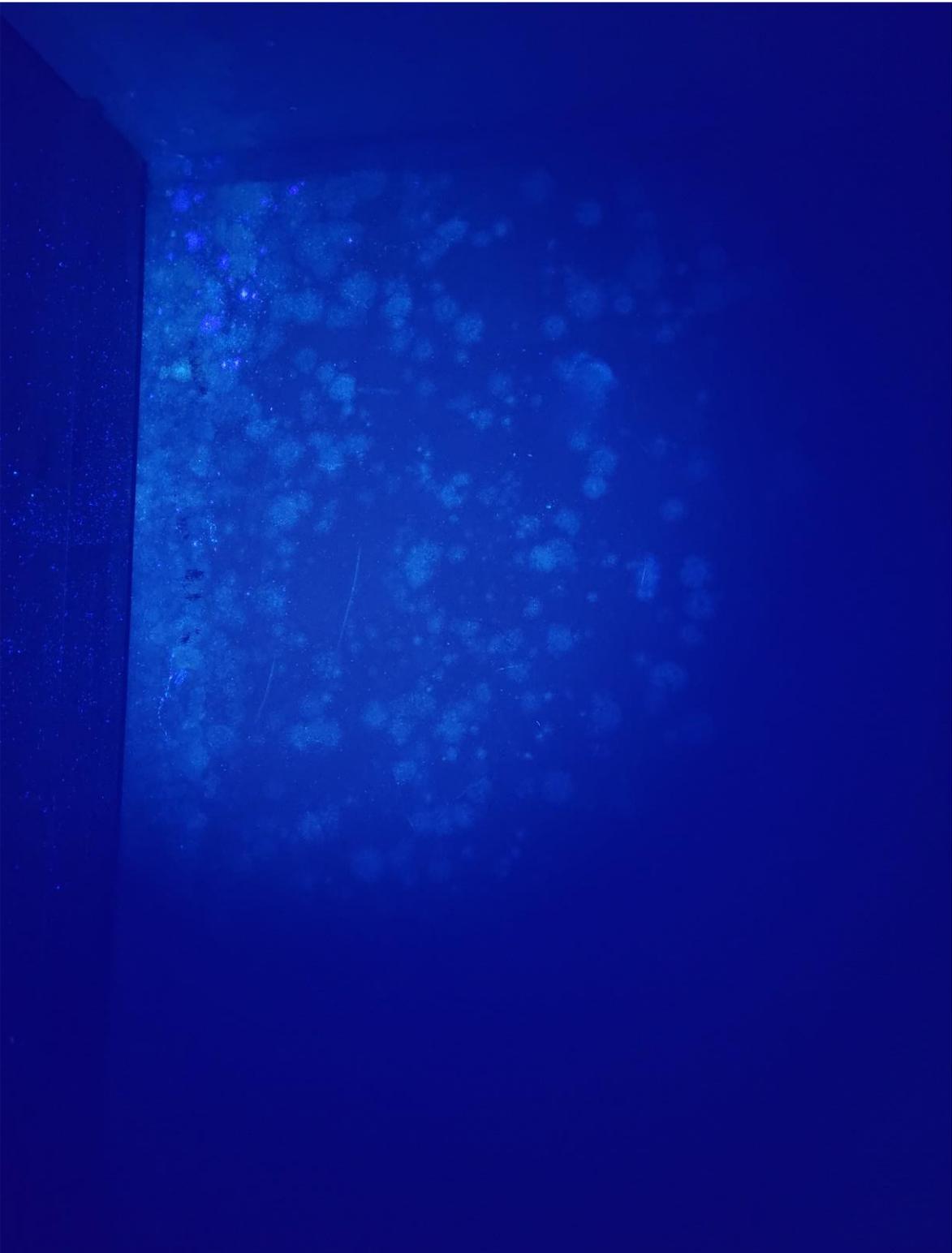
Neues rund um die baubiologische Messtechnik

C Schimmel mit Bauforensik-Lampen aufspüren



Neues rund um die baubiologische Messtechnik

C Schimmel mit Bauforensik-Lampen aufspüren



teure
Lampe

Neues rund um die baubiologische Messtechnik

C Schimmel mit Bauforensik-Lampen aufspüren



preisgünstige
Lampe

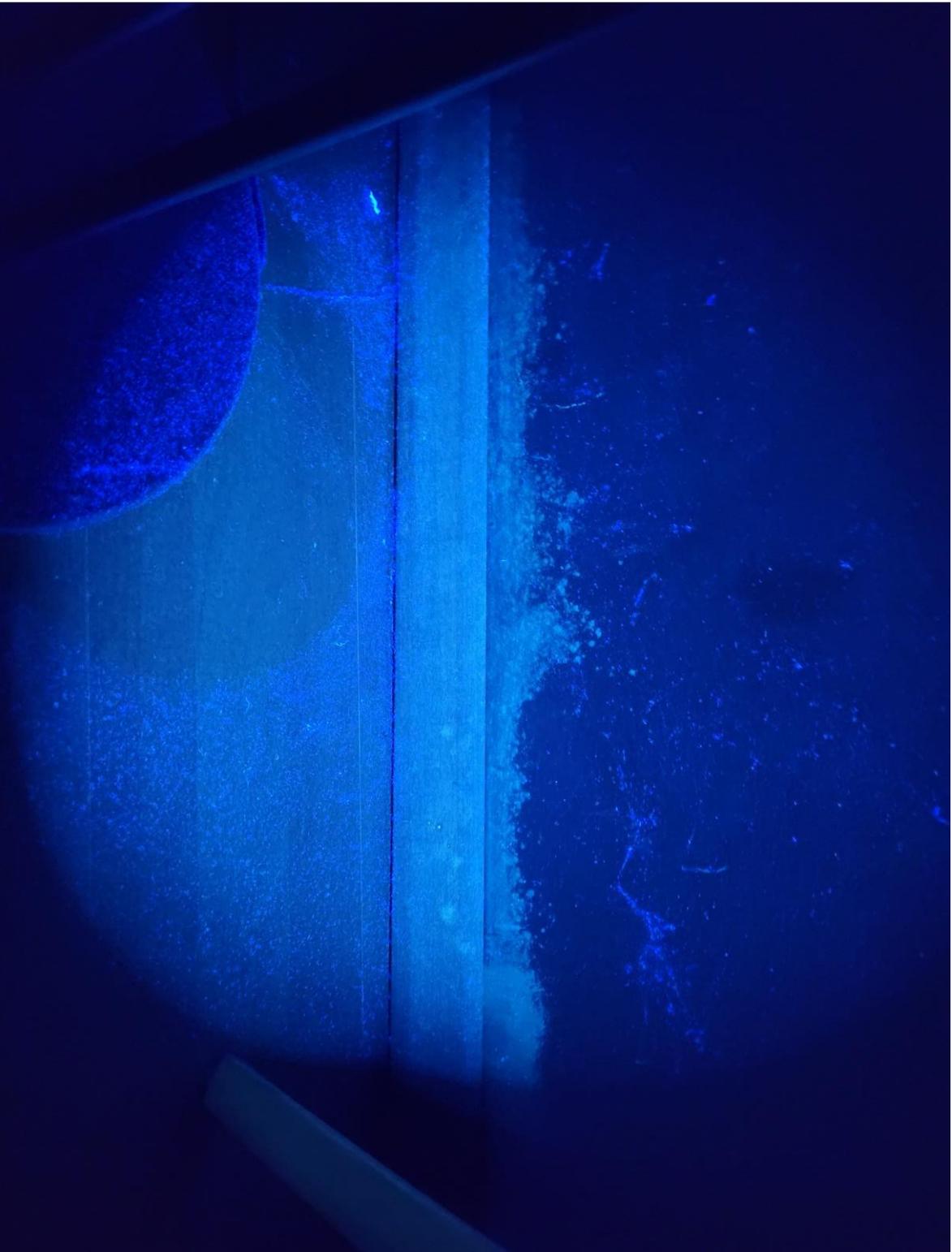
Neues rund um die baubiologische Messtechnik

C Schimmel mit Baforensik-Lampen aufspüren



Neues rund um die baubiologische Messtechnik

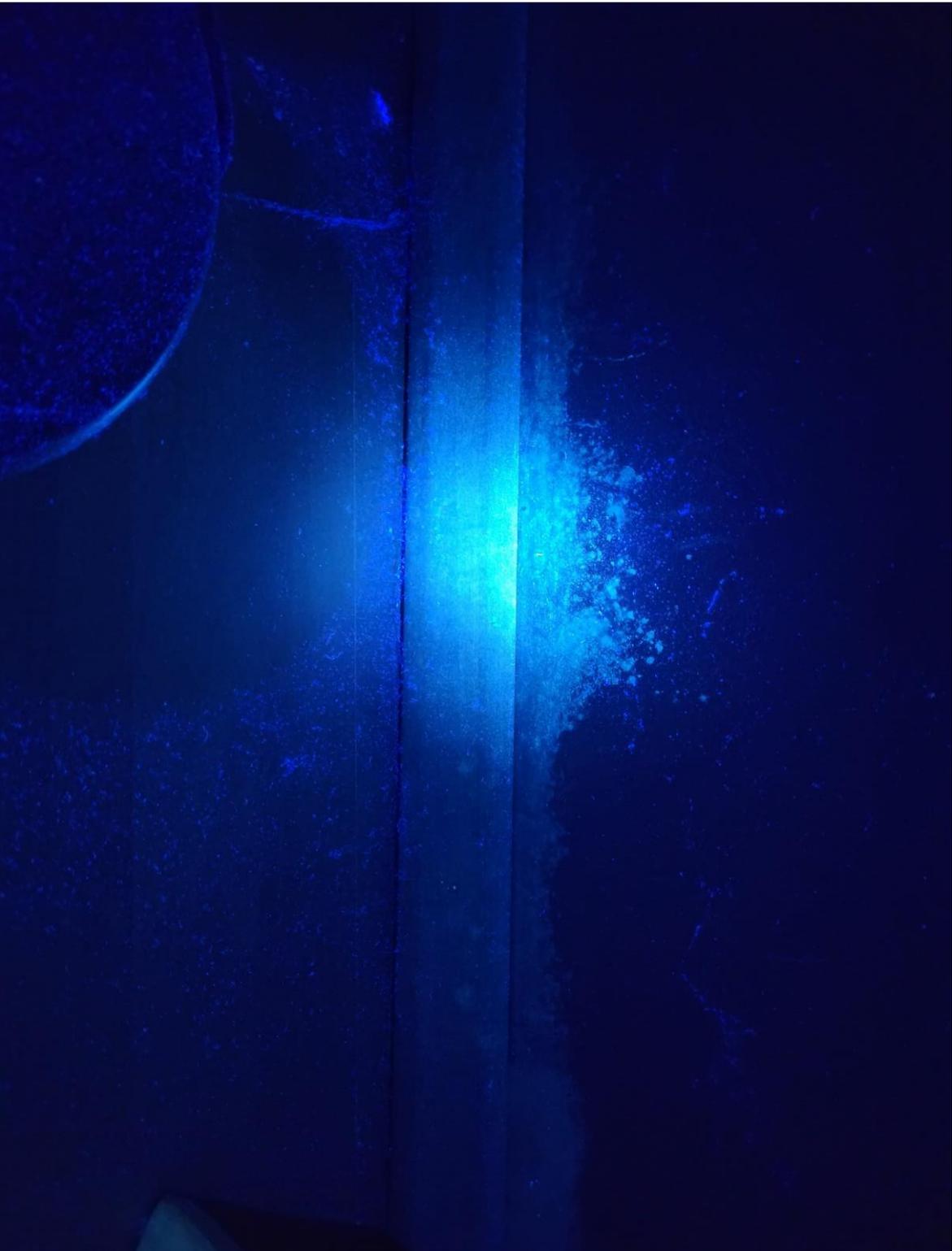
C Schimmel mit Bauforensik-Lampen aufspüren



teure
Lampe

Neues rund um die baubiologische Messtechnik

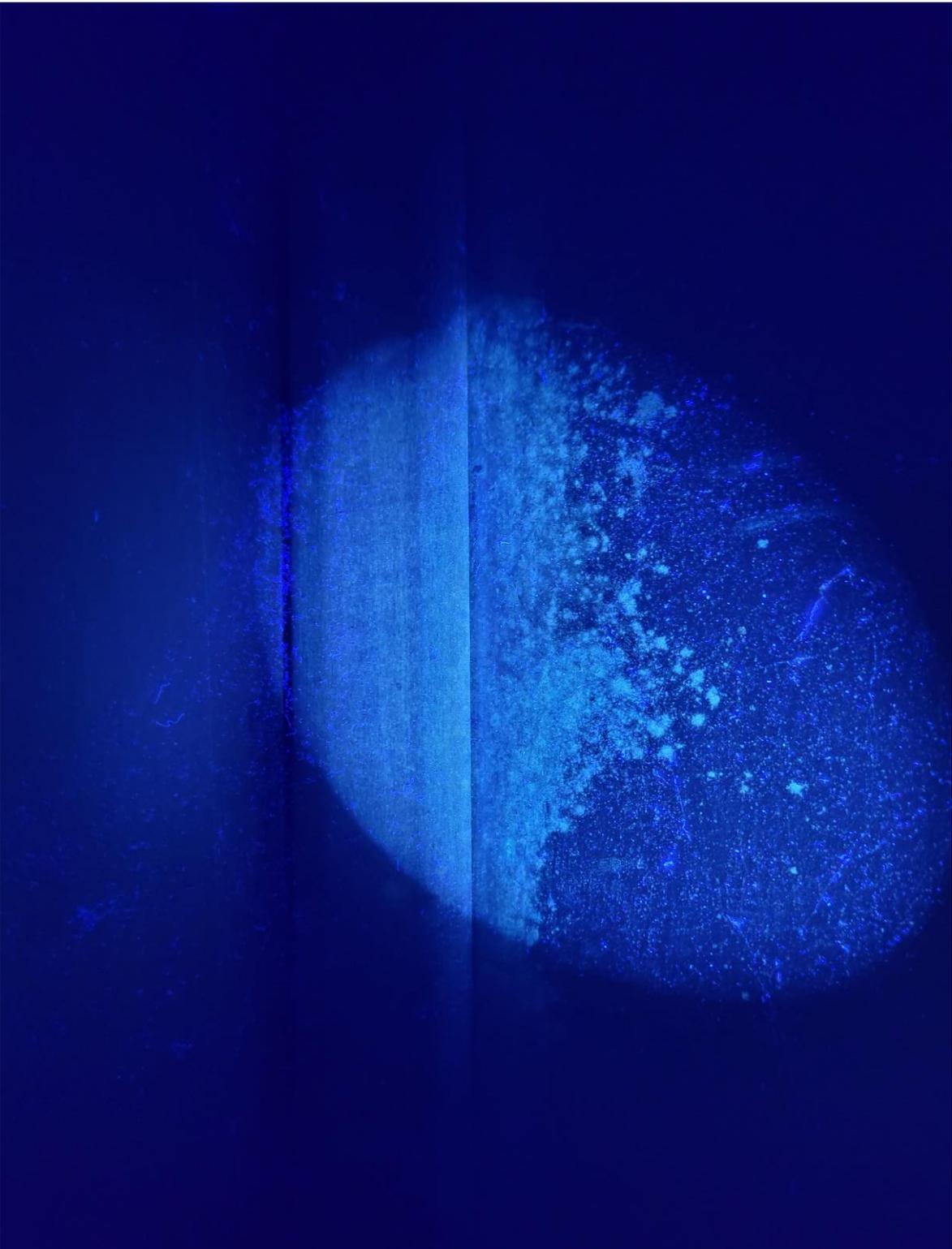
C Schimmel mit Bauforensik-Lampen aufspüren



preisgünstige
Lampe

Neues rund um die baubiologische Messtechnik

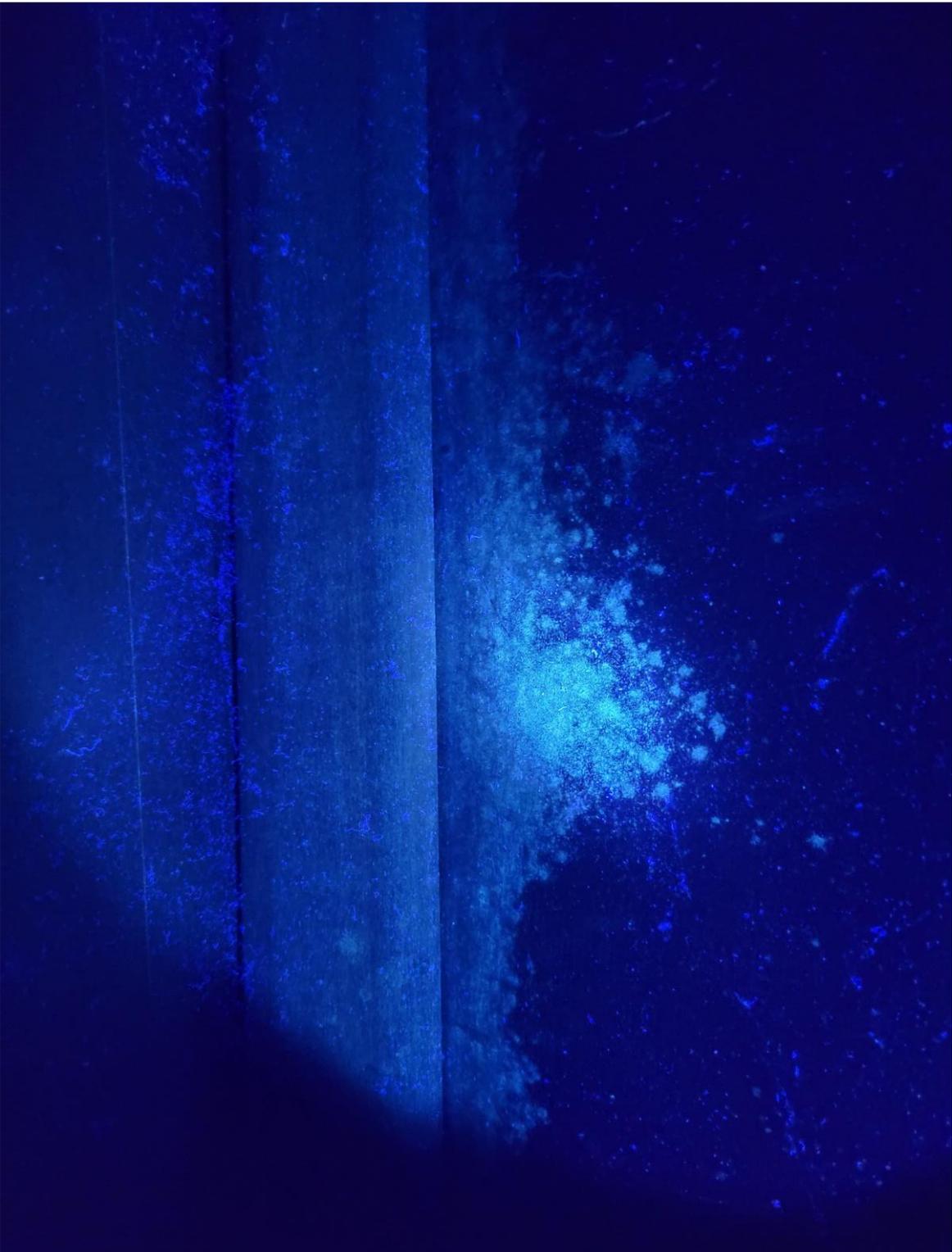
C Schimmel mit Bauforensik-Lampen aufspüren



teure
Lampe

Neues rund um die baubiologische Messtechnik

C Schimmel mit Bauforensik-Lampen aufspüren



preisgünstige
Lampe

C Schimmel mit Baforensik-Lampen aufspüren

- einfachere Lampe(n) sollte m.E. jeder Messtechniker im Koffer haben
- alle miteinander Erfahrungen sammeln

**Vielen Dank
für Eure Aufmerksamkeit**

Ende