

BAPPU

Das Multimessgerät für
die Arbeitsplatzanalyse

Kommentierte Gestaltungshinweise

zur Büroarbeit



www.bappu.de

Inhalt

1. Kommentierte Sollwerte für BAPPU	4
1.1. Temperatur	4
1.2. Relative Luftfeuchtigkeit	4
1.3. Luftgeschwindigkeit	5
1.4. Lärm	5
1.5. Beleuchtung	6
1.6. Bildwiederholffrequenz	6
1.7. Maximale Bildschirmhelligkeit	6
1.8. Leuchtdichtekontrast Schwarz/Weiß	7
1.9. Leuchtdichtekontrast Umgebung	7
1.10. Globetemperatur u. Klimaindizes (Klimasummenmaße) PMV & PPD	8
1.11. Kohlenstoffdioxid	8
1.12. TVOC-Indikator	9
1.13. Kohlenstoffmonoxid	9
1.14. Feinstaub (pm)	10
2. Temperatur und relative Luftfeuchtigkeit	10
2.1. Überprüfung und Beurteilung der Raumtemperatur	12
2.2. Überprüfung und Beurteilung der relativen Feuchtigkeit	12
2.3. Gestaltungshinweise	13
3. Zuglufterscheinungen / Anemometer	14
3.1. Charakteristika von Zugluft	15
3.2. Überprüfung und Beurteilung der Zugluft	15
3.3. Gestaltungshinweise	16
4. Lärm	17
4.1. Überprüfung und Beurteilung des Schallpegels	18
4.2. Verwendung des Tages-Lärmexpositionspegel $L_{ex, 8h}$	19
4.3. Gestaltungshinweise	20
5. Beleuchtung	21
5.1. Überprüfung und Beurteilung der Beleuchtung	21
5.2. Gestaltungshinweise	23
6. Bildwiederholffrequenz	23
6.1. Überprüfung und Beurteilung der Bildwiederholffrequenz	24
6.2. Gestaltungshinweise	24
7. Leuchtdichtekontraste	24
7.1. Überprüfung und Beurteilung des Leuchtdichtekontrastes	26
7.2. Gestaltungshinweise	26

8. Globethermometer / Klimasummenmaß	27
8.1. Überprüfung und Beurteilung des Raumklimas	29
8.2. Gestaltungshinweise	29
9. Kohlenstoffdioxid (CO₂)	30
9.1. Überprüfung und Beurteilung der CO ₂ -Konzentration	30
9.2. Gestaltungshinweise	31
10. Kohlenstoffmonoxid	31
10.1. Überprüfung und Beurteilung der CO-Konzentration	32
10.2. Gestaltungshinweise	32
11. VOC (Volatile Organic Compounds)	32
11.1. Überprüfung und Beurteilung von TVOC	33
11.2. Gestaltungshinweise	34
12. Feinstaub (pm)	35
12.1. Überprüfung und Beurteilung von pm	36
12.2. Gestaltungshinweise	37
13. Literatur	38

SERVICE



ELK GmbH – Ingenieurbüro für Elektronik

Gladbacher Str. 232 • D-47805 Krefeld

fon. +49 2151-788 86-0 • fax. +49 2151-788 86-02

www.elk.de • info@elk.de

Zu dieser Broschüre

Diese Broschüre stellt Hintergrundinformationen zu den werksseitig im BAPPU voreingestellten Sollwerten und Grenzwerten zur Verfügung. Darüber hinaus werden weiterführende Informationen zu den einzelnen mit BAPPU zu erfassenden physikalischen Größen und deren Bezug zu einschlägigen Richtlinien, Normen und gesetzlichen Bestimmungen bereit gestellt. Auch wenn ELK stets bemüht ist die Angaben zu prüfen und zu aktualisieren, erfolgen die Angaben in dieser Broschüre ohne Gewähr.

Version: Februar 2024

1. Kommentierte Sollwerte für BAPPU




In diesem Kapitel finden Sie zu den einzelnen Messparametern die jeweilige Richtwertskala für BAPPU. Weitere Hinweise und Quellen der Werte sowie weiterführende Literatur finden Sie in Kapitel 2 bis 11.

1.1. Temperatur

Sämtliche Temperaturbedingungen für Arbeitsräume, an die betriebstechnisch keine spezifischen raumklimatischen Anforderungen gestellt werden, regelt die ASR A3.5. Die Mindesttemperatur bei leichter körperlicher Arbeit beträgt 20 °C.

Angaben laut BGI 650:




„Die Lufttemperatur in Büroräumen muss mindestens 20 °C betragen. Lufttemperaturen bis 22 °C werden empfohlen. Die Lufttemperatur soll 26 °C nicht überschreiten. Wenn die Außenlufttemperatur über 26 °C beträgt und geeignete Sonnenschutzmaßnahmen verwendet werden, darf die Lufttemperatur höher sein.“ (BGI 650, 7.4.4)

Temperatur - Richtwertskala für BAPPU			
			Sollwert im Display
< 20 °C >26 °C	20 – 21 °C 22 – 26 °C	21 – 22 °C	21 °C

1.2. Relative Luftfeuchtigkeit

Eine ausreichende Luftbefeuchtung erfolgt bei Fensterlüftung automatisch (vgl. Kapitel 2.2 „Überprüfung und Beurteilung der relativen Feuchtigkeit“).




„Vorhandene raumluftechnische Anlagen mit Luftbefeuchtern sollten so ausgelegt sein, dass die relative Luftfeuchte höchstens 50% beträgt. Eine zu hohe Luftfeuchte ist problematisch, da sie die Bildung von Schimmelpilzen unterstützt, die wiederum Ursache für verschiedene Gesundheitsstörungen sein können.“ (BGI 650, 7.4.4)

Relative Luftfeuchtigkeit - Richtwertskala für BAPPU			
			Sollwert im Display
0 – 29% 75 – 100%	30 – 49% 66 – 75%	50 – 65%	55%

1.3. Luftgeschwindigkeit




Zur Luftgeschwindigkeit sagt die Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin, im Forschungsbericht, Fb 828, Griefahn, B. (Bewertung der Zugluft am Arbeitsplatz):

„Die Schwelle für das Empfinden von Luftbewegungen liegt zwischen 0,1 und 0,2 m/s und scheint, zumindest im Bereich von 20 bis 26 °C - unabhängig von der Umgebungstemperatur zu sein. Mit Beeinträchtigungen (Zugluftempfinden) ist ab etwa 0,2 bis 0,4 m/s zu rechnen. (...) Die Schwelle ist niedriger, wenn die Zugluft kühler als die Umgebungstemperatur ist.“ (Griefahn, 1999)

Luftgeschwindigkeit (bei 20 – 26°C) - Richtwertskala für BAPPU			
			Sollwert im Display
> 0,2 m/s	0,1 – 0,2 m/s	0,1 m/s	0,01 m/s ¹

1.4. Lärm

Die Emissionswerte sollen kleiner als der am Arbeitsplatz zulässige Beurteilungspegel (vgl. Kapitel 4 „Lärm“) sein.

Schallpegel - Richtwertskala für BAPPU			
			Sollwert im Display
> 71 db/A	< 35 db/A 56 – 70 db/A	36 – 55 db/A	55 db/A

Orientierungswerte zum Schallpegel

- 80 db/A entspricht Straßenrand bei starkem Verkehr.
- 40 db/A entspricht einem leisen Gespräch.
- Unter 35 db/A ist eine Förderung von Monotoniewirkungen möglich.
- 50 db/A ist die Grenze zum Belästigungsbereich. Und entspricht leiser Radiomusik.

¹ "0" entspricht der Abschaltung der Bewertung, daher wird der niedrigste darstellbare Wert angenommen.




1.5. Beleuchtung

„Bildschirm- und Büroarbeitsplätze sind ausreichend mit Tageslicht zu versorgen. Büroräume sollen daher über genügend große, möglichst unverbaute Fensterflächen verfügen. Die Fenster sollten so beschaffen und Arbeitsplätze so angeordnet sein, dass die Beschäftigten möglichst über eine ungehinderte und unverfälschte Sichtverbindung nach außen verfügen.“ (BGI 650, 7.4.2)

Beleuchtungsstärke - Richtwertskala für BAPPU			
			Sollwert im Display
< 300 Lux	300 – 400 Lux	> 400 Lux	500 Lux




1.6. Bildwiederholfrequenz

Bildwiederholfrequenzen an Monitoren mit Kathodenstrahlröhre wie auch an Lichtquellen können mit BAPPU problemlos gemessen werden; anzustreben sind Bildwiederholfrequenzen von mehr als 85 Hz (vgl. Kapitel 6 „Bildwiederholfrequenz“).

Bildwiederholfrequenz - Richtwertskala für BAPPU			
			Sollwert im Display
< 73 Hz	73 – 84 Hz	85 Hz	100 Hz

1.7. Maximale Bildschirmhelligkeit

Die Helligkeit der Anzeige sollte mindestens 100 cd/m² betragen (vgl. Kapitel 7 „Leuchtdichtekontraste“)

Anzeigenleuchtdichte - Richtwertskala für BAPPU			
			Sollwert im Display
< 80 cd/m ²	80 - 100 cd/m ²	100 cd/m ²	100 cd/m ²



Werte unter 80 cd/qm können bereits zu einer Beeinträchtigung der Sehleistung führen.

1.8. Leuchtdichtekontrast Schwarz/Weiß

„Der Kontrast zwischen Zeichen und Zeichenuntergrund innerhalb eines Zeichens sowie zwischen Zeichen und Zeichenzwischenraum sollte mindestens bei 4:1 liegen.“ (BGI 650, 7.2.1)

Dies gilt auch für farbige Darstellungen, nicht jedoch für die Darstellung von Bildern. Als Kontrast wird das Verhältnis der höheren Leuchtdichte (LH zur niedrigeren Leuchtdichte (LL) bezeichnet (BAPPU zeigt den Kontrast als Verhältnis von Messung 1 zu Messung 2 an). Die Anzeigeleuchtdichte ist bei Positivdarstellung (dunkle Zeichen auf hellem Untergrund) die Leuchtdichte des Untergrundes und bei Negativdarstellung (helle Zeichen auf dunklem Untergrund) die Leuchtdichte des Zeichen. (vgl. BGI 650, 7.2.1)



Die Messung der Flächenleuchtdichte auf dem Bildschirm lässt keine direkten Rückschlüsse auf den Kontrast der dargestellten Zeichen zu, da weitere Einflüsse wie Bildinhalt, Lochmaske der Bildröhre, Fokussierung oder max. Bildschirmauflösung - sowohl soft- als auch hardwareseitig - nicht berücksichtigt werden. Der Flächenleuchtdichtekontrast kann daher nicht unmittelbar mit den in den Normen und Vorschriften zum Zeichenkontrast genannten Forderungen verglichen werden oder als Bewertungsgrundlage dienen. Werksseitig wird daher keine Konformitätsprüfung beim Arbeitsplatztyp BAP vorgenommen. Auf der Grundlage von Erfahrungen kann diese aber vom Benutzer editiert werden.

1.9. Leuchtdichtekontrast Umgebung

Angaben laut BGI 650 Bildschirm- und Büroarbeitsplätze:

„Zur Erreichung einwandfreier Sehbedingungen ist ein ausgewogenes Leuchtdichteverhältnis im Gesichtsfeld erforderlich. Dies liegt vor, wenn ungefähr ein Verhältnis der Leuchtdichten

- zwischen Arbeitsfeld – zum Beispiel Papier – und näherem Umfeld – zum Beispiel Arbeitstisch – von 3:1 sowie
- zwischen ausgedehnten Flächen der Arbeitsumgebung, beispielsweise Wände, und dem Arbeitsfeld – zum Beispiel Bildschirm – von 10:1 erreicht wird.“ (BGI 650, Punkt 7.4.2)



Untersuchungen zeigten, dass Leuchtdichteverhältnisse bis 20:1 noch keine Verminderung der Arbeitsleistung bewirken.




Zu geringe Leuchtdichteunterschiede sollten vermieden werden, da sie einen monotonen Raumeindruck bewirken.

1.10. Globetemperatur und Klimaindizes (Klimasummenmaße) PMV & PPD

Die Globetemperatur ist als Bestandteil der PMV/PPD-Berechnung zu betrachten und wird vor diesem Hintergrund nicht separat durch das Messgerät BAPPU bewertet. Nach DIN 7730 gilt für die Bewertung der Behaglichkeit:

- Bei einem Wert für PMV = 0 wird das Klima vom Menschen in der Regel als thermisch neutral (behaglich) empfunden.
- Der minimale PPD-Index liegt bei 5 % Unzufriedenheit, d.h., nur 5% der befragten Personen waren mit der Klimasituation unzufrieden.




Im Anhang der DIN EN ISO 7730 wird ein PPD-Index von 10 % oder $-0,5 < \text{PMV} < 0,5$ als akzeptabel empfohlen.

Klimasummenmaß PMV/PPD - Richtwertskala für BAPPU			
			Sollwert im Display
$< -0,7$ $> 0,7$	$-0,7 - -0,5$ $0,5 - 0,7$	$-0,5 - 0,5$	$0,1^2$

1.11. Kohlenstoffdioxid

Während Kohlenstoffdioxid mit ca. 400 ppm (je nach regionalen Bedingungen) ein natürlicher Bestandteil der Luft ist, wird bei einem Anteil von 1000 ppm bereits von schlechter Raumluft gesprochen (vgl. Umweltamt 2008).

Bei Überschreiten dieses Grenzwertes müssen Maßnahmen zur Reduzierung der CO₂-Konzentration ergriffen werden.

Kohlenstoffdioxid - Richtwertskala für BAPPU			
			Sollwert im Display
$> 1500 \text{ ppm}$	$1000 - 1500 \text{ ppm}$	$< 1000 \text{ ppm}$	380 ppm

² "0" entspricht der Abschaltung der Bewertung, daher wird der niedrigste darstellbare Wert angenommen.

1.12. TVOC-Indikator

Da die Messung von VOC als Summenwert (TVOC) ermittelt wird, bei dem keine Einzelstoffanalyse³ erfolgt, ist ein Grenzwert nicht zweckmäßig, da Grenzwerte nur jeweils zu den einzelnen Stoffen existieren.

Die TVOC Messung eignet sich daher insgesamt als Indikator bzw. Übersichtsanalyse, ob Belastungen vorliegen. Je höher der TVOC-Wert ist, desto höher ist die Wahrscheinlichkeit einer Belastung. Eine Überprüfung von Grenzwerten ist dann durch eine Einzelstoffanalyse durchzuführen. (vgl. Bundesgesundheitsblatt 1999)



Es besteht dennoch die Möglichkeit eigene Grenzwerte zur Bewertung im BAPPU zu hinterlegen. Als untere Grenze empfiehlt sich dabei eine jeweilige Referenzmessung an der Außenluft.

Beachten Sie hierzu auch die Bemerkungen in den Gestaltungshinweisen in Kapitel 11 „VOC (Volatile Organic Compounds)“.




1.13. Kohlenstoffmonoxid

In Büroräumen liegt die Konzentration meist weit unter den geltenden Grenz- und Richtwerten, die eine eine Gesundheitsgefährdung bedeuten würden (vgl. BGI 7004, Klima im Büro. Antworten auf die häufigsten Fragen, 2007). Dennoch ist davon auszugehen, dass durch Kohlenmonoxid grundsätzlich eine Leistungsminderung stattfindet (vgl. WHO, 2011) und somit die Werte möglichst gering gehalten werden sollten.

Laut Bundes Immissionsschutzgesetz (BImSchG) beträgt der Grenzwert für Mensch und Umwelt seit 2008 10 mg/m³ umgerechnet etwa 11,66 ppm. Auch die WHO empfiehlt für einen 8 Stundenmittelwert 10 mg/m³ bzw. für eine 24-stündige Exposition gar nur 7 mg/m³.

Als Arbeitsplatzgrenzwert (AGW) ist die TRGS 900 heranzuziehen, in dieser beträgt der Arbeitsplatzgrenzwert 30 ppm für den Schichtmittelwert, d.h. für einen 8 Stunden Arbeitstag bei einer 5-Tage Woche. Dabei dürfen in einer Schicht maximal 4 Expositionen über 15 Minuten mit Werten von 60 ppm stattfinden, wobei der Mittelwert über 8 Stunden dennoch nicht überschritten werden darf. Ein besonderes Risiko wird für Schwangere gesehen, so kann laut Kennzeichnung in der der TRGS 900, ein Risiko der Fruchtschädigung auch bei Einhaltung des AGW nicht ausgeschlossen werden.

³ Hierzu ist eine gaschromatographische Trennung der einzelnen Verbindungen notwendig, die durch Probenentnahme und Untersuchung in speziellen Laboren erfolgt.




Kohlenstoffmonoxid - Richtwertskala für BAPPU			
			Sollwert im Display
> 30 ppm	20 – 30 ppm	< 20 ppm	1 ppm

1.14. Feinstaub (pm)

Für Arbeitsplätze gelten in Deutschland allgemein zunächst die Arbeitsstättenverordnung (ArbStättV) bzw. die Arbeitsstättenregeln (ASR), die die praktische Umsetzung der gestellten Anforderungen beschreiben. In Sachen Luftqualität besagt die ASR 3.6 Folgendes:

"In umschlossenen Arbeitsräumen muss gesundheitlich zuträgliche Atemluft in ausreichender Menge vorhanden sein. In der Regel entspricht dies der Außenluftqualität."

Zur Bewertung wird daher die Richtlinie 2008/50/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 21. Mai 2008 über Luftqualität und saubere Luft für Europa (siehe Anhang XI und Angang XIV), national umgesetzt durch die BGBl. 2010 I S. 1065 (siehe §§ 4 und 5), herangezogen. Eine Beurteilung für die nicht spezifizierten Fraktion PM 1 leiten wir daraus ab.

Feinstaub - Richtwertskala für BAPPU				
Partikelfraktion				Sollwert im Display
PM 1	> 20 µg/m ³	10 – 20 µg/m ³	< 10 µg/m ³	0 µg/m ³
PM 2,5	> 25 µg/m ³	10 – 25 µg/m ³	< 10 µg/m ³	1 µg/m ³
PM 10	> 40 µg/m ³	10 – 40 µg/m ³	< 10 µg/m ³	1 µg/m ³

2. Temperatur und relative Luftfeuchtigkeit

„Die Arbeitsmittel dürfen nicht zu einer erhöhten Wärmebelastung am Bildschirmarbeitsplatz führen, die unzutraglich ist. Es ist für eine ausreichende Luftfeuchtigkeit zu sorgen.“ (Anhang BildscharbV, Punkt 18)

Zu Temperatur und relativer Luftfeuchtigkeit führt die BGI 650 auf:

„Ein behagliches Raumklima herrscht vor, wenn Lufttemperatur, Luftfeuchte, Luftbewegung und Wärmestrahlung im Raum als optimal empfunden werden. Dieses Behaglichkeitsempfinden kann individuell differieren und ist vor allem abhängig von Aktivitätsgrad, Bekleidung, Aufenthaltsdauer im Raum und unterliegt tages- und jahreszeitlichen Schwankungen sowie dem persönlichen Empfinden.“

Büroräume sollten vorrangig frei über Fenster gelüftet werden. Untersuchungen zeigen, dass bei freier Fensterlüftung weniger Beschwerden auftreten als bei klimatisierten Büroräumen. Werden bereits raumluftechnische Anlagen eingesetzt, müssen sie regelmäßig gereinigt, gewartet und ggf. instand gesetzt werden, um gesundheitliche Gefährdungen auszuschließen.“ (BGI 650, 7.4.4)

Eine gesundheitlich zuträgliche Raumtemperatur liegt vor, wenn die Wärmebilanz (Wärmezufuhr, -erzeugung und -abgabe) des menschlichen Körpers ausgeglichen ist (siehe auch Kapitel 8 Globethermometer / Klimasummenmaß auf Seite 27).

Die Wärmeerzeugung des Menschen ist abhängig von dem Grad der Belastung für den Ausübenden. (vgl. ASR A3.5, 4.1 (3))

Die Wärmeabgabe ist abhängig von der Lufttemperatur, der Luftfeuchte, der Luftgeschwindigkeit und der Wärmestrahlung und wird durch die Bekleidung beeinflusst. (vgl. ASR A3.5, 4.1 (3))

Die Wärmezufuhr in einem Raum wird durch Heizung, Sonneneinstrahlung, Anzahl und Tätigkeiten (Energieumsatz) der Personen sowie Art und Anzahl der Arbeitsmittel bestimmt. Energiesparende Arbeitsmittel verringern diese Wärmezufuhr.

- In Büroräumen muss die Lufttemperatur mindestens 20 °C betragen. Lufttemperaturen bis 22 °C werden empfohlen. (vgl. BGI 650, 7.4.4)
- *„Die Lufttemperatur in Arbeitsräumen [...] soll +26 °C nicht überschreiten.“ (ASR A3.5, 4.2 (3))*
- *„Wenn die Außenlufttemperatur über +26 °C beträgt und unter der Voraussetzung, dass geeignete Sonnenschutzmaßnahmen [...] verwendet werden, sollen beim Überschreiten einer Lufttemperatur im Raum von +26 °C zusätzliche Maßnahmen ergriffen werden.“*

„Bei Überschreitung der Raumlufthtemperatur von +30 °C müssen wirksame Maßnahmen gemäß Gefährdungsbeurteilung ergriffen werden, welche die Beanspruchung der Beschäftigten reduzieren. Dabei gehen technische und organisatorische gegenüber personenbezogenen Maßnahmen vor.“

(ASR A3.5, 4.4 (1))

- Wird die Lufttemperatur im Raum von +35 °C überschritten, so ist der Raum ohne technische Maßnahmen (z.B. Luftduschen, Wasserschleier), organisatorische Maßnahmen (z.B. Entwärmungsphasen) oder persönliche Schutzausrüstungen (z.B. Hitzeschutzkleidung), [...] nicht als Arbeitsraum geeignet. (vgl. ASR A3.5, 4.4 (3))

- „Technische Maßnahmen, die die Lufttemperatur reduzieren, dürfen die absolute Luftfeuchte nicht erhöhen.“ (ASR A3.5, 4.4 (4))

2.1. Überprüfung und Beurteilung der Raumtemperatur

Für die meisten Arbeitsplätze reicht die Messung der Lufttemperatur aus.

Arbeitsplätze mit hoher Luftfeuchte, Wärmestrahlung oder Luftgeschwindigkeit müssen aber gesondert betrachtet werden. Dann sind diese Klimagrößen zusätzlich einzeln oder gegebenenfalls nach einem Klimasummenmaß (vgl. Kapitel 8 Globethermometer / Klimasummenmaß auf Seite 27) zu bewerten. (vgl. ASR A3.5, 4.1 (4))

„Unter **Lufttemperatur** versteht man die Temperatur der den Menschen umgebenden Luft ohne Einwirkung von Wärmestrahlung.“ (ASR A3.5, 3.2 (6))

Sie wird mit einem strahlungsgeschützten Thermometer in Grad Celsius [°C] gemessen, dessen Messgenauigkeit +/-0,5 °C betragen soll. Die Messung erfolgt nach Erfordernis stündlich an Arbeitsplätzen für sitzende Tätigkeit in einer Höhe von 0,6 m und bei stehender Tätigkeit in einer Höhe von 1,1 m über dem Fußboden. (vgl. ASR A3.5, 4.1 (6))



Die ständige Überprüfung der klimatischen Größen ist mit der BAPPU-time-Software für Daueraufzeichnungen möglich.

Da das **BAPPU**-Temperaturmesskabel bei der Messung bewegt und belüftet wird, lässt sich die Einwirkung der Strahlungstemperatur auf ein nicht relevantes Maß reduzieren. Unter bestimmten Voraussetzungen kann es jedoch dennoch nötig sein, den durch Strahlung bedingten Wärmeaustausch zwischen Oberflächen in der Messumgebung und dem Temperaturfühler selbst zu berücksichtigen. In Abhängigkeit von der Entfernung des Fühlers zur Oberfläche und der Temperaturdifferenz zwischen beiden können Messfehler bei der Ermittlung der Lufttemperatur auftreten.



Vermeiden Sie Messungen in unmittelbarer Nähe von stark erhitzten Flächen (z.B. Heizungen). Besteht hierzu keine Alternative muss der **BAPPU** Temperaturfühler mit einer glatten, metallisch glänzenden Fläche (Blech/Folie) vor der Wärmestrahlung abgeschirmt werden.

2.2. Überprüfung und Beurteilung der relativen Feuchtigkeit

„Die relative Luftfeuchte in Büroräumen mit einer Fensterlüftung ergibt sich durch den Luftaustausch. Eine zusätzliche Befeuchtung der Raumluft ist nicht notwendig und sollte nur dann erfolgen, wenn dies für Produktionsprozesse (z. B. in Druckereien oder bei der Lebensmittelherstellung) notwendig ist.“ (BGI 650, 7.4.4)

Die ASR 3.6 gibt die folgenden Werte für die maximale relative Luftfeuchtigkeit vor:

Lufttemperatur	Relative Luftfeuchtigkeit
+20 °C	80%
+22 °C	70%
+24 °C	62%
+26 °C	55%

Tabelle 2.1: Maximalwerte in Abhängigkeit zur Temperatur

Witterungsbedingte Feuchteschwankungen bleiben dabei unberücksichtigt. Eine zu hohe Luftfeuchte ist problematisch, da sie die Bildung von Schimmelpilzen unterstützt, die wiederum Ursache für verschiedene Gesundheitsstörungen sein können.

Auch an Raumbegrenzungsflächen können hohe Luftfeuchten zur Befeuchtung von Bauteilen und somit zur Schimmelbildung führen. Daher ist auch insbesondere dort auf die maximale relative Luftfeuchte zu achten bzw. sind die Raumbegrenzungsflächen so zu gestalten, dass Schimmelbildung vermieden wird (vgl. ASR 3.6).

Für **BAPPU** ist ein Sollwert von 55% eingestellt.

2.3. Gestaltungshinweise

Die Maximalwerte der Temperatur können in den Sommermonaten leicht erreicht bzw. überschritten werden, wenn das Gebäude über eine mangelhafte Außenhautdämmung verfügt, außen liegende Sonnenschutzeinrichtungen fehlen oder die Wärmedämmwerte von Fenstern und Fassade unzureichend sind.

Maßnahmen bei übermäßiger Sonneneinstrahlung laut ASR A3.5

- *„Fenster, Oberlichter und Glaswände, die der Tageslichtversorgung dienen, sind so zu gestalten, dass eine ausreichende Tageslichtversorgung gewährleistet ist und gleichzeitig störende Blendung und übermäßige Erwärmung vermieden werden.“ (ASR 3.5, 4.3 (2))*
- *Führt die Sonneneinstrahlung durch Fenster, Oberlichter und Glaswände zu einer Erhöhung der Raumtemperatur über +26 °C, so sind diese Bauteile mit geeigneten Sonnenschutzsystemen auszurüsten.*

Störende direkte Sonneneinstrahlung auf den Arbeitsplatz ist zu vermeiden.“ (ASR 3.5, 4.3 (3))

Konkret werden die folgende Beispiele für gestalterische Maßnahmen bei Raumtemperaturen oberhalb 26 °C genannt:

- Sonnenschutzvorrichtungen, die das Fenster von außen beschatten
- Im Zwischenraum der Verglasung angeordnete reflektierenden Vorrichtungen
- Innenliegende, hochreflektierende oder helle Sonnenschutzvorrichtungen
- Sonnenschutzverglasungen (innerhalb eines Sonnenschutzsystems - Blendschutz und Lichtfarbe sind zu beachten)

(vgl. ASR 3.5, Tabelle 3)

Außerdem können z. B. Vordächer, Balkone, feststehende Lamellen oder Bepflanzungen einen wirkungsvollen Sonnenschutz bieten.

Maßnahmen oberhalb 30 °C Raumlufttemperatur:

- Effektive Steuerung des Sonnenschutzes (z.B. Jalousien nach der Arbeitszeit geschlossen halten)
- Effektive Steuerung der Lüftungsanlagen (z.B. Nachtauskühlung)
- Reduzierung der inneren thermischen Lasten (z.B. elektrische Geräte nur bei Bedarf betreiben)
- Lüftung in den frühen Morgenstunden
- Nutzung von Gleitzeitregeln zur Arbeitszeitverlagerung
- Lockerung der Bekleidungsregeln
- Bereitstellung geeigneter Getränke (z.B. Trinkwasser).

(vgl. ASR 3.5, Tabelle 4)

3. Zuglufterscheinungen / Anemometer

„In den Aufenthaltsbereichen darf keine unzumutbare Zugluft auftreten.“ (ASR A3.6, 6.5 (1))

Die BGI 650 gibt bei sitzender Tätigkeit und einer Raumtemperatur von 20°C als Grenzwert für die zumutbare Luftgeschwindigkeit maximal 0,15 m/s an. Ist die Raumtemperatur höher, können auch höhere Luftgeschwindigkeiten noch als angenehm empfunden werden. (vgl. BGI 650, 7.4.4)

Zugluft wird dort definiert als unerwünschte, durch Luftbewegungen verursachte lokale Abkühlung des Körpers. Als besonders empfindlich gelten die Kopf- und die Knöchel-Fußregion. Die lokale Empfindlichkeit ist durch die Zugluftrichtung, sowie das Material und die Verteilung der Kleidung bestimmt. (vgl. BGI 7004, Frage 10)

Die Schwelle für die Wahrnehmung von Luftbewegungen liegt zwischen 0,1 und 0,2 m/s. Mit Beeinträchtigungen (Zugluftempfinden) ist ab etwa 0,2 bis 0,4 m/s zu rechnen. (vgl. Griefahn 1999)

3.1. Charakteristika von Zugluft

In klimatisierten Räumen (Büros, Hörsälen, Verkaufsräumen, industriellen Arbeitsplätzen) überschreiten die mittleren Luftgeschwindigkeiten nur selten 0,2 m/s. In beheizten Räumen liegen sie meist unter 0,25 und in natürlich belüfteten Räumen unter 0,4 m/s. In der Nähe von Eingängen und Austrittsöffnungen klimatechnischer Anlagen kann die Geschwindigkeit allerdings bis zu 1,2 m/s erreichen. Die höchsten Geschwindigkeiten, verbunden mit den niedrigsten Lufttemperaturen finden sich in der Regel wenige Zentimeter über dem Fußboden.

Die Geschwindigkeit, ab der Luftbewegungen unangenehm empfunden werden, nimmt mit der Umgebungstemperatur ab. In mäßiger Kälte ist daher mit vermehrten Klagen über Zugluft zu rechnen. Unter Berücksichtigung der üblichen Bekleidungsgeohnheiten werden die Kopf- und die Knöchel-Fuß-Region als besonders zugluftempfindlich eingeschätzt.

In mehreren Untersuchungen wurden Luftströmungen daher auf den Nacken und/oder auf die Füße gerichtet. Es ist jedoch nicht auszuschließen, dass andere, in der Regel bekleidete Körperregionen bei entsprechender Exposition weitaus empfindlicher auf Zugluft reagieren; z.B. Arme und Beine, die bei entsprechender Witterung nicht bekleidet sind.

„Zugluft ist vorwiegend von der Lufttemperatur, der Luftgeschwindigkeit, dem Turbulenzgrad und der Art der Tätigkeit (d. h. Wärmezeugung durch körperliche Arbeit) abhängig. Bei einer Lufttemperatur von +20 °C, einem Turbulenzgrad von 40 % und einer mittleren Luftgeschwindigkeit unter 0,15 m/s tritt bei leichter Arbeitsschwere üblicherweise keine unzumutbare Zugluft auf. Bei größerer körperlicher Aktivität, anderen Lufttemperaturen oder anderen Turbulenzgraden kann der Wert für die mittlere Luftgeschwindigkeit abweichen und ist im Rahmen der Gefährdungsbeurteilung zu bewerten.“ (ASR A3.5, 6.5 (2))

3.2. Überprüfung und Beurteilung der Zugluft

„Zur Beschreibung von Zugluftsituationen sind nach DIN EN 27726 (1993) die mittleren Luftgeschwindigkeiten und die Turbulenzgrade an Sitzarbeitsplätzen 0,1, 0,6 und 1,1 Meter bzw. an Steharbeitsplätzen 0,1, 1,1 und 1,7 Meter über dem Fußboden

und über einen Zeitraum von mindestens 3 Minuten zu bestimmen.“ (Griefahn, 1999)⁴

Die Beurteilung von Luftbewegungen kann mit **BAPPU** durch Anschluss des Zusatzmoduls **BAPPU**-Anemometer unproblematisch vorgenommen werden.

Die Messmodalitäten orientieren sich dabei an dem in DIN EN 7726 (Tabelle 5) geforderten Messaufbau. Dies bedeutet, dass insgesamt 3 Messungen über einen Zeitraum von mindestens 3 Minuten durchgeführt werden. Die Messungen werden in den geforderten Messhöhen von 0,1m, 0,6m (1,1m bei Steharbeitsplätzen) und 1,1m (1,7m bei Steharbeitsplätzen) durchgeführt.

3.3. Gestaltungshinweise

Die Ursachen für Zugluft sind vielfältig. Die BGI 7004 nennt folgende mögliche Ursachen:

- *„Kaltluft strömt durch Fenster oder Lüftungs- und Klimaanlage in den Raum, fällt nach unten und verursacht vor allem im Fußbereich Zugerscheinungen.“*
- *„An kalten Umgebungsflächen kühlt die Raumluft ab, fällt nach unten und verursacht vor allem im Fußbereich Zugerscheinungen.“*
- *„Unsachgemäß eingestellte Zuluftdurchlässe, z.B. Volumenstrom höher als geplant, an Lüftungs- und Klimaanlage verursachen vor allem im Schulter- und Nackenbereich Zugerscheinungen.“*

(BGI 7004,3, Frage 12)

Der Faktor Zeit ist bei Zugluft nicht von Belang, da der menschliche Körper sehr empfindlich auf Zugluft reagiert und bereits sehr kurzzeitiger Aufenthalt in Zugluft zu Krankheitssymptomen führt (Verspannung der Hals-/Nackenschulatur, Erkältung).

Bei entsprechenden Hinweisen auf Zugluft am Arbeitsplatz sollten daher umgehend Maßnahmen zur Vermeidung von Zugluft ergriffen werden.

Mögliche Maßnahmen sind nach BGI 7004:

- Offene Fenster und Türen schließen, turbulenzarme Luftführung.
- Raumlufttechnische Anlagen entsprechend einstellen, gegebenenfalls prüfen und instand setzen. Gemäß ASR 3.6 sind lüftungstechnische Anlagen so auszulegen, dass an Arbeitsplätzen keine unzumutbare Zugluft auftritt.
- Arbeitsplatz aus Zugluft entfernen.

⁴ Die DIN EN 27726:1993 wurde zwar zurückgezogen, jedoch befindet sich eine äquivalente Beschreibung des Messaufbaus in Bezug auf die unterschiedlich zu messenden Höhen auch in der Ersatznorm 7726:2002.

- Verwendung von Blenden zum örtlichen Schutz vor Zugluft.
 - Fenster abdichten.
 - Gebäudeisolierung überprüfen und nachbessern.
- (vgl. BGI 7004, Anhang)

4. Lärm

„Bei der Gestaltung des Bildschirmarbeitsplatzes ist dem Lärm, der durch die zum Bildschirmarbeitsplatz gehörenden Arbeitsmittel verursacht wird, Rechnung zu tragen.“
(Anhang BildscharbV, Punkt 17)

Grenzwerte für Geräusche am Arbeitsplatz sind in Abhängigkeit der Tätigkeit nach BGI 650 die folgenden:

Der Beurteilungspegel an Büroarbeitsplätzen soll unter Berücksichtigung der von außen einwirkenden Geräusche möglichst niedrig sein. Abhängig von der Tätigkeit soll der Beurteilungspegel höchstens 55 dB(A) bzw. 70 dB(A) betragen. Der Beurteilungspegel von höchstens 55 dB(A) ist bei überwiegend geistigen Tätigkeiten einzuhalten. Diese Tätigkeiten sind durch z.B. folgende Anforderungen gekennzeichnet:

- hohe Komplexität mit entsprechenden Schwierigkeiten
- schöpferisches Denken
- Entscheidungsfindung
- Problemlösungen
- einwandfreie Sprachverständlichkeit

Tätigkeiten, für die der Grenzwert von 70 dB (A) gilt, sind durch z. B. folgende Anforderungen gekennzeichnet:

- mittlere Komplexität
- zeitliche Beschränkung
- ähnlich wiederkehrende Aufgaben bzw. Arbeitsinhalte
- befriedigende Sprachverständlichkeit (vgl. BGI 650, 7.4.3)

Die Emissionswerte der eingesetzten Geräte sollen kleiner als der am Arbeitsplatz zulässige Beurteilungspegel sein.

4.1. Überprüfung und Beurteilung des Schallpegels

Ob es zu Überschreitungen der Grenzwerte kommt, kann mittels der **BAPPU**-Lärmmessungen überprüft werden. Diese Messvorgänge ermitteln sowohl Geräteemissionen und Schallspitzen als auch Orientierungswerte hinsichtlich des Beurteilungspegels (Lärm im Zeitfenster von 1 Minute).

BAPPU-time, die Software zur Langzeitaufzeichnung, erlaubt darüber hinaus die Berechnung von Mittelwerten spezifischer Aufzeichnungszeiträume/LEQ-Bildung.

Bei dem so genannten Beurteilungspegel handelt es sich nicht um maximale, temporär auftretende Schallspitzen sondern um einen zeitlichen Mittelwert, der aus Mittelungspegeln gebildet wird.

Der Beurteilungspegel wird je nach Schallpegel und je nach Einwirkdauer des Geräusches gebildet.

Dies geschieht unter Zuhilfenahme des sog. Halbierungsparameters, der angibt, um wie viel dB ein Schallpegel bei Halbierung bzw. Verdoppelung der Einwirkungsdauer erhöht bzw. verringert werden muss, damit er die gleiche Störwirkung erzielt.

Schallpegel	Einwirkdauer	Beurteilungspegel
55 dB/A	8 Stunden	55 dB(A)
58 dB/A	4 Stunden (Halbierung)	55 dB(A)*
61 dB/A	2 Stunden (nochmalige Halbierung)	55 dB(A)*
64 dB/A	1 Stunde (nochmalige Halbierung)	55 dB(A)*
oder umgekehrt ist		
55 dB/A	8 Stunden	55 dB(A)*
55 dB/A	4 Stunden (Halbierung)	52 dB(A)*
55 dB/A	2 Stunden (nochmalige Halbierung)	49 dB(A)*
55 dB/A	1 Stunde (nochmalige Halbierung)	46 dB(A)*

Tabelle 4.1: Einwirkdauer und Beurteilungspegel

* Wenn für die restliche Zeit vergleichsweise geringe oder keine Belastung auftritt.

Davon ausgehend, dass an einem heute typischen Bildschirm-Arbeitsplatz überwiegend geistige Tätigkeiten geleistet werden, bedeutet dies, dass ein zulässiger mittlerer Beurteilungspegel gegeben ist, wenn kontinuierlich über einen Zeitraum von 8 Stunden 55 dB(A) erreicht würden (oder über 4 Stunden 3 dB(A) mehr = 58 dB(A) oder über 2 Stunden weitere 3 dB(A) mehr = 61 dB(A) etc.).

Dezibel dB(A)	Faktor über der Hörschwelle	Beispiel	Wirkung auf den Menschen	
130	10^{13}	Düsenmotor in 5 m Entfernung	Schädigungs- bereich	Gehörschäden bei kurzfristiger Einwirkung
120	10^{12}	Niethammer in 1 m Entfernung		Gehörschäden bei längerfristiger Einwirkung und unerwünschte physiologische Wirkungen
110	10^{11}	Presslufthammer in 1 m Entfernung		
100	10^{10}	Exzenterpressenhal- le		
90	10^9	Webereisaal		
80	10^8	Rand einer Straße mit starkem Verkehr	Belästigungs- bereich	Behinderung der Verständigung, Belästigung und unerwünschte physiologische Wirkungen möglich
70	10^7	Büroraum ohne Schallschutz- maßnahmen		
60	10^6	Gespräche mit normaler Lautstärke		
50	10^5	Leise Radiomusik	Leiser Bereich	Unter Umständen Wirkungsumkehr durch Förderung von Monotonie- wirkungen
40	10^4	Leises Gespräch		
30	10^3	Flüstern		
20	10^2	Leichter Wind im Freien		
10	10^1	Rascheln von Laub		
1	10^0	Hörschwelle		

Tabelle 4.2: Beispiel von Lärmquellen und deren Wirkung auf den Menschen

Die kurzzeitig durch Büromaschinen und Geräte verursachten Schallspitzen von 70 dB(A) würden einem Beurteilungspegel von 55 dB(A) entsprechen, wenn sie höchstens 15 Min/Tag auftreten und keine anderen Geräusche zusätzlich hinzukommen würden. (Auch die Addition von z.B. 2 + 5 + 8 Minuten entspräche diesen 15 Minuten).

4.2. Verwendung des Tages-Lärmexpositionspegel $L_{ex, 8h}$

„Der Tages-Lärmexpositionspegel $L_{ex, 8h}$ wird auf ein „Normarbeitszeit“ von acht Stunden bezogen. Durch den Zeitbezug wird berücksichtigt, dass nicht

nur die Schallpegelhöhe, sondern auch die Einwirkdauer die Schädlichkeit des Lärms bestimmt., (Quelle: bg-verkehr / Beurteilung von Lärm)

Der Tages-Lärmexpositionspegel LEX,8h berechnet also einen Beurteilungspegel, wie in Kapitel 4.1 beschrieben. Zu berücksichtigen ist, dass der Pegel für die verbleibende Zeit, bis zum Erreichen der 8 Stunden mit 0dB angenommen wird, was einer vergleichsweise geringen bzw. keiner Belastung im Vergleich zum gemessenen Schallpegel entspricht.

Sollen mehrere unterschiedliche Lärmbelastungen berücksichtigt werden empfiehlt es sich den Leq aller Belastungen einzeln zu messen und unter Berücksichtigung der Einwirkdauer den Lärmexpositionspegel „händisch“ zu berechnen. Hierzu eignet sich der Rechner der IFA

„Die Lärmexposition am Arbeitsplatz setzt sich meist aus verschiedenen Anteilen zusammen, die auf unterschiedliche Tätigkeiten bzw. Einwirkungen zurückzuführen sind. Aus den dabei für die einzelnen Tätigkeiten gegebenen Lärmbelastungen und den entsprechenden Zeitanteilen lässt sich die Gesamtexposition einer Person berechnen., (Quelle: IFA / Berechnung des Lärmexpositionspegels mit dem IFA-Lärmexpositionsrechner)

4.3. Gestaltungshinweise

Auch Geräusche weit unterhalb der genannten Grenzwerte können unangenehm und lästig wirken und dadurch besonders Konzentration, Entscheidungszeiten und Sprachverständigung beeinträchtigen. Konzentration und Sprachverständigung können insbesondere beeinträchtigt werden durch:

- Informationsgehalt von Geräuschen
- Höhe des Schalldruckpegels
- Zusammensetzung des Frequenzspektrums
- Zeitliche Verteilung des Lärms

(vgl. BGI 650, 7.4.3)

„Eine Lärminderung setzt am wirksamsten an der Entstehungsquelle an, d.h. es sollten geräuscharme Arbeitsmittel beschafft und benutzt werden.“

(BGI 5018 3.3)

Grundsätzlich geeignete Maßnahmen zur Lärminderung am Arbeitsplatz sind:

Einsatz lärmarmen Arbeitsmittel, räumliche Trennung von Arbeitsplätzen und Lärmquellen, schallschluckende Ausführung von Fußboden, Decke, Wänden und Stellwänden, schalldämpfende Ausführung von Aufstellflächen und Unterlagen, Verwendung von Schallschutzhauben für Bürogeräte. (vgl. BGI 650, 7.4.3)

5. Beleuchtung

„Die Beleuchtung muss der Art der Sehaufgabe entsprechen und an das Sehvermögen der Benutzer angepasst sein; dabei ist ein angemessener Kontrast zwischen Bildschirm und Arbeitsumgebung zu gewährleisten. Durch die Gestaltung des Bildschirmarbeitsplatzes sowie Auslegung und Anordnung der Beleuchtung sind störende Blendwirkungen, Reflexionen oder Spiegelungen auf dem Bildschirm und den sonstigen Arbeitsmitteln zu vermeiden.“ (Anhang BildscharbV, Punkt 15)

Auch in puncto Beleuchtung gibt die BGI 650 Mindestwerte vor:

„Ein ausreichendes Beleuchtungsniveau erfordert im Arbeitsbereich "Bildschirm- und Büroarbeit" eine horizontale Beleuchtungsstärke von mindestens 500 Lux. Dieser Wert gilt auch für den Arbeitsbereich "Besprechung". Im Umgebungsbereich ist eine horizontale Beleuchtungsstärke von mindestens 300 Lux notwendig.

Eine teilflächenbezogene Beleuchtung ist zu empfehlen, wenn es erforderlich ist, die Beleuchtung innerhalb des Arbeitsbereiches an unterschiedliche Tätigkeiten und Sehaufgaben anzupassen [...].

Bei der teilflächenbezogenen Beleuchtung wird eine horizontale Beleuchtungsstärke von mindestens 750 Lux auf einer Teilfläche von mindestens 600 mm x 600 mm im Arbeitsbereich, z.B. durch eine Arbeitsplatzleuchte, erzeugt.“

(BGI 650, 7.4.2)

Die Wichtigkeit einer ausreichenden Beleuchtung am Arbeitsplatz begründen die BGI 650 wie folgt:

„Die Qualität der Beleuchtung wirkt sich auf das visuelle Leistungsvermögen des Menschen aus. Sie ist entscheidend dafür, wie genau und wie schnell Details, Farben und Formen erkannt werden. Außerdem beeinflusst die Beleuchtung Aktivitätsniveau und Wohlbefinden. Durch schlechte Beleuchtung kann es zu visuellen Überbeanspruchungen kommen, die sich durch Kopfschmerzen, tränende und brennende Augen sowie Flimmern vor den Augen bemerkbar machen können.“

(BGI 650, 7.4.2)

5.1. Überprüfung und Beurteilung der Beleuchtung

Bildschirm- und Büroarbeitsplätze sind ausreichend mit Tageslicht zu versorgen. Büroräume sollen daher über genügend große, möglichst unverbaute Fensterflächen verfügen. Die Fenster sollten so beschaffen und Arbeitsplätze so angeordnet sein, dass möglichst eine ungehinderte und unverfälschte Sichtverbindung nach außen existiert. Eine Reihe von Merkmalen, die sich gegenseitig beeinflussen, bestimmt die Qualität der Beleuchtung. Um unter Berücksichtigung des Sehvermögens der Beschäftigten angemessene Lichtverhältnisse für die Sehaufgaben am Bildschirmarbeitsplatz zu erzielen, müssen die folgenden lichttechnischen Gütemerkmale beachtet werden:

- Beleuchtungsniveau
- Leuchtdichteverteilung

- Begrenzung der Direktblendung
- Begrenzung der Reflexblendung auf dem Bildschirm und auf sonstigen
- Arbeitsmitteln
- Lichtrichtung und Schattigkeit
- Lichtfarbe und Farbwiedergabe
- Flimmerfreiheit

Die Beleuchtung von Bildschirmarbeitsplätzen kann als raumbezogene Beleuchtung, arbeitsbereichsbezogene Beleuchtung oder teilflächenbezogene Beleuchtung ausgeführt sein.

Je nach Charakteristik der Lichtverteilung der eingesetzten Leuchten unterscheidet man: Direktbeleuchtung, Indirektbeleuchtung und Direkt-/Indirektbeleuchtung.

Neben der Einhaltung der lichttechnischen Gütemerkmale sind bei der Auswahl des Beleuchtungskonzepts und der Beleuchtungsart die folgenden Aspekte wichtig:

- Nutzung von Tageslicht,
- Einfallrichtung und Stärke des Tageslichtes,
- Arbeitsabläufe und -organisation,
- Anordnung der Arbeitsplätze im Raum,
- Flexibilität bei der Anordnung der Arbeitsplätze,
- Güte des Bildschirmes hinsichtlich der Antireflexionsmaßnahme und die Art der Darstellung,
- Verschiedenheit der Sehaufgaben sowie des Sehvermögens der Beschäftigten,
- Raumcharakteristik, z. B. geometrische Raumabmessungen.

Da die lichttechnischen Gütemerkmale, insbesondere ein ausreichendes Beleuchtungsniveau, auch an tageslichtorientierten Arbeitsplätzen in unmittelbarer Fensternähe, nicht während der gesamten Arbeitszeit und zu jeder Jahreszeit durch Tageslicht gewährleistet sind, ist es erforderlich, dass sie auch allein durch die künstliche Beleuchtung erfüllt werden. (vgl. BGI 650, 7.4.2)

Bei der Planung von Beleuchtungsanlagen ist zu beachten, dass die Beleuchtungsstärke im Verlaufe des Betriebes zurück geht, daher muss bei der Pla-

nung der Beleuchtungsanlage von einem höheren mittleren Beleuchtungsstärkewert (Planungswert) ausgegangen werden. (vgl. BGI 650, 7.4.2)

5.2. Gestaltungshinweise

Werden bei der Messung mit **BAPPU** Mängel an der Beleuchtung festgestellt, sind folgende Gestaltungsmaßnahmen denkbar:

- Realisierung von blendfreien Beleuchtungssystemen z.B. durch Indirekt- Beleuchtung (vgl. ASR A3.4, 5.3 Begrenzung von Blendung)
- Reduzierung des Glanzgrades auf sämtlichen Arbeitsmitteln.
- Einführung von 2-Komponenten-Beleuchtungs-Konzepten:

Dabei sollte die zweite Beleuchtungs-Komponente (Arbeitsplatzleuchte) als bewegliche Komponente ausgebildet sein, um die Lichtpunkthöhe - und damit die Einstellbarkeit der individuellen Beleuchtungsstärke - zu ermöglichen. Durch Einsatz einer zweiten Beleuchtungskomponente wird die empfehlenswerte Möglichkeit geschaffen, die Nennbeleuchtungsstärke der Allgemein-Beleuchtung zugunsten der Individual-Komponente auf Werte unter 500 Lux zu reduzieren.

Mit einer beweglichen, individuellen Arbeitsplatzleuchte wird eine bessere Ausleuchtung der nicht unmittelbar bildschirmorientierten Arbeitsflächen als mit den geforderten 500 Lux für Bildschirmarbeit erreicht. Es werden verschiedene Werte zur optimalen Ausleuchtung an Arbeitsplätzen genannt:

- Bei hellen Bildschirm-Oberflächen 500 Lux
- Bei dunklen Bildschirm-Oberflächen 300 Lux

Analog zum Stand der Entwicklung sind heute Bildschirme mit hellen Bildschirmoberflächen im Einsatz. Die empfohlene Beleuchtungsstärke im Bildschirmbereich liegt eher bei 500 als bei 300 Lux. (vgl. ASR A3.4, Anhang 1, Beleuchtungsanforderungen für Arbeitsräume, Arbeitsplätze und Tätigkeiten)

6. Bildwiederholfrequenz

„Das auf dem Bildschirm dargestellte Bild muss stabil und frei von Flimmern sein; es darf keine Verzerrungen aufweisen.“ (Anhang BildscharbV, Punkt 2)

Grundsätzlich kommen zwei verschiedene Bildschirmanzeigetechniken im Bürobereich zum Einsatz: Kathodenstrahlröhrenanzeigen (CRT) und Flüssigkristallanzeigen (LCD)

„Flimmern ist die Wahrnehmung von raschen, periodischen Leuchtdichteschwankungen auf dem Bildschirm, die in einem Frequenzbereich von einigen Hertz (Hz) bis zur Verschmelzungsfrequenz liegen.“

Die Verschmelzungsfrequenz ist die Grenzfrequenz des Auges, oberhalb der ein Flimmern nicht mehr wahrgenommen wird. Sie ist individuell verschieden und nimmt mit zunehmendem Alter ab. Flimmern wird im seitlichen Gesichtsfeld eher wahrgenommen als im zentralen Gesichtsfeld.

Bei Bildschirmen mit Kathodenstrahlröhren hängt die flimmerfreie Wahrnehmung maßgeblich vom Zusammenwirken der nachstehenden Einflussgrößen ab:

- *Gerätetechnische Faktoren wie Bildwiederholfrequenz, Bildaufbau, Auflösung, Nachleuchtdauer des Leuchtstoffes, mittlere Leuchtdichte der Anzeige und Größe der Anzeigefläche*
- *Umgebungsbedingungen aufgrund der Anordnung des Bildschirms im Raum und der Güte der Beleuchtung*
- *individuelles Sehvermögen des Benutzers. Bei einem Bildschirm mit Kathodenstrahlröhre ist in Positivdarstellung eine Bildwiederholfrequenz von mindestens 100 Hz empfehlenswert, 85 Hz sollen nicht unterschritten werden.*

Technologiebedingt bietet ein LCD- Bildschirm auch bei einer Bildwiederholfrequenz von 60 Hz (in der Regel von den meisten Herstellern empfohlen) ein absolut flimmerfreies Bild.“ (BGI 650, 7.2.1)

6.1. Überprüfung und Beurteilung der Bildwiederholfrequenz

Bildwiederholfrequenzen an Monitoren mit Kathodenstrahlröhre wie auch an Lichtquellen können mit **BAPPU** problemlos gemessen werden; anzustreben sind Bildwiederholfrequenzen von mehr als 85 Hz.

6.2. Gestaltungshinweise

Ist mit Veränderung der Aufstellung/Raumbeleuchtung bzw. Einstellung oder Austausch der Grafikkarte keine Beseitigung von Flimmern und Verzerrungen möglich, so bleibt nur der Austausch des Bildschirms.

7. Leuchtdichtekontraste

„Die Helligkeit der Bildschirmanzeige und der Kontrast zwischen Zeichen und Zeichenuntergrund auf dem Bildschirm müssen einfach einstellbar sein und Verhältnissen der Arbeitsumgebung angepasst werden können.“

(Anhang BildscharbV, Punkt 3)

In Bezug auf die Helligkeit und Kontrast der Anzeige geben die BGI 650 folgende Mindestwerte vor:

„Die Anzeigeleuchtdichte (Helligkeit der Anzeige) sollte mindestens 100 cd/m² betragen . Der Kontrast zwischen Zeichen und Zeichenuntergrund innerhalb eines Zeichens sowie zwischen Zeichen und Zeichenzwischenraum sollte mindestens bei

4:1 liegen. Dies gilt auch für farbige Darstellungen, nicht jedoch für die Darstellung von Bildern. Als Kontrast wird das Verhältnis der höheren Leuchtdichte (LH) zur niedrigeren Leuchtdichte (LL) bezeichnet. Die Anzeigeleuchtdichte ist bei Positivdarstellung die Leuchtdichte des Untergrundes und bei Negativdarstellung die Leuchtdichte der Zeichen.

Zeichen und Flächen, für die die gleiche Leuchtdichte vorgesehen ist, dürfen keine störenden Leuchtdichteunterschiede aufweisen. Dies gilt auch innerhalb von Zeichen. Die Darstellung dunkler Zeichen auf hellem Untergrund (Positivdarstellung) oder die Darstellung heller Zeichen auf dunklerem Untergrund (Negativdarstellung) kann auf dem Bildschirm in ein- oder mehrfarbiger Ausführung erfolgen. Für Textverarbeitung ist eine einfarbige Zeichendarstellung empfehlenswert.

Aufgrund der bisherigen Erfahrungen beim Einsatz von Bildschirmgeräten bietet eine flimmerfreie Positivdarstellung bessere Anpassungsmöglichkeiten an die physiologischen Eigenschaften des Menschen und an die Arbeitsumgebung.

Positivdarstellung hat folgende Vorteile:

- Die Lesbarkeit der Zeichen verbessert sich, weil bei gleichem Kontrast die Erkennbarkeit von Zeichen vor einem hellen Untergrund besser als vor einem dunklen ist. Nicht vermeidbare Reflexionen und Spiegelungen werden weniger störend wahrgenommen und ermöglichen damit auch eine flexiblere Anordnung der Arbeitsplätze.
- Zusammen mit der erforderlichen Beleuchtungsstärke verringert die hohe Leuchtdichte der Bildschirmanzeige den belastenden ständigen Wechsel von Hell und Dunkel-Adaptionen.
- Die Leuchtdichten besonders von Vorlagen (Papier) und Bildschirmanzeige werden angeglichen.“

(BGI 650, 7.2.1)

Auch die Leuchtdichteverteilung ist laut BGI 650 zu beachten:

„Die Leuchtdichte ist die lichttechnische Kenngröße für die Helligkeit. Neben der Beleuchtungsstärke beeinflusst die Farbgebung den Helligkeitseindruck eines Raumes oder einzelner Flächen.

Zur Erreichung einwandfreier Sehbedingungen ist ein ausgewogenes Leuchtdichteverhältnis im Gesichtsfeld erforderlich. Dies liegt vor, wenn ungefähr ein Verhältnis der Leuchtdichten

- zwischen Arbeitsfeld – zum Beispiel Papier – und näherem Umfeld – zum Beispiel Arbeitstisch – von 3:1 sowie
- zwischen ausgedehnten Flächen der Arbeitsumgebung, beispielsweise Wände, und dem Arbeitsfeld – zum Beispiel Bildschirm – von 10:1

erreicht wird.

Zu geringe Leuchtdichteunterschiede sind zu vermeiden, da sie einen monotonen Raumeindruck bewirken.“

(BGI 650, 7.4.2)

7.1. Überprüfung und Beurteilung des Leuchtdichtekontrastes

Anhand der technischen Beschreibung/Bedienungsanleitung des Monitors kann festgestellt werden, ob das zu untersuchende Gerät werksseitig die Voraussetzungen zur Einhaltung der geforderten Werte bzgl. der Leuchtdichtekontraste erfüllt. Ist dies der Fall, werden die tatsächlichen Gegebenheiten bei der arbeitsüblichen Beleuchtung mit **BAPPU** überprüft. Die richtige Handhabung, wie sie in der **BAPPU** - Gebrauchsanweisung beschrieben wird, ist dabei von besonderer Bedeutung.

7.2. Gestaltungshinweise

Der Austausch der betreffenden Hardwarekomponente kann durch mehrere Gestaltungsmaßnahmen vermieden werden:

- Im Regelfall sollen Bildschirme nicht in unmittelbarer Nähe von Fenstern aufgestellt werden. Wenn es räumlich möglich ist, den Bildschirm 1 bis 2 Meter vom Fenster entfernt aufzustellen, ist dies aufgrund des starken Abfalls der Beleuchtungsstärke zum Rauminneren hin meist ausreichend.
- Störlichtblenden können bei Montage oberhalb und seitlich des Bildschirms den Lichteinfall vom Fenster auf den Monitor reduzieren.
- Verbesserungen bei Kontrastminderung auf dem Bildschirm, die durch Deckenlicht entstehen, können durch senkrechte Aufstellung des Bildschirms erreicht werden.

Hinweise zur Darstellung von Zeichen

Was die ausreichende Größe der auf dem Bildschirm dargestellten Zeichen anbelangt, so ist auch dies in der BGI 650 eindeutig definiert. Bei der Darstellung alphanumerischer Zeichen müssen Größe und Gestalt sowie die Abstände von Zeichen und Zeilen eine gute Lesbarkeit ermöglichen.

„Gute Lesbarkeit wird erreicht, wenn zum Beispiel

- *eine ausreichende Zahl von Bildelementen für die Darstellung eines Zeichens verwendet wird. Dies bedeutet ein Raster von mind. 7 Bildelementen x 9 Bildelementen (Breite x Höhe) für die Darstellung eines Großbuchstabens ohne Oberlänge (z. B. Großbuchstabe „E“),*
- *die Höhe der Großbuchstaben ohne Oberlänge (Zeichenhöhe) unter einem Sehwinkel zwischen 22 Bogenminuten und 31 Bogenminuten*

erscheint, d.h. auch bei einem Mindestsehabstand von 500 mm eine Höhe von 3,2 mm nicht unterschreitet,

- *die Zeichenbreite der Großbuchstaben (ausgenommen Buchstabe „l“) 70 % bis 100 % der Zeichenhöhe beträgt,*
- *die Oberlängen der Großbuchstaben (z. B. Großbuchstabe „Ü“) die Zeichenhöhe um mindestens zwei Bildelemente nach oben überschreiten,*
- *die Höhe der Kleinbuchstaben ohne Ober- und Unterlängen (z.B. Kleinbuchstabe „z“) ca. 70 % der Höhe eines Großbuchstabens ohne Oberlänge beträgt,*
- *die Höhe der Kleinbuchstaben mit Oberlänge (z. B. Kleinbuchstabe „b“) der Höhe der Großbuchstaben ohne Oberlänge entspricht,*
- *die Kleinbuchstaben mit Unterlänge (z. B. Kleinbuchstabe „q“) um mindestens zwei Bildelemente nach unten verlängert sind und diese Unterlängen unterhalb der Schreiblinie liegen,*
- *die Zeichenbreite der Kleinbuchstaben 70 % bis 100 % der Zeichenbreite der Großbuchstaben beträgt, ausgenommen die Kleinbuchstaben „f“, „l“, „j“, „I“ und „t“,*
- *die Höhe der Zahlen der Zeichenhöhe entspricht,*
- *die Strichbreite etwa 8 % bis 17 % der Zeichenhöhe beträgt,*
- *die horizontalen Zeichenabstände mind. ein Bildelement betragen,*
- *der vertikale Zeichenabstand (Zeilenabstand) zwischen Kleinbuchstaben mit Unterlänge und Großbuchstaben mit Oberlänge (z. B. zwischen Kleinbuchstabe „q“ und Großbuchstabe „Ü“) mindestens ein Bildelement beträgt,*
- *die Gestaltung der Zeichen die Möglichkeit von Verwechslungen sicher ausschließt (z. B. Null und Großbuchstabe „O“).“*

(BGI 650, 7.2.1)

8. Globethermometer / Klimasummenmaß

„[...] Arbeitsplätze mit hoher Luftfeuchte, Wärmestrahlung oder Luftgeschwindigkeit müssen gesondert betrachtet werden. Dann sind diese Klimagrößen zusätzlich einzeln oder gegebenenfalls nach einem Klimasummenmaß zu bewerten.“ (ASR A3.5, 4.1 (4))

Obwohl sich der Mensch an wechselnde Klimabedingungen akklimatisieren kann, gibt es doch einen Bereich, den Behaglichkeitsbereich, innerhalb dessen er sich am wohlsten fühlt.

Die DIN EN 13779 bezeichnet diesen Zustand der „thermischen Behaglichkeit“ als einen Zustand, der dann gegeben ist, wenn Menschen mit der Lufttemperatur, der Luftfeuchtigkeit, der Luftbewegung und Wärmestrahlung im Raum zufrieden sind und weder wärmere noch kältere, weder trockenere noch feuchtere Raumluft wünschen.

Auf Grundlage der EN ISO 7730 ist es möglich, gewisse durchschnittliche Werte des Umgebungszustandes anzugeben, bei denen sich der Mensch thermisch wohl fühlt.

Die thermische Behaglichkeit wird von 3 Hauptkomponenten beeinflusst:

1. dem Menschen selbst, d. h. durch die Art seiner Bekleidung, seines Aktivitätsgrades, der Aufenthaltsdauer im Raum,
2. durch den Raum und seine Ausstattung sowie die Abstrahlung von Wärme oder Kälte von den Umschließungsflächen (Temperatur der Wände, Fußböden und Decken),
3. durch die Lufttemperatur, Luftfeuchte, Luftgeschwindigkeit und Luftqualität, die in klimatisierten Bereichen von der Bau und Betriebsweise der raumlufttechnischen Anlage abhängen.

An Arbeitsplätzen ohne besondere Belastungen und mit leichter Tätigkeit (z.B. Büroarbeitsplätze) sind grundsätzlich folgende Grenzbereiche für die Klimafaktoren zu berücksichtigen:

- Lufttemperatur: 20° - 26°C Relative Feuchtigkeit: 30 - 70%
- Luftgeschwindigkeit: <0,15 m/s, aber Luftbewegung

In Arbeitsräumen mit höheren inneren Wärmebelastungen oder bei erhöhter körperlicher Belastung (Arbeitsschwere bzw. Energieumsatz) sind weitere Ermittlungen zur Klimabewertung erforderlich. (vgl. BGI 579)

Die analytische Bestimmung und Interpretation der thermischen Behaglichkeit erfolgt, analog zur EN ISO 7730, durch die Berechnung des PMV- und des PPD-Indexes (PMV = predicted mean vote, dt: vorausgesagtes mittleres Votum; PPD = predicted percentage of dissatisfied, dt: vorausgesagter Anteil Unzufriedener).

Dieses, aus empirischen Untersuchungen ermittelten Klimasummenmaß, wird aus den Kombinationen der Klimaparameter und des Wärmedurchgangs der Kleidung und der Aktivität ermittelt. Bei einem Wert für PMV = 0 wird das Klima in der Regel vom Menschen als thermisch neutral (behaglich) empfunden (s. Tabelle).

PMV	+3	+2	+1	+0,5	0	-0,5	-1	-2	-3
Empfinden	heiß	warm	leicht warm		neutral		leicht kühl	kühl	kalt
PPD	90%	75%	25%	10%	5%	10%	25%	75%	90%

Es gibt keinen Zustand des Raumklimas, mit dem alle Personen zufrieden sind. Der minimale PPD-Index liegt daher bei 5% Unzufriedenheit, d.h., nur 5% der befragten Personen waren mit der Klimasituation unzufrieden. In einem informativen Anhang der DIN EN ISO 7730 wird ein PPD-Index von 10 % oder $-0,5 < PMV < +0,5$ als akzeptabel empfohlen. Der PMV- und PPD-Index berücksichtigt den Einfluss des Raumklimas auf den gesamten Körper (mittleres Körperempfinden). Wenn Teile des Körpers jedoch unterschiedlichen klimatischen Belastungen ausgesetzt sind, kann ein lokales Unbehagen auftreten.

8.1. Überprüfung und Beurteilung des Raumklimas

Mit **BAPPU** ist es möglich, neben den normalen Klimaparametern Temperatur, rel. Feuchte und Luftgeschwindigkeit auch die für die PMV- und PPD-Ermittlung nötige Kugeltemperatur einfach zu ermitteln. Voraussetzung ist, dass das Globethermometer an das Gerät angeschlossen ist.

BAPPU errechnet unter Einbeziehung der Kleidungsisolation und des Energieumsatzes die PMV/PPD-Indizes (Klimasummenmaße).

Die Berechnung ist auch in der BAPPU-Standard-Software möglich. Dort können Default-Werte für Kleidungsisolation und Energieumsatz geändert und Kugeltemperaturen auch manuell eingetragen werden, falls die BAPPU-Globe Systemkomponente nicht zur Verfügung steht und Kugeltemperaturen eines anderen Gerätes vorhanden sind.

8.2. Gestaltungshinweise

Vertikaler Lufttemperaturgradient⁵: Die Differenz der Lufttemperatur zwischen Kopf und Füßen soll 2°C nicht überschreiten („kühler Kopf und warme Füße“). (vgl. Richter, W.)

Fußbodentemperatur: Zu warme als auch zu kalte Fußböden werden als unbehaglich wahrgenommen. Die Fußbodentemperatur soll zwischen 19 °C und 29 °C liegen.

Asymmetrische Wärmestrahlung:* Differenzen bei den Temperaturen der Umschließungsflächen (z.B. kalte Fensterflächen, warme Decken) können zu lokalen Unbehagen führen. Die DIN EN ISO 7730 empfiehlt daher als maximalen Unterschied zwischen einer warmen Decke und kalter Wand von maximal 5 °C oder zwischen kalter Decke und warmer Wand von maximal 10 °C.

⁵ Die EN ISO 7730 unterscheidet 3 qualitative Umgebungskategorien der thermischen Behaglichkeit. Es wird hier von der höchstmöglich zu erreichenden, d.h. < 6% Unzufriedener ausgegangen.

Zugerscheinungen: Zugluft ist eine häufige Ursache von Unbehaglichkeit bei Personen, die sich in belüfteten oder klimatisierten Räumen aufhalten. Sie hängt ab von der Höhe der Lufttemperatur, Luftgeschwindigkeit und dem Turbulenzgrad (ein Maß für die Luftverwirbelung). Sie bewirkt eine unerwünschte lokale Abkühlung des Körpers durch Luftbewegung und sollte daher vermieden werden. Mögliche Maßnahmen können sein:

- Einstellung der Zuluftdurchlässe,
- Abstimmung der Zu- und Abluftmengen,
- Einsatz von Blenden zum örtlichen Schutz vor Zugluft

(vgl. BGI 7003)

Luftfeuchte: Liegt die relative Luftfeuchte zwischen 30% und 70%, so hat sie in der Regel nur einen geringen Einfluss auf das Temperaturempfinden (Behaglichkeit).

9. Kohlenstoffdioxid (CO₂)

„Erfahrungsgemäß hat eine erhöhte CO₂-Konzentration einen negativen Einfluss auf die Aufmerksamkeitsleistung.“ (ASR A.3.6, 4.2 (2))

„Ohne Zufuhr von Außenluft ändert sich in Innenräumen mit darin beschäftigten Personen die Luftzusammensetzung. Da der Mensch Kohlendioxid (CO₂) abatmet, kann der CO₂-Gehalt der Raumluft als Maß für die Luftqualität herangezogen werden. Der Grenzwert für eine zumutbare Luftqualität wird mit 0,15 Prozent (Normalwert in der Außenluft = 0,03 Prozent) angenommen, weil ab dieser Konzentration in aller Regel der Gehalt der Luft an anderen Stoffen eine unangenehme Geruchsbelästigung bedingt. Der Sauerstoffanteil der Luft ändert sich entgegen einer weit verbreiteten Annahme hingegen nur wenig und spielt für das Befinden der Menschen in Räumen praktisch keine Rolle.“ (BGI 5018, 3.5)

Auch die ASR 3.6 zieht die CO₂ Konzentration als Qualitätsmerkmal für die Raumluft heran. Als Grenzwert werden hier 1000 ppm angegeben. Übersteigt die CO₂-Konzentration diesen Wert, müssen geeignete Maßnahmen ergriffen werden.

9.1. Überprüfung und Beurteilung der CO₂-Konzentration

Laut ASR 3.6 müssen ab einem Wert von >1000 ppm (parts per million) geeignete Maßnahmen ergriffen werden. Die Einhaltung dieses Wertes kann mit dem BAPPU-CO₂-Sensor, der als Ergänzung zum Multimessgerät **BAPPU** erhältlich ist, überprüft werden.

Laut ASR 3.6 ist bei Räumen bis zu 50 m² in der Regel eine Messstelle in ca. 1,50 m Höhe und in ca. 1 – 2 m Entfernung zu den Wänden ausreichend. Bei größeren Räumen sind gegebenenfalls mehrere Messstellen einzurichten.

Es wird empfohlen eine Langzeitaufzeichnung (optimal von 24 Stunden, mindestens jedoch von 8 Stunden) durchzuführen, um die nutzungstypische CO₂-Belastung des Raums im Zeitverlauf untersuchen zu können.

9.2. Gestaltungshinweise

Folgende in den ASR 3.6 beispielhaft genannten Maßnahmen müssen zur Verringerung der CO₂-Konzentration in der Raumluft ergriffen werden. Zusätzlich müssen die Maßnahmen, die bei einer Konzentration von 1000 – 2000 ppm ergriffen werden, in der Gefährdungsbeurteilung dokumentiert werden.

CO ₂ -Konzentration [ml/m ³] bzw. [ppm]	Maßnahmen
< 1000	Keine weiteren Maßnahmen erforderlich, sofern durch die Raumnutzung kein Konzentrationsanstieg über 1000 ppm zu erwarten ist.
1000 - 2000	<ul style="list-style-type: none"> • Lüftungsverhalten überprüfen und verbessern • Lüftungsplan aufstellen (z.B. Verantwortlichkeiten festlegen) • Lüftungsmaßnahme (z.B. Außenluftvolumenstrom oder Luftwechsel erhöhen)
> 2000	Weitergehende Maßnahmen erforderlich, zum Beispiel verstärkte Lüftung oder Reduzierung der Personenzahl im Raum

Tabelle 9.1: Übernommen aus ASR 3.6

Um eine effektive Lüftung zu gewährleisten, Lärmbelästigung von außen und dauernde Zuglufterscheinungen zu vermeiden, sollte die Stoßlüftung (mehrmütiges Öffnen der Fenster mehrmals täglich) gegenüber dauernd gekippten Fenstern bevorzugt werden. (BGI 5018, 3.5)

Hinweise zum Einsatz lüftungstechnischer Anlagen entnehmen Sie dem entsprechenden Kapitel in der BGI 5018, der ASR 3.6 oder weiteren einschlägigen Bestimmungen.

10. Kohlenstoffmonoxid

„Kohlenmonoxid verringert die maximale körperliche Leistungsfähigkeit ...“ (WHO, Leitlinien für Innenraumluftqualität: ausgewählte Schadstoffe, 2011)

Die Kohlenstoffmonoxid Messung kann helfen, Probleme, die beispielsweise durch die Außenluft an verkehrsreichen Straßen verursacht werden, zu beurteilen. Weit unterhalb einer gesundheitsgefährdenden Konzentration reichen schon geringe Mengen CO in der Raumluft aus, um das Wohlbefinden zu stören und die Leistungsfähigkeit zu verringern.

Zu den CO-Konzentrationen im Innenraum trägt maßgeblich die Außenluft, z.B. an verkehrsreichen Straßen oder in Tunneln oder Garagen bei, jedoch existieren auch im Innenraum Quellen die zu einem erhöhtem CO-Gehalt führen können. Die sind beispielsweise Gas-Herde oder Gas-Thermen, Heizungsanlagen, Kamine und Rauchen oder Passivrauchen (Bundesgesundheitsblatt (1997) S. 40).

10.1. Überprüfung und Beurteilung der CO-Konzentration

Laut TRGS 900 beträgt der Grenzwert am Arbeitsplatz für eine Belastung über 8 Stunden 30 ppm, wobei kurzzeitige höhere Expositionen (max. 4 mal 15 Minuten) von bis zu 60 ppm zulässig sind.

Aber auch längere Belastungen durch Kohlenmonoxid-Einwirkungen in geringeren Konzentrationen sind zu vermeiden, besonders bei den empfindlichen Personengruppen wie Kindern, Schwangeren, älteren Menschen und Herzkranken mit Verengung der Herzkranzgefäße.

Wir empfehlen die Überprüfung des vorhandenen Wertes anlog zur CO₂-Messung, d.h.: Bei Räumen bis zu 50 m² ist eine Messstelle in ca. 1,50 m Höhe und in ca. 1 – 2 m Entfernung zu den Wänden ausreichend. Bei größeren Räumen sind gegebenenfalls mehrere Messstellen einzurichten.

Es wird empfohlen eine Langzeitaufzeichnung (optimal von 24 Stunden, mindestens jedoch von 8 Stunden) durchzuführen, um die nutzungstypische und durch Verkehrsaufkommen verursachte CO-Belastung des Raums im Zeitverlauf untersuchen zu können.

10.2. Gestaltungshinweise

Zunächst gilt es, mögliche Quellen im Innenraum zu identifizieren und zu beseitigen (siehe oben: Gas-Herde oder Gas-Thermen, Heizungsanlagen, Kamine und Rauchen oder Passivrauchen). Durch die Außenluft verursachte CO-Konzentrationen sind zwar rückläufig, es können jedoch durch den morgend- und abendlichen Berufsverkehr deutlich höhere Werte auftreten. Es empfiehlt sich daher, in solchen Fällen die Frischluftzufuhr auf andere Zeiten zu verlegen.

11. VOC (Volatile Organic Compounds)

VOC beschreibt die Gruppe der flüchtigen organischen Verbindungen, diese können verschiedene Quellen haben, zum Beispiel: Baumaterialien, die bei Fußböden, Wänden und Decken zum Einsatz kommen sowie Farben, Lacke, Klebstoffe, Möbel und Deko-Materialien. Weitere Quellen sind Pflege-, Reinigungs- und Hobbyprodukte, Tabakrauchen, die Nahrungsmittelzubereitung und der menschliche Stoffwechsel. Auch Quellen, die von draußen über die Luft kommen sind denkbar wie zum Beispiel: Pflanzenstoffwechselprozesse, Fäulnisprozesse sowie technische Prozesse in Industrie und Gewerbe.

Als TVOC-Wert wird die Summe aller VOCs bezeichnet. Eine Betrachtung von Grenzwerten ist auf Grund des Summen-Charakters dieser Messwerte nicht sinnvoll. Dennoch eignet sich dieser Wert, in Verbindung mit der CO₂-Messung, als zusätzlicher Indikator für den allgemeinen Zustand der Innenraumluftqualität.

Normalerweise ist der VOC Anteil in der Luft sehr gering und es sind keine Beeinträchtigungen zu erwarten. Ein hoher VOC Gehalt kann jedoch zu Reizungen und Geruchsbelästigungen führen. Werden hohe VOC Werte gemessen, können folgende Fragen weiterhelfen: Gab es vor kurzer Zeit Renovierungs- und/oder Instandsetzungsarbeiten, energetische Sanierungen, ist die Belastung über die Außenluft möglich, wie wird gelüftet und wie ist der zeitliche Verlauf der Beschwerden? (vgl. Bundesgesundheitsblatt 2014)

11.1. Überprüfung und Beurteilung von TVOC

TVOC-Konzentrationen eignen sich nicht als alleiniges Kriterium für eine gesundheitliche Bewertung, sondern sind sie vielmehr als Indikator für die Gesamtsituation und die eventuelle Notwendigkeit gezielter Einzelstoffbetrachtungen anzusehen. (vgl. Bundesgesundheitsblatt 1999 · 42: 270–278)

In einigen Fällen besteht eine Korrelation zwischen CO₂ und VOC und auch kann die Stoffbelastung in beiden Fällen durch identische Maßnahmen, wie beispielsweise Frischluftzufuhr, gesenkt werden. Jedoch lassen sich unterschiedliche Ursachen der Belastung nur durch separate Erfassung ermitteln. Hierzu wird der TVOC-Indikator in der Beurteilung der Raumlufqualität herangezogen.

In vielen Fällen wird eine Zunahme der TVOC (und somit auch eine Zunahme von CO₂) mit einer Zunahme der im Raum befindlichen Menschen einhergehen. Die Beurteilung der Raumlufqualität unterscheidet sich daher unter Umständen nicht von der Beurteilung eines entsprechenden CO₂-Gehaltes in der Luft.⁶

Erst durch die Erfassung deutlicher Unterschiede in den Verläufen der beiden Messwerte, kann eine mögliche Belastung von TVOC durch andere als durch den Menschen verursachten Emissionen in Betracht gezogen werden. Hierzu bietet es sich an, Vergleichsmessungen in anderen Räumen oder an der Außenluft durchzuführen.

⁶ Hierauf zielt auch die Bewertung der Raumluf mittels „CO₂-Äquivalents“ ab, wie sie von einigen Messgeräten die lediglich einen VOC-Sensor besitzen stattfindet, was hinsichtlich der Ermittlung von möglichen Quellen der Luftbelastung aber kritisch zu betrachten ist.

„Erfolgt die Innenraummessung aufgrund von Klagen über die Raumluftqualität, ist es sinnvoll, eine Parallelmessung in einem unbelasteten Vergleichsraum (Raum, in dem keine Beschwerden auftreten) durchzuführen, um raumspezifische Unterschiede zu erkennen und mögliche Quellen zu identifizieren. Der Vergleichsraum sollte möglichst in lokaler Nähe liegen und eine vergleichbare Größe und Nutzung zum belasteten Raum aufweisen. In Einzelfällen kann eine Messung der Konzentration an flüchtigen organischen Verbindungen in der Außenluft sinnvoll sein.“ (Bundesgesundheitsblatt 2014)

Je höher die TVOC-Konzentration ist, desto höher ist diese Wahrscheinlichkeit einer Belastung und desto wichtiger ist es, die Art und Konzentration von Einzelverbindungen zu ermitteln, um so ein aus Einzelverbindungen möglicherweise resultierendes Gefährdungspotential abschätzen zu können. (vgl. Bundesgesundheitsblatt 1999)

Zusammenfassend lässt sich daher festhalten, dass das Vorhandensein von VOC nicht zwingend auf eine Belastung durch Gebäude, Möbel oder Baumaßnahmen o.ä. schließen lässt. Sehr wohl aber können mit der Bewertung einer (unauffälligen) TVOC-Messung (VOC-Indikator) unter Zuhilfenahme der CO₂-Messung, aufwendige Einzelstoffmessungen vermieden werden.

11.2. Gestaltungshinweise

„Der Natur von flüchtigen Verbindungen entsprechend verringern sich die VOC-Emissionen von neu in einen Raum gebrachten Materialien, Anstrichstoffen oder Einrichtungsgegenständen im Laufe der Zeit.“ (Bundesgesundheitsblatt 1999)

„Das Ergebnis einer „ziellosen“ Messung wird in der Regel fachlich nicht bewertbar sein, kann aber vor Ort mit betroffenen Raumnutzern zu langwierigen Diskussionen führen. Entsprechend der Vielzahl von denkbaren Gründen für Innenraummessungen werden in den verschiedenen VDI-Vorschriften der Normenreihe 4300 und der Normenreihe DIN ISO 16000 auch unterschiedliche Möglichkeiten von Messzielen definiert (beispielhaft „Aufklärung der Gründe für Beschwerden der Raumnutzer“,... , „Aussage über das Verhältnis von Innen- zu Außenluft-Konzentrationen“, „Überprüfen der Lüftungssituation in einem Raum“, „Identifizierung von Quellen“, „Überprüfung der Effektivität einer Sanierung“, „Ermittlung der unter speziellen Bedingungen auftretenden Konzentrationen“ ...).“ (Bundesgesundheitsblatt 2007)

Zusammenfassend ergeben sich folgende Handlungshinweise:

Korrelieren die VOC Werte mit dem CO₂-Gehalt und dem Aufenthalt von Personen in den Räumen gelten entsprechend die Gestaltungshinweise analog zu den Hinweisen der CO₂-Messung.

Treten hohe VOC-Werte jedoch unabhängig davon auf und lassen sich einige der eingangs gestellten Fragen (z.B. Sanierung, Instandhaltung oder besteht ein andere konkreter Verdacht) positiv beantworten, empfiehlt sich ggf. eine Probenentnahme und Analyse in entsprechenden Laboren, die einzelne Stoffe analysieren und deren Konzentration in der Innenraumluft ermitteln.

12. Feinstaub (pm)

Die Beurteilung von Staubbelastungen an Arbeitsplätzen im Rahmen des Umweltschutzes erfolgt aus unterschiedlichen Rechtsbereichen heraus, so dass es hier im allgemeinem Sprachgebrauch zu Missverständnissen kommen kann.

Im Rahmen des Umweltschutzes basieren die Definitionen auf der Richtlinie über die Luftqualität und saubere Luft für Europa und werden dort abhängig von deren Größe in unterschiedliche Fraktionen eingeteilt. Unterschieden werden PM₁₀ (PM, particulate matter) mit einem maximalen Durchmesser von 10 Mikrometer (μm), PM_{2,5} und ultrafeine Partikel mit einem Durchmesser von weniger als 0,1 μm . (vgl. Umweltbundesamt)

Die Partikelfraktionen stellen keine scharfe Aufteilung der Immissionen bei einem bestimmten aerodynamischen Durchmesser dar. Vielmehr wurde versucht, das Abscheideverhalten der oberen Atemwege nachzubilden. So werden beispielsweise PM₁₀ (10 μm) Partikel mit einem aerodynamischen Durchmesser von weniger als 1 μm vollständig einbezogen, bei größeren Partikeln wird ein gewisser Prozentsatz gewertet, der mit zunehmender Partikelgröße abnimmt und bei ca. 15 μm schließlich 0 % erreicht. Technisch gesehen entspricht dies der Anwendung einer Gewichtungsfunktion (in der Fachsprache Trennkurve bzw. Trennfunktion) auf die Immissionen. Aus dem Verlauf dieser Gewichtungsfunktion leitet sich letztendlich auch die Bezeichnung PM₁₀ ab, da bei ca. 10 μm genau die Hälfte der Partikeln in die Gewichtung eingehen. Ähnlich verhält sich die sich bei PM_{2,5}, wobei die Gewichtungsfunktion steiler ist (100 % Gewichtung < 0,5 μm ; 0 % Gewichtung > 3,5 μm ; 50 % Gewichtung bei ca. 2,5 μm).

Im Bereich Arbeitsschutz wird Feinstaub als Teil der Gesamtstaubbelastung betrachtet, die, in Deutschland nach den Technischen Regeln für Gefahrstoffe (TRGS), wie andere Gefahrstoffe auch, festgelegt und überwacht wird. Die DIN EN 481 legt die Konventionen für die Staubfraktionen *alveolengängigen* Fraktion (A-Staub), *thorakalen* Fraktion sowie *einatembaren* Fraktion (E-Staub) fest. (vgl. Mattenklott, M., 2009)

Falls für einen Stoff nicht anders explizit festgelegt, gilt, wie in der TRGS 900 definiert, seit 14. Februar 2014 der allgemeine Staubgrenzwert, der für A-Staub bei $1,25 \text{ mg/m}^3$ und für E-Staub bei 10 mg/m^3 liegt.

12.1. Überprüfung und Beurteilung von pm

Für Arbeitsplätze gelten in Deutschland allgemein zunächst die Arbeitsstättenverordnung (ArbStättV) bzw. die Arbeitsstättenregeln (ASR), die die praktische Umsetzung der gestellten Anforderungen beschreiben. In Sachen Luftqualität besagt die ASR 3.6 Folgendes:

„In umschlossenen Arbeitsräumen muss gesundheitlich zuträgliche Atemluft in ausreichender Menge vorhanden sein. In der Regel entspricht dies der Außenluftqualität.“

Für bestimmte Arbeitsplätze, vor allem in Industrie und Handwerk, gelten jedoch andere Grenzwerte (da hier auch nur bestimmte Personen arbeiten dürfen). Dies sind die durch den Ausschuss für Gefahrstoffe, ausgehend aus der Gefahrstoffverordnung (GefStoffV), erarbeiteten Technischen Regeln für Gefahrstoffe (TRGS).

Es gibt eine gewisse Überschneidung der PM-Messungen aus dem Umweltbereich und den Definitionen des Arbeitsschutzes:

„Die Fraktion PM10 entspricht im Wesentlichen der in der EN 481 gegebenen Konvention für die thorakale Staubfraktion. Die Fraktion PM2,5 erfasst feinere Partikeln als die alveolengängige Staubfraktion nach EN 481, auf die sich die A-Staub-Fraktion des Arbeitsschutzes bezieht. Allerdings entspricht sie einer weiteren, in der ISO 7708 festgelegten alveolengängigen Fraktion für die sogenannte „Risikogruppe“, einen schutzbedürftigen Personenkreis aus Kindern oder kranken und geschwächten Personen. Zu beachten ist, dass diese alveolengängige Staubfraktion für die Risikogruppe im Arbeitsschutz keine Anwendung findet.“ (Mattenklott, M., 2009, S. 129)

Die alveolengängige Staubfraktion nach DIN EN 481, entspräche im Weitesten einer Staubgrößenfraktion von PM4. Die Annahmen die dieser „Umrechnung“ zu Grunde liegt ist die, dass von einer definierten mittleren Dichte der Staubpartikeln ausgegangen werden kann, um die Messwerte von einer Größenkonzentration auf eine Massenkonzentration zu überführen.

Vorerst ist die Massenkonzentration mit der Messung im BAPPU auf $1000 \mu\text{g/m}^3$ limitiert, so dass nur eine Annäherung an den in der TRGS definierten allgemeinen Staubgrenzwert, der für A-Staub bei $1,25 \text{ mg/m}^3$ liegt, also knapp

über dem Messbereich, in Bezug auf die Massenkonzentration dargestellt werden kann. Die Fraktion PM_{2,5} erfasst auch die feineren und somit leichteren als die in der alveolengängige Staubfraktion enthaltenen Partikel nach DIN EN 481. Es kann daher bei einer Konzentration unterhalb von 1000µg/m³ bei PM_{2,5} davon ausgegangen werden, dass dies auch nicht den allgemeinen Staubgrenzwert der alveolengängige Staubfraktion nach TRGS 900 überschreitet.

12.2. Gestaltungshinweise

Hier erhalten Sie deutschlandweite/weltweite Karten zur aktuellen Luftschadstoffbelastung.

Aktuelle Tagesmittelwerte Umweltbundesamt:
www.umweltbundesamt.de/

Aktuelle Mittelwerte Air Pollution in the world
www.aqicn.org/city/all/

Da der Mensch sich aber zu einem Großteil in Innenräumen aufhält, ist hier besondere Aufmerksamkeit auf mögliche Verursacher von Feinstaub zu richten, da diese die Belastung zusätzlich erhöhen können. Dies können Drucker und Kopierer sein, hier ist nicht nur Toner bei Laserdruckern von Bedeutung, sondern auch der entstehende Papierabrieb. Aber auch das Reinigungsverhalten und benutzen Reibungsmitteln, sowie die Ausstattung der Böden spielen eine Rolle bei der Feinstaubbelastung in Innenräumen. Es ist auch davon auszugehen, dass sich die Zusammensetzung des Feinstaubes in Innenräumen, von der in der Außenluft unterscheidet.

Eine Studie des DAAB und der Gesellschaft für Umwelt- und Innenraumanalytik (GUI) stellte fest, dass ein signifikanter Anstieg von Feinstaub in der Innenraumluft bei Räumen mit Glattböden vorliegt. Dies spräche für den Einsatz von Teppichböden in Innenräumen, um die Belastung mit Feinstaub zu reduzieren und damit auch die Menge von allergenen Stoffen in der Raumluft.

Egal wie die Diskussion zu Feinstaubgrenzen zu bewerten ist – weniger ist besser, insbesondere dadurch begründet, dass ohne aufwendige Verfahren die Menge und Größe der Partikel nichts über deren Toxizität aussagt.

Maßnahmen zur Vermeidung von Feinstaub im Innenräumen sind:

- am besten nass Staub wischen, kein trockenes Ausfegen
- Filter in Staubsauger einbauen
- viel lüften

- an viel befahrenen Straßen nur spät abends oder nachts lüften bzw. nicht zu Rush-Hour-Zeiten
- Drucker, Kopierer sollten entsprechend moderne Geräte mit Filtern sein
- Küchen und Kantinen sollten mit Dunstabzugshauben arbeiten

13. Literatur

ASR A3.4: Technische Regel für Arbeitsstätten: Beleuchtung. GMBI 2011.

ASR A3.5: Technische Regel für Arbeitsstätten: Raumtemperatur. GMBI 2012.

ASR A3.6: Technische Regel für Arbeitsstätten: Lüftung. GMBI 2013.

ASR A3.7: Technische Regel für Arbeitsstätten: Lärm. GMBI 2018.

BGI 650 (Version 2.0/2012-08): Bildschirm- und Büroarbeitsplätze – Leitfaden für die Gestaltung. In: Verwaltungs-Berufsgenossenschaft (VBG) gesetzliche Unfallversicherung (Hrsg.), Hamburg 2012.

BGI 5018 (Version 2.1/2011-12): Gesundheit im Büro – Fragen und Antworten. In: Verwaltungs-Berufsgenossenschaft (VBG) gesetzliche Unfallversicherung (Hrsg.), Hamburg 2012.

BGI/GUV-I 7003 (Version 2010-08): Gesund und fit im Kleinbetrieb Beurteilung des Raumklimas. Tipps für Wirtschaft, Verwaltung und Dienstleistung. In: Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung e.V. (Hrsg.), Berlin 2010.

BGI 7004 (Version 2007-01): Gesund und fit im Kleinbetrieb. Klima im Büro – Antworten auf die häufigsten Fragen. In: Hauptverband der gewerblichen Berufsgenossenschaften (Hrsg.), Sankt Augustin 2007.

Bundesgesundheitsblatt - Gesundheitsforschung - Gesundheitsschutz 1999, 42: 270–278, Berlin 1999.

Bundesgesundheitsblatt - Gesundheitsforschung - Gesundheitsschutz 2007, 50: 990–1005 Berlin 2007.

Bundesgesundheitsblatt – Gesundheitsforschung - Gesundheitsschutz 2014, 57:1002–1018, Berlin 2014.

DIN 45641: 1990-06: Mittelung von Schallpegeln, Berlin 1990.

DIN 4109:1989-11: Schallschutz im Hochbau; Anforderungen und Nachweise. Beuth, Berlin 1989

DIN EN ISO 7726:2001: Umgebungsklima - Instrumente zur Messung physikalischer Größen, Berlin 2002.

DIN EN ISO 7730:2006-05: Ergonomie der thermischen Umgebung – Analytische Bestimmung und Interpretation der thermischen Behaglichkeit durch Berechnung des PMV- und des PPD-Indexes und Kriterien der lokalen thermischen Behaglichkeit, Berlin 2006.

DIN EN ISO 9921:2004-02: Ergonomie - Beurteilung der Sprachkommunikation, Berlin 2004.

DIN EN 13779:2007-09: Lüftung von Nichtwohngebäuden – Allgemeine Grundlagen und Anforderungen an Lüftungs- und Klimaanlageanlagen und Raumkühlsysteme, Berlin 2007.

DIN EN 12464-1:2011: Licht und Beleuchtung - Beleuchtung von Arbeitsstätten – Teil 1: Arbeitsstätten in Innenräumen, Berlin 2011.

DIN EN ISO 16000-5:2007: Innenraumluftverunreinigungen – Teil 5: Probenahmestrategie für flüchtige organische Verbindungen, Berlin 2007.

DIN-Fachbericht 128:2003: Klima am Arbeitsplatz und in der Arbeitsumgebung – Grundlagen zur Klimaermittlung. In: DIN Deutsches Institut für Normung e. V. (Hrsg.), Berlin 2003.

Griefahn, B.: Bewertung der Zugluft am Arbeitsplatz. Hrsg: Schriftenreihe der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin. Forschungsbericht, Fb 828, Bremerhaven 1999.

Mattenkloft, M.; Höfert, N.: Stäube an Arbeitsplätzen und in der Umwelt - Vergleich der Begriffsbestimmungen. In: DGUV (IFA) gemeinsam mit der VDI/DIN-Kommission Reinhaltung der Luft (Hrsg.): Gefahrstoffe - Reinhaltung der Luft 69 (2009) Nr. 4, S. 127-129, 2009

Richter, W.: Sommerlicher Kühlbetrieb. In: Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (Hrsg.): Handbuch der thermischen Behaglichkeit, Dortmund 2007.

Umweltbundesamt: <https://www.umweltbundesamt.de/themen/luft/luftschadstoffe/feinstaub>, abgerufen am 26.03.2019

VDI 2058 Blatt 2:1988-06: Beurteilung von Lärm hinsichtlich Gehörgefährdung, Berlin 1988.

VDI 2569: Schallschutz und akustische Gestaltung im Büro.

Kommentierte Gestaltungshinweise zur Büroarbeit. Version 03/2023

Bei Fragen oder Anregungen wenden Sie sich bitte an:

ELK GmbH Ingenieurbüro für Elektronik

Elektronische Systeme und Softwaretechnik

Gladbacher Straße 232

D-47805 Krefeld

Tel.: 02151 788 86-01

Fax: 02151 788 86-02

info@bappu.de

www.bappu.de



**Das Multimessgerät für
die Arbeitsplatzanalyse**

Der Maßstab für die Arbeitsplatzanalyse

Die vorliegende Broschüre wurde vom Ingenieurbüro ELK GmbH als Orientierung bei der Gestaltung von Bildschirmarbeitsplätzen entwickelt.

Normen und Sollwerte können sich analog zum Forschungsstand und zur aktuellen Rechtslage ändern. Dies wird in den einschlägigen Richtlinien, Kommentaren und Gesetzestexten festgelegt. Für die Vollständigkeit und Richtigkeit des Inhaltes übernimmt das Ingenieurbüro ELK GmbH daher keine Gewährleistung.



ELK GmbH - Ingenieurbüro für Elektronik
Elektronische Systeme und Softwaretechnik
Gladbacher Str. 232 • 47805 Krefeld • Germany
fon: +49 2151 788 86-0 • fax: +49 2151 788 86-02
www.elk.de • info@elk.de

BAPPU ist eine Marke der ELK GmbH