



Baden-Württemberg

MINISTERIUM FÜR LANDESENTWICKLUNG UND WOHNEN

Nachhaltiges Bauen in Baden-Württemberg (N!BBW)

Nachhaltigkeitskriterien im staatlich geförderten Hochbau in Baden-Württemberg

Nachhaltigkeitskriterium 10 (NAKR 10) Qualitätskontrolle

Wichtiger Hinweis

Die Nachhaltigkeitskriterien NAKR 1 bis NAKR 10 beziehen sich teilweise auf gesetzliche Anforderungen. Die gesetzlichen Anforderungen sind aufgrund der Überführung in Einzelkriterien systembedingt nicht zwingend vollständig wiedergegeben und aus technischen Gründen auch nicht zwingend aktuell.

Bei der Errichtung oder Änderung baulicher Anlagen müssen auf jeden Fall die aktuellen gesetzlichen Anforderungen eingehalten werden.

Nachhaltigkeitskriterium 10 (NAKR 10)

Qualitätskontrolle

- B. Technischer Leitfaden
- C. Nachweisformular
- D. Berechnungshilfe
- E. Prüfungscheckliste

B. Technischer Leitfaden

1. Ziel und Intention

Über Messungen zur Gebäudequalität soll die erwartete Güte des Bauwerks bestätigt werden bzw. sollen Mängel am Bauwerk und Risiken aus dem Bauwerk möglichst ausgeschlossen werden.

Die Überprüfung von Gebäudequalitäten ist angeraten, da einerseits die Planungsansätze nicht alle Praxisanwendungen abdecken können und andererseits die Bauausführung nicht immer exakt mit der Planung übereinstimmt. In der Nutzung können Baumängel zu Mehrkosten und Unbehaglichkeit führen.

Durch die Feststellung ausgewählter Ist-Qualitäten können vorliegende Mängel rechtzeitig erkannt und beseitigt werden.

2. Erläuterung

Es werden Messungen durchgeführt, die eine Bewertung der Qualität der Planung und Bauausführung aus energetischer bzw. bauphysikalischer, gesundheitlicher und akustischer Sicht ermöglichen.

Luftdurchlässigkeit der Gebäudehülle

Die Luftdurchlässigkeit der Gebäudehülle wird mit einem Differenzdrucktest (z. B. Blower-Door-Test) bestimmt. Im Gebäude werden, unter genormten Bedingungen, abwechselnd Überdruck und Unterdruck erzeugt. Der dadurch entstehende Luftabfluss oder Luftzufluss über die Gebäudehülle wird gemessen und mit Kennwerten verglichen.

Innenraumlufthqualität

Die Verwendung schadstofffreier und schadstoffarmer Bauprodukte in Innenräumen soll eine schadstoffarme Innenraumlufthqualität sicherstellen. Indikatoren für den Schadstoffgehalt in der Raumlufth sind u.a. die Gehalte an TVOC und Formaldehyd. TVOC (Total Volatile Organic Compounds) ist als die Summe flüchtiger organischer Verbindungen definiert. Das sind kohlenstoffhaltige Stoffe, die schon bei niedrigen Temperaturen als Gas vorliegen. Dazu gehört auch Formaldehyd. TVOC-Konzentrationen ab 1.000 µg/m³ können beeinträchtigende oder sogar gesundheitsschädigende Wirkungen hervorrufen und sind laut Bekanntmachung des Umweltbundesamtes [1] hygienisch bedenklich. Bei solchen Konzentrationen häufen sich die Fälle von Beschwerden und Geruchswahrnehmungen, so dass in solchen Fällen eine Nutzung der Räume allenfalls befristet empfohlen werden kann.

Raumakustische Qualität

Eine hinreichende raumakustische Qualität soll über NAKR 3 durch rechnerische raumakustische Nachweise erreicht werden. Die Umsetzung der Berechnungen in planerische und bauliche Maßnahmen kann durch die Messung der Nachhallzeit überprüft werden.

Bei Modernisierungen müssen zusätzlich folgende Qualitäten nachgewiesen werden.

Wärmebrücken

Die Verbesserung der Luftdichtheit in Verbindung mit der nur teilweisen oder begrenzten Dämmung aller Außenbauteile, kann zu Wärmebrücken und in deren Folge zu Schimmelpilzbildung und Tauwasserausfall führen. Die Überprüfung der Wärmebrückenfreiheit mittels Thermografie ist sowohl aus energetischer Sicht zur Verminderung von Heizwärmeverlusten, aus bautechnischer Sicht zur Verhinderung von Durchfeuchtung und Korrosion als auch aus gesundheitlicher Sicht zur Verhinderung von Schimmelpilzen an Bauteiloberflächen sinnvoll.

Mit Hilfe von Thermografie-Aufnahmen können Schwachstellen lokalisiert und Schlussfolgerungen für die Beseitigung gezogen werden.

Nachhaltigkeitskriterium 10: Qualitätskontrolle

Rückbau und Entsorgung der Altsubstanz

Im Rahmen von Modernisierungsmaßnahmen erfolgt in der Regel auch der Rückbau und die Entsorgung bestehender Bauteile und Bauteilschichten. Die Bauteile können mit Schadstoffen belastet sein. In diesem Fall müssen sie im NAKR 9 unter „Schadstoffe in der Altsubstanz“ erfasst werden.

Darüber hinaus ist die fachgerechte Entsorgung auch der nicht kontaminierten Bauteile eine wichtige Nachhaltigkeitsqualität. Die Nachweisführung erfolgt mittels Zuordnung zu den Schlüsselnummern der Abfallverzeichnis-Verordnung (AVV).

3. Durchführung

3.1 Messung der Luftdurchlässigkeit der Gebäudehülle

Es ist die Luftdurchlässigkeit der Gebäudehülle nach DIN EN 13829:2001-02 (Verfahren B) zu messen. Für Gebäude mit einem Nettoinnenraumvolumen bis 1.500 m³ wird die Luftwechselrate n₅₀ [h⁻¹] ermittelt. Für Gebäude mit einem Nettoinnenraumvolumen über 1.500 m³ wird die Luftdurchlässigkeit q₅₀ [m·h⁻¹] ermittelt.

Die Messergebnisse müssen die Anforderungen der folgenden Tabelle erfüllen. In der Tabelle beschreibt der Regelfall sowohl Wohngebäude als auch Nichtwohngebäude.

	Anforderung
Luftwechselrate n₅₀ bei Gebäuden mit einem Innenraumvolumen ≤ 1.500 m³	
- Gebäude ohne raumluftechnische Anlagen	≤ 1,5 h ⁻¹
- Gebäude mit raumluftechnischen Anlagen	≤ 1,0 h ⁻¹
Luftdurchlässigkeit q₅₀ bei Gebäuden mit einem Innenraumvolumen > 1.500 m³	≤ 2,5 m · h ⁻¹

Tabelle 1: Anforderungen der Luftdurchlässigkeitsmessung

3.2 Messung der Innenraumluftqualität

Es ist eine Innenraumluftmessung von einer nach EN ISO/IEC 17025 für das Sachgebiet Innenraumluftmessungen akkreditierten Messstelle durchzuführen, bei der sowohl der TVOC-Gehalt als auch der Formaldehyd-Gehalt in der Raumluft nach DIN (EN) ISO 16000 gemessen wird.

Folgende Anforderungen sind anzustreben:

- TVOC-Gehalt ≤ 1.000 µg/m³
- Formaldehyd-Gehalt ≤ 60 µg/m³

Die Messung erfolgt in ausgewählten Räumen gemäß Tabelle 2 bis spätestens 4 Wochen nach Fertigstellung der Räume. Die Fertigstellung wird als der Zeitpunkt definiert, zu dem alle Arbeiten der baulichen und haustechnischen Gewerke, einschließlich der Inbetriebnahme von Lüftungsanlagen, beendet sind. Die Messung ist ohne die lose Möblierung des Raumes unter üblichen Nutzungsbedingungen durchzuführen.

Die Anzahl der Messräume ist für jede Hauptnutzung (Büro, Unterricht, Pflege, u.a.) nach dem jeweiligen Ausstattungstyp der Räume ohne Berücksichtigung der losen Möblierung zu bestimmen. Für die Messung sind repräsentative Räume auszuwählen.

Die Anforderungswerte für TVOC (1 mg/m³) und Formaldehyd (0,06 mg/m³) sind Leitwerte der Innenraumluftqualität, herausgegeben vom Ausschuss für Innenraumrichtwerte am Umweltbundesamt.

Bei Überschreitung der Leitwerte ist die Innenraumluft hygienisch bedenklich und es sollte unbedingt gehandelt werden. Ein hygienisch unbedenklicher Zustand wäre unter 0,3 mg/m³

Nachhaltigkeitskriterium 10: Qualitätskontrolle

gegeben.

Die Auswertung von Messungen im Rahmen von Gebäudezertifizierungen nach BNB (Bewertungssystem Nachhaltiges Bauen des Bundes) ergab, dass eine Unterschreitung von 1,0 mg/m³ bei ca. 95 % und von 0,3 mg/m³ bei ca. 50 % der Gebäude erreicht wurde.

Für Formaldehyd, welches auch ein VOC ist, hat der Ausschuss für Innenraumrichtwerte (AIR) im Jahr 2016 einen Richtwert I (Vorsorgewert) in Höhe von 0,1 mg/m³ Innenraumluft abgeleitet. Messungen haben ergeben, dass Gebäude mit einem geringen Anteil an Holzwerkstoffen auch 0,03 mg/m³ erreichen können. Hauptverursacher des Formaldehyds sind Holzwerkstoffe und textile Bodenbeläge.

Raumluftmessungen müssen für alle Räume mit Aufenthaltsqualität erfolgen.

Anzahl der Räume vergleichbarer Ausstattung (Ausstattungstyp)	Anzahl der zu messenden Räume pro Ausstattungstyp
1 - 10	1
11 - 40	2
41 - 80	3
> 80	4

Tabelle 2: Anzahl der Messräume

Merkmale eines Ausstattungstyps

Lüftungsart 1: Fensterlüftung
 Lüftungsart 2: anteilig/vollständig mechanische Lüftung

Bodenbelag 1: Textilbelag
 Bodenbelag 2: Linoleum, Kautschuk
 Bodenbelag 3: Parkett
 Bodenbelag 4: Epoxidharz-, Polyurethan-Beschichtung

Wandbelag 1: Farbanstrich
 Wandbelag 2: mindestens 40 % der Wandfläche ist mit Holz bekleidet

Deckenbelag 1: Farbanstrich
 Deckenbelag 2: mindestens 80 % der Deckenfläche ist mit Holz bekleidet

3.3 Messung der Raumakustik von Innenräumen

Zur Überprüfung der Wirksamkeit planerischer und baulicher Maßnahmen für eine akzeptable Raumakustik gemäß NAKR 3 muss die Nachhallzeit nach dem Standardverfahren von DIN EN ISO 3382-2 in kritischen Räumen für die Frequenzen 125, 250, 500, 1.000, 2.000 und 4.000 Hz gemessen werden. Kritische Räume liegen vor, wenn im NAKR 3 die Anforderungen für die Nachhallzeit rechnerisch nicht erfüllt wurden.

3.4 Überprüfung von Wärmebrücken

Die Überprüfung der Wärmebrückenfreiheit nach der Bauausführung kann nur messtechnisch erfolgen. Eine einfache Methode ist die Thermografie, bei der die Temperaturverteilung auf der Bauteiloberfläche ermittelt wird. Bei der Messung wird die Intensität der Infrarotstrahlung, die von einem Punkt ausgeht, als Maß für dessen Temperatur gedeutet. Eine Wärmebildkamera wandelt die für das menschliche Auge unsichtbare Infrarotstrahlung in elektrische Signale um. Daraus erzeugt die Kamera ein Bild in Falschfarben.

In der Regel werden hohe Oberflächentemperaturen in rot und niedrige Oberflächentemperaturen in blau dargestellt. Die rote Farbgebung signalisiert einen höheren Wärmedurchgang durch das Bauteil. Zur Thermografie-Messung und Deutung der farbigen Bilder wird Erfahrung benötigt, die i.d.R. Energieberater und Bauphysiker besitzen. Daher müssen die Thermografie-Aufnahmen von einem entsprechenden Fachplaner/Gutachter gemacht und ausgewertet werden.

Nachhaltigkeitskriterium 10: Qualitätskontrolle

3.5 Rückbau und Entsorgung der Altsubstanz

Die Dokumentation der rückgebauten und fachgerecht entsorgten Bauteile erfolgt über eine mengen- und kostenmäßige Erfassung sowie die Zuordnung der entsprechenden Schlüsselnummer gemäß Abfallverzeichnis-Verordnung.

4. Nachweise

Folgende Dokumente sind vorzuhalten:

Nachweisformular

- Ergebnisse der Messung der Luftdurchlässigkeit der Gebäudehülle nach DIN EN 13829
- Ergebnisse der Messungen der Innenraumluftverunreinigungen nach DIN (EN) ISO 16000
- Ergebnisse der Messungen der Nachhallzeit gemäß dem Standardverfahren nach DIN EN ISO 3382-2 (bei Nichteinhaltung der Anforderungen für die Nachhallzeit im NAKR 3)
- Bestätigungen der jeweiligen Sachverständigen

Luftdurchlässigkeitsmessung

Der Bericht und die Ergebnisse der Luftdurchlässigkeitsmessung sind vorzuhalten.

Innenraumlufmessungen

Der Bericht und die Ergebnisse der Innenraumlufmessungen sind vorzuhalten.

Nachhallzeit-Messungen (bei Nichteinhaltung der Anforderungen für die Nachhallzeit im NAKR 3)

Der Bericht und die Ergebnisse der Nachhallzeit-Messungen sind vorzuhalten.

Wärmebrücken

Bericht zur Thermografie-Messung mit Thermografie-Aufnahmen von der Gebäudehülle sowie aller Bauteile, die beheizte Räume umschließen.

Rückbau und Entsorgung der Altsubstanz

Entsorgungsnachweise (jeweils Rechnung mit Lieferschein) für die nicht kontaminierten Bauteile, die bei Modernisierungen zurückgebaut und entsorgt wurden.

5. Externe Datengrundlagen

- [1] Bekanntmachung des Umweltbundesamtes: Beurteilung von Innenraumluftkontaminationen mittels Referenz- und Richtwerten; Bundesgesundheitsblatt – Gesundheitsforschung – Gesundheitsschutz 7 · 2007, S. 990 - 1005
- [2] DIN EN ISO 9972:2018-12, Wärmetechnisches Verhalten von Gebäuden – Bestimmung der Luftdurchlässigkeit von Gebäuden – Differenzdruckverfahren
- [3] DIN ISO 16000-3:2013-01, Innenraumluftverunreinigungen – Teil 3: Messen von Formaldehyd und anderen Carbonylverbindungen in der Innenraumluft und in Prüfkammern – Probenahme mit einer Pumpe
- [4] DIN ISO 16000-4:2012-11, Innenraumluftverunreinigungen – Teil 4: Bestimmung von Formaldehyd – Probenahme mit Passivsammlern
- [5] DIN EN ISO 16000-5:2007-05, Innenraumluftverunreinigungen – Teil 5: Probenahmestrategie für flüchtige organische Verbindungen (VOC)
- [6] DIN ISO 16000-6:2020-08, Innenraumluftverunreinigungen – Teil 6: Bestimmung organischer Verbindungen (VVOC, VOC, SVOC) in Innenraum- und Prüfkammerluft durch aktive Probenahme auf Adsorptionsröhrchen, thermischer Desorption und Gaschromatographie mit MS oder MS FID
- [7] DIN EN ISO 3382-2:2008-09, Akustik – Messung von Parametern der Raumakustik – Teil 2: Nachhallzeit in gewöhnlichen Räumen
- [8] DIN EN ISO/IEC 17025:2018-03, Allgemeine Anforderungen an die Kompetenz von Prüf- und Kalibrierlaboratorien
- [9] Verordnung über das Europäische Abfallverzeichnis (Abfallverzeichnis-Verordnung - AVV), 04.03.2016

C. Nachweisformular

1. Gebäudedaten

Gebäudespezifische Daten	
Projektbezeichnung	.....
Gebäudetyp	.....

2. Luftdurchlässigkeitsmessung

Tragen Sie die Messergebnisse ein.

Ergebnisse der Luftdurchlässigkeitsmessung	Anforderung
Luftwechselrate n_{50} bei Gebäuden mit einem Innenraumvolumen $\leq 1.500 \text{ m}^3$	
- Gebäude ohne raumluftechnische Anlagen: h^{-1}	$\leq 1,5 \text{ h}^{-1}$
- Gebäude mit raumluftechnischen Anlagen: h^{-1}	$\leq 1,0 \text{ h}^{-1}$
Luftdurchlässigkeit q_{50} bei Gebäuden mit einem Innenraumvolumen $> 1.500 \text{ m}^3$	
..... $\text{m} \cdot \text{h}^{-1}$	$\leq 2,5 \text{ m} \cdot \text{h}^{-1}$

3. Innenraumlufmessungen

Tragen Sie die Messergebnisse ein.

Ergebnisse der Innenraumlufmessungen	
TVOC-Konzentration	
Beschreibung Raumausstattung	Messergebnis
.....	$\mu\text{g}/\text{m}^3$
.....	$\mu\text{g}/\text{m}^3$
.....	$\mu\text{g}/\text{m}^3$
.....	$\mu\text{g}/\text{m}^3$
.....	$\mu\text{g}/\text{m}^3$
.....	$\mu\text{g}/\text{m}^3$

Nachhaltigkeitskriterium 10: Qualitätskontrolle

Anforderung	ja	nein
Alle TVOC-Konzentrationen sind $\leq 1.000 \mu\text{g}/\text{m}^3$.		

Formaldehyd-Konzentration	
Beschreibung Raumausstattung	Messergebnis
.....	..... $\mu\text{g}/\text{m}^3$
.....	..... $\mu\text{g}/\text{m}^3$
.....	..... $\mu\text{g}/\text{m}^3$
.....	..... $\mu\text{g}/\text{m}^3$
.....	..... $\mu\text{g}/\text{m}^3$
.....	..... $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Anforderung	ja	nein
Alle Formaldehyd-Konzentrationen sind $\leq 60 \mu\text{g}/\text{m}^3$.		

4. Nachhallzeit-Messungen
 (bei Nichteinhaltung der Anforderungen für die Nachhallzeit im NAKR 3)

Tragen Sie die Messergebnisse ein.

Ergebnisse der Nachhallzeit-Messungen		
Nachhallzeit		
Raumtyp	Messergebnis T [s]	T _{Soll} [s] nach NAKR 3
Bürräume
Laborräume
Kantinen
Besprechungsräume
Versammlungsräume
Gruppenräume (Kita)
Unterrichtsräume
Musikräume
Sporträume

Anforderung	ja	nein
Alle gemessenen Nachhallzeiten T sind kleiner oder gleich T _{Soll} .		

5. Überprüfung von Wärmebrücken

Prüfung mittels Thermografie	ja	nein
Es liegen keine Wärmebrücken vor.		
<u>Bei Modernisierungen:</u> Es wird eine energetische Sanierung der betroffenen Bauteile durchgeführt.		

6. Rückbau und Entsorgung der Altsubstanz

Angaben zu den Bauteilen, die rückgebaut und entsorgt wurden

Pos.	Bauteil	Nachweisdokument	Menge	Einheit	Einheitspreis Entsorgung [€]
.....

Zuordnung gemäß Abfallverzeichnis-Verordnung (AVV)

Pos.	AVV-Schlüssel	Orientierungspreis [€]
.....

E. Prüfungscheckliste

1. Prüfung auf Vollständigkeit des Dokumenteneingangs

Folgende Dokumente liegen vor:

Nachweisunterlagen	ja	nein
Nachweisformular vollständig ausgefüllt		
Bericht über die Luftdurchlässigkeitsmessung		
Bericht über die Innenraumlufmessungen		
Bericht über die Nachhallzeit-Messungen (bei Nichteinhaltung der Anforderungen für die Nachhallzeit im NAKR 3)		
Bericht zur Thermografie-Messung liegt vor		
Entsorgungsnachweise für die nicht kontaminierten Bauteile, die bei Modernisierungen zurückgebaut und entsorgt wurden, liegen vor		

2. Prüfung durch stichprobenartige Kontrolle der Nachweise

Die im Leitfaden formulierten Anforderungen wurden eingehalten.

Luftdichtheitsmessung	ja	nein
Bei Gebäuden mit einem Innenraumvolumen $\leq 1.500 \text{ m}^3$: Die Ergebnisse zur Luftwechselrate (n_{50} -Wert) sind im Messbericht dokumentiert.		
Bei Gebäuden mit einem Innenraumvolumen $> 1.500 \text{ m}^3$: Die Ergebnisse zur Luftdurchlässigkeit (q_{50} -Wert) sind im Messbericht dokumentiert.		

Innenraumlufmessungen	ja	nein
Die Ergebnisse zur TVOC-Konzentration sind im Messbericht dokumentiert.		
Die Ergebnisse zur Formaldehyd-Konzentration sind im Messbericht dokumentiert.		

Nachhallzeit-Messungen (bei Nichteinhaltung der Anforderungen für die Nachhallzeit im NAKR 3)	ja	nein
Die Ergebnisse zu den Nachhallzeit-Messungen sind im Messbericht dokumentiert.		

Überprüfung von Wärmebrücken	ja	nein
Das Nichtvorhandensein von Wärmebrücken ist im Thermografie-Bericht dokumentiert.		

Nachhaltigkeitskriterien im staatlich geförderten Hochbau in Baden-Württemberg
Nachhaltigkeitskriterium 10: Qualitätskontrolle

Rückbau und Entsorgung der Altsubstanz	ja	nein
Die fachgerechte Entsorgung der nichtkontaminierten Bauteile, welche rückgebaut wurden, ist dokumentiert.		