

DIN EN ISO 52016-3



ICS 91.120.10

Einsprüche bis 2022-07-13

Entwurf

**Energieeffizienz von Gebäuden –
Energiebedarf für Heizung und Kühlung, Innentemperaturen sowie
fühlbare und latente Heizlasten –
Teil 3: Berechnungsverfahren für adaptive Elemente der Gebäudehülle
(ISO/DIS 52016-3:2022);
Deutsche und Englische Fassung prEN ISO 52016-3:2022**

Energy performance of buildings –
Energy needs for heating and cooling, internal temperatures and sensible and latent heat
loads –
Part 3: Calculation procedures regarding adaptive building envelope elements
(ISO/DIS 52016-3:2022);
German and English version prEN ISO 52016-3:2022

Anwendungswarnvermerk

Dieser Norm-Entwurf mit Erscheinungsdatum 2022-05-13 wird der Öffentlichkeit zur Prüfung und Stellungnahme vorgelegt.

Weil die beabsichtigte Norm von der vorliegenden Fassung abweichen kann, ist die Anwendung dieses Entwurfs besonders zu vereinbaren.

Stellungnahmen werden erbeten

- vorzugsweise online im Norm-Entwurfs-Portal von DIN unter www.din.de/go/entwuerfe bzw. für Norm-Entwürfe der DKE auch im Norm-Entwurfs-Portal der DKE unter www.entwuerfe.normenbibliothek.de, sofern dort wiedergegeben;
- oder als Datei per E-Mail an nabau@din.de möglichst in Form einer Tabelle. Die Vorlage dieser Tabelle kann im Internet unter www.din.de/go/stellungnahmen-norm-entwuerfe oder für Stellungnahmen zu Norm-Entwürfen der DKE unter www.dke.de/stellungnahme abgerufen werden;
- oder in Papierform an den DIN-Normenausschuss Bauwesen (NABau), 10772 Berlin oder Am DIN-Platz, Burggrafenstr. 6, 10787 Berlin.

Die Empfänger dieses Norm-Entwurfs werden gebeten, mit ihren Kommentaren jegliche relevanten Patentrechte, die sie kennen, mitzuteilen und unterstützende Dokumentationen zur Verfügung zu stellen.

Gesamtumfang 157 Seiten

DIN-Normenausschuss Bauwesen (NABau)

Nationales Vorwort

Dieses Dokument (prEN ISO 52016-3:2022) wurde vom Technischen Komitee ISO/TC 163 „Thermal performance and energy use in the built environment“ in Zusammenarbeit mit dem Technischen Komitee CEN/TC 89 „Wärmeschutz von Gebäuden und Bauteilen“ erarbeitet, dessen Sekretariat von SIS (Schweden) gehalten wird.

Das zuständige deutsche Normungsgremium ist der Gemeinschaftsarbeitsausschuss NA 005-12-01 GA „Gemeinschaftsarbeitsausschuss NABau/FNL/NHRS: Energetische Bewertung von Gebäuden (SpA CEN/TC 371, CEN/TC 371/WG 1, ISO/TC 163/WG 3, ISO/TC 163/WG 4 und ISO/TC 163/SC 2/WG 15)“ im DIN-Normenausschuss Bauwesen (NABau).

Um Zweifelsfälle in der Übersetzung auszuschließen, ist die englische Originalfassung beigelegt. Die Nutzungsbedingungen für den deutschen Text des Norm-Entwurfes gelten gleichermaßen auch für den englischen Text.

Für die in diesem Dokument zitierten Dokumente wird im Folgenden auf die entsprechenden deutschen Dokumente hingewiesen:

ISO 7345	siehe	DIN EN ISO 7345
ISO 7345	siehe	DIN EN ISO 10077-1
ISO 13789:2017	siehe	DIN EN ISO 13789:2018-04
ISO 52000-1	siehe	DIN EN ISO 52000-1
ISO 52016-1	siehe	DIN EN ISO 52016-1
ISO 52120-1	siehe	DIN EN ISO 52120-1

Aktuelle Informationen zu diesem Dokument können über die Internetseiten von DIN (www.din.de) durch eine Suche nach der Dokumentennummer aufgerufen werden.

Nationaler Anhang NA (informativ)

Literaturhinweise

DIN EN ISO 7345, *Wärmeverhalten von Gebäuden und Baustoffen — Physikalische Größen und Definitionen*

DIN EN ISO 10077-1, *Wärmetechnisches Verhalten von Fenstern, Türen und Abschlüssen — Berechnung des Wärmedurchgangskoeffizienten — Teil 1: Allgemeines*

DIN EN ISO 13789:2018-04, *Wärmetechnisches Verhalten von Gebäuden — Transmissions- und Lüftungswärmetransferkoeffizient — Berechnungsverfahren*

DIN EN ISO 52000-1, *Energieeffizienz von Gebäuden — Festlegungen zur Bewertung der Energieeffizienz von Gebäuden — Teil 1: Allgemeiner Rahmen und Verfahren*

DIN EN ISO 52016-1, *Energetische Bewertung von Gebäuden — Energiebedarf für Heizung und Kühlung, Innentemperaturen sowie fühlbare und latente Heizlasten — Teil 1: Berechnungsverfahren*

DIN EN ISO 52022-3, *Energieeffizienz von Gebäuden — Wärmetechnische, solare und tageslichtbezogene Eigenschaften von Bauteilen und Bauelementen — Teil 3: Detailliertes Berechnungsverfahren zur Ermittlung der solaren und tageslichtbezogenen Eigenschaften von Sonnenschutz in Kombination mit Verglasungen*

DIN EN ISO 52120-1, *Energieeffizienz von Gebäuden — Einfluss von Gebäudeautomation und Gebäudemanagement — Teil 1: Allgemeiner Rahmen und Verfahren*

– *Entwurf* –

E DIN EN ISO 52016-3:2022-06

– Leerseite –

**Energieeffizienz von Gebäuden – Energiebedarf für Heizung und Kühlung,
Innentemperaturen sowie fühlbare und latente Heizlasten – Teil 3:
Berechnungsverfahren für adaptive Elemente der Gebäudehülle
(ISO/DIS 52016-3:2022)**

Energy performance of buildings – Energy needs for heating and cooling, internal temperatures and sensible and latent heat loads – Part 3: Calculation procedures regarding adaptive building envelope elements (ISO/DIS 52016-3:2022)

Inhalt

	Seite
Europäisches Vorwort	5
Vorwort	6
Einleitung	7
1 Anwendungsbereich	13
2 Normative Verweisungen	13
3 Begriffe	14
4 Symbole, Indizes und Abkürzungen	17
4.1 Symbole	17
4.2 Indizes	18
4.3 Abkürzungen	21
5 Beschreibung des Verfahrens	21
5.1 Ergebnis des Verfahrens	21
5.2 Allgemeine Beschreibung des Verfahrens	21
6 Berechnungsverfahren	22
6.1 Ausgabedaten	22
6.2 Berechnungszeitintervall	24
6.3 Eingangsdaten	24
6.3.1 Allgemeines	24
6.3.2 Eingangsdaten eines vereinfachten adaptiven Gebäudehüllenelements	25
6.3.3 Eingangsdaten eines detaillierten adaptiven Gebäudehüllenelements	25
6.3.4 Steuerungsbezogene Eingangsdaten	27
6.3.5 Klima-Eingangsdaten	30
6.3.6 Konstanten und physikalische Daten	30
6.3.7 Eingangsdaten aus Anhang A (Anhang B)	30
6.4 Eigenschaften des adaptiven Gebäudehüllenelements	30
6.4.1 Allgemeines	30
6.4.2 Vereinfachtes oder detailliertes adaptives Gebäudehüllenelement	31
6.4.3 Eingangsdaten eines vereinfachten adaptiven Gebäudehüllenelements	32
6.4.4 Modell und Eigenschaften eines detaillierten adaptiven Gebäudehüllenelements	41
6.5 Verbindung des Modells des adaptiven Gebäudehüllenelements mit dem Modell der thermischen Zone nach ISO 52016-1	42
6.5.1 Vereinfachtes adaptives Gebäudehüllenelement	42
6.5.2 Detailliertes adaptives Gebäudehüllenelement	42
6.6 Auswahl der Steuerungsart	42
6.7 Modellierung der Steuerung des umgebungsaktivierten adaptiven Gebäudehüllenelements	43
6.8 Modellierung des Steuerungsszenarios für das aktiv steuerbare adaptive Gebäudehüllenelement	44
6.8.1 Allgemeines	44
6.8.2 Auswahl der Bedingungen und Ereignisse	44
6.8.3 Auswahl der Sensoren	46
6.8.4 Auswahl der Methoden zur Ermittlung der Bedingungen oder Ereignisse	47
6.8.5 Grundregeln für das Referenzsteuerungsszenario	57
6.8.6 Modellierung des Nutzerverhaltens	60
6.8.7 Referenzsteuerungsszenarien	61
6.9 Stündliche Berechnungsverfahren	63
6.10 Nachbearbeitung: Leistungsmerkmale	63
7 Qualitätskontrolle	64
8 Überprüfung der Konformität	65
Anhang A (normativ) Datenblatt zur Eingabe und Methodenauswahl — Vorlage	66
A.1 Allgemeines	66

A.2	Verweisungen	66
Anhang B (informativ)	Datenblatt zur Eingabe und zur Verfahrensauswahl — Standardauswahlmöglichkeiten	68
B.1	Allgemeines	68
B.2	Verweisungen	68
Anhang C (informativ)	Referenzsteuerungsszenarien für adaptive Gebäudehüllenelemente mit aktivem Sonnenschutz oder chromogener Verglasung	70
Literaturhinweise		83

Bilder

Bild 1 — Verschiedene Zustände eines adaptiven Gebäudehüllenelements mit umgebungsaktivierter chromogener Verglasung	35
---	----

Tabellen

Tabelle 1 — Position dieses Dokuments (hier M2-5 and M2-8) innerhalb der modularen Struktur des EPB-Normenpakets	9
Tabelle 2 — Symbole	17
Tabelle 3 — Für dieses Dokument geltende Indizes aus ISO 52016-1	19
Tabelle 4 — Zusätzliche Indizes	20
Tabelle 5 — Abkürzungen	21
Tabelle 6 — Ausgangsdaten: Leistungskennzahlen des adaptiven Gebäudehüllenelements im Vergleich zu einem Referenzelement	23
Tabelle 7 — Eingangsdaten für die thermischen, tageslichttechnischen und solaren Eigenschaften eines vereinfachten adaptiven Gebäudehüllenelements	25
Tabelle 8 — Eingangsdaten für die thermooptischen Eigenschaften der Komponenten eines detaillierten adaptiven Gebäudehüllenelements	26
Tabelle 9 — Eingangsdaten für die strömungstechnischen Eigenschaften eines adaptiven Gebäudehüllenelements mit aktiv belüftetem Hohlraum	27
Tabelle 10 — Lüftungsmodi für adaptive Gebäudehüllenelemente mit aktiv belüftetem Hohlraum	27
Tabelle 11 — Lüftungsart für adaptive Gebäudehüllenelemente mit aktiv belüftetem Hohlraum	27
Tabelle 12 — Steuerungsart	27
Tabelle 13 — Liste der Zustände	28
Tabelle 14 — Liste der für die Steuerung verwendeten Sensoren	28
Tabelle 15 — Angewandte Methoden zur Ermittlung der Bedingungen oder Ereignisse	28
Tabelle 16 — Steuerungsbezogene zusätzliche Eingangsdaten	29
Tabelle 17 — Zusätzliche Klima-Eingangsdaten	30
Tabelle 18 — Übliche Dimensionen von Zuständen für ein adaptives Gebäudehüllenelement mit dynamischem Sonnenschutz	33
Tabelle 19 — Grundlegende Lüftungsmodi	38
Tabelle 20 — Lüftungsart	39
Tabelle 21 — Steuerungsarten	42
Tabelle 22 — Bedingungen und Ereignisse, die für die Steuerung unterschieden werden, mit Bezeichnen	45
Tabelle 23 — Mögliche Sensoren für die Steuerung	46
Tabelle 24 — Methoden zur Ermittlung der Bedingungen und Ereignisse für die Tages- oder Nachtzeit (DAY MODE)	48
Tabelle 25 — Methoden zur Ermittlung der Bedingungen und Ereignisse für den Heiz-, Neutral- oder Kühlbetrieb der thermischen Zone (HC MODE)	49
Tabelle 26 — Methoden zur Ermittlung der Bedingungen und Ereignisse für die Betriebstemperatur der thermischen Zone (TINT MODE)	50

Tabelle 27 — Methoden zur Ermittlung der Bedingungen und Ereignisse für die Höhe der solaren Bestrahlungsstärke oder Beleuchtungsstärke (RAD MODE)	51
Tabelle 28 — Methoden zur Ermittlung der Bedingungen und Ereignisse für die Belegung (OCC MODE)	53
Tabelle 29 — Methoden zur Ermittlung der Bedingungen und Ereignisse für das Auftreten von Blendung (GLARE MODE)	54
Tabelle 30 — Methoden zur Ermittlung der Bedingungen und Ereignisse für geringes Tageslicht (DAYL-MODE)	56
Tabelle 31 — Methoden zur Ermittlung der Bedingungen und Ereignisse für die Wärmeflussrichtung (HFLW MODE)	57
Tabelle 32 — Grundscheema für die Referenzsteuerungsszenarien tagsüber und bei belegten Räumen mit wachen Bewohnern	59
Tabelle 33 — Für die Referenzsteuerungsszenarien festgelegte Parameterwerte	62
Tabelle 34 — Standard-Grundscheema, adaptive Gebäudehüllenelemente mit aktiv belüftetem Hohlraum; manuelle oder automatische Steuerung	63
Tabelle A.1 — Verweisungen	66
Tabelle B.1 — Verweisungen	68
Tabelle C.1 — Referenzsteuerungsszenario 1	71
Tabelle C.2 — Referenzsteuerungsszenario 2	72
Tabelle C.3 — Referenzsteuerungsszenario 3	74
Tabelle C.4 — Auswahl des Steuerungsszenarios 4	75
Tabelle C.5 — Referenzsteuerungsszenario 5	76
Tabelle C.6 — Referenzsteuerungsszenario 6	78
Tabelle C.7 — Referenzsteuerungsszenario 7	80
Tabelle C.8 — Referenzsteuerungsszenario 8	81

Europäisches Vorwort

Dieses Dokument (prEN ISO 52016-3:2022) wurde vom Technischen Komitee ISO/TC 163 „Thermal performance and energy use in the built environment“ in Zusammenarbeit mit dem Technischen Komitee CEN/TC 89 „Wärmeschutz von Gebäuden und Bauteilen“ erarbeitet, dessen Sekretariat von SIS gehalten wird.

Dieses Dokument ist Teil eines Normenpakets für die Energieeffizienz von Gebäuden und das als „EPB-Normenpaket“ bezeichnet wird. Das grundlegende EPB-Normenpaket wurde im Rahmen eines Mandats (Mandat M/480, siehe Referenz [EF1] unten) erarbeitet, den die Europäische Kommission und die Europäische Freihandelszone CEN erteilt haben, und unterstützen grundlegende Anforderungen der EU-Richtlinie 2010/31/EU zur Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden (EPBD, [EF2]). Dieses Dokument füllt eine Lücke in der ursprünglichen Reihe.

Wenn diese Norm im Kontext nationaler oder regionaler gesetzlicher Anforderungen verwendet wird, dürfen auf nationaler oder regionaler Ebene für diese Anwendungen Pflichtauswahlmöglichkeiten vorgegeben werden, insbesondere für die Anwendung im Rahmen der in nationales Recht umgesetzten EU-Richtlinien.

Weitere Zielgruppen sind Nutzer des freiwilligen gemeinsamen Zertifizierungssystems der Europäischen Union für die Energieeffizienz von Nichtwohngebäuden (EPBD Art. 11.9) und anderer regionaler (z. B. gesamteuropäischer) Parteien, die ihre Annahmen durch die Klassifizierung der Energieeffizienz eines Gebäudes in einem bestimmten Gebäudebestand begründen wollen.

Diese Internationale Norm annulliert und ersetzt keine andere Internationale Norm.

Entsprechend der CEN-CENELEC-Geschäftsordnung sind die nationalen Normungsinstitute der folgenden Länder gehalten, diese Europäische Norm zu übernehmen: Belgien, Bulgarien, Dänemark, Deutschland, die Republik Nordmazedonien, Estland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Kroatien, Lettland, Litauen, Luxemburg, Malta, Niederlande, Norwegen, Österreich, Polen, Portugal, Rumänien, Schweden, Schweiz, Serbien, Slowakei, Slowenien, Spanien, Tschechische Republik, Türkei, Ungarn, Vereinigtes Königreich und Zypern.

Verweisungen:

[EF1] Mandat M/480, Mandat an CEN, CENELEC und ETSI für die Ausarbeitung und Annahme von Normen für eine Methode zur Berechnung der integrierten Energieeffizienz von Gebäuden und zur Förderung der Energieeffizienz von Gebäuden, nach den Bedingungen der Neufassung der Richtlinie über die Energieeffizienz von Gebäuden (2010/31/EU) vom 14. Dezember 2010

[EF2] EPBD, Neufassung der Richtlinie über die Energieeffizienz von Gebäuden (2010/31/EU) vom 14. Dezember 2010 (jedoch überarbeitet im Jahr 2018)

Dieses Dokument ist derzeit zur parallelen Umfrage vorgelegt.

Anerkennungsnotiz

Der Text von ISO/DIS 52016-3:2022 wurde von CEN als prEN ISO 52016-3:2022 ohne irgendeine Abänderung genehmigt.

Vorwort

ISO (die Internationale Organisation für Normung) ist eine weltweite Vereinigung nationaler Normungsinstitute (ISO-Mitgliedsorganisationen). Die Erstellung von Internationalen Normen wird üblicherweise von Technischen Komitees von ISO durchgeführt. Jede Mitgliedsorganisation, die Interesse an einem Thema hat, für welches ein Technisches Komitee gegründet wurde, hat das Recht, in diesem Komitee vertreten zu sein. Internationale staatliche und nichtstaatliche Organisationen, die in engem Kontakt mit ISO stehen, nehmen ebenfalls an der Arbeit teil. ISO arbeitet bei allen elektrotechnischen Normungsthemen eng mit der Internationalen Elektrotechnischen Kommission (IEC) zusammen.

Die Verfahren, die bei der Entwicklung dieses Dokuments angewendet wurden und die für die weitere Pflege vorgesehen sind, werden in den ISO/IEC-Direktiven, Teil 1 beschrieben. Es sollten insbesondere die unterschiedlichen Annahmekriterien für die verschiedenen ISO-Dokumentenarten beachtet werden. Dieses Dokument wurde in Übereinstimmung mit den Gestaltungsregeln der ISO/IEC-Direktiven, Teil 2 erarbeitet (siehe www.iso.org/directives).

Es wird auf die Möglichkeit hingewiesen, dass einige Elemente dieses Dokuments Patentrechte berühren können. ISO ist nicht dafür verantwortlich, einige oder alle diesbezüglichen Patentrechte zu identifizieren. Details zu allen während der Entwicklung des Dokuments identifizierten Patentrechten finden sich in der Einleitung und/oder in der ISO-Liste der erhaltenen Patenterklärungen (siehe www.iso.org/patents).

Jeder in diesem Dokument verwendete Handelsname dient nur zur Unterrichtung der Anwender und bedeutet keine Anerkennung.

Für eine Erläuterung des freiwilligen Charakters von Normen, der Bedeutung ISO-spezifischer Begriffe und Ausdrücke in Bezug auf Konformitätsbewertungen sowie Informationen darüber, wie ISO die Grundsätze der Welthandelsorganisation (WTO, en: World Trade Organization) hinsichtlich technischer Handelshemmnisse (TBT, en: Technical Barriers to Trade) berücksichtigt, siehe www.iso.org/iso/foreword.html.

ISO 52016-3 wurde vom Technischen Komitee ISO/TC 163, *Thermal performance and energy use in the built environment*, Unterkomitee SC 2, *Calculation methods*, in Zusammenarbeit mit dem Europäischen Komitee für Normung (CEN) und dessen Technischem Komitee CEN/TC 89, *Wärmeschutz von Gebäuden und Bauteilen*, in Übereinstimmung mit der Vereinbarung zur technischen Zusammenarbeit zwischen ISO und CEN (Wiener Vereinbarung) erarbeitet.

Eine Auflistung aller Teile der Normenreihe ISO 52016 ist auf der ISO-Internetseite abrufbar.

Einleitung

Dieses Dokument gehört zur Familie der internationalen Normen zur Bewertung der Energieeffizienz von Gebäuden. Diese Gruppe von Normen wird im Folgenden als „EPB-Normenpaket“ bezeichnet.

Alle EPB-Normen folgen bestimmten Regeln, um Einheitlichkeit, Eindeutigkeit und Transparenz sicherzustellen.

Alle EPB-Normen sind hinsichtlich der Verfahren, der erforderlichen Eingangsdaten und der Verweisungen auf andere EPB-Normen flexibel, indem sie in Anhang A eine normative Vorlage und in Anhang B informative Standardauswahlmöglichkeiten bereitstellen.

Zur korrekten Anwendung dieses Dokuments wird in Anhang A eine normative Vorlage vorgegeben, um diese Auswahl festzulegen. Informative Standardauswahlmöglichkeiten finden sich in Anhang B.

Die wichtigsten Zielgruppen dieses Dokuments sind Architekten, Ingenieure und Regulierungsbehörden.

Weitere Zielgruppen sind Parteien, die ihre Annahmen durch die Klassifizierung der Energieeffizienz eines Gebäudes in einem bestimmten Gebäudebestand begründen wollen.

Dieses spezifische Dokument ist auch für Hersteller und Lieferanten von adaptiven Gebäudehüllenelementen wichtig.

Hintergrundinformationen, einschließlich der Begründung, Erläuterung und Demonstration der Berechnungsverfahren, finden sich in dem diesem Dokument beigelegten Technischen Bericht (ISO/TR 52016-4¹).

Die unter der Verantwortung von ISO/TC 163/SC 2 (*Thermal performance and energy use in the built environment, Calculation methods*) erarbeitete Untergruppe von EPB-Normen behandelt unter anderem:

- Berechnungsverfahren zum Gesamtenergieverbrauch und zur Energieeffizienz von Gebäuden;
- Berechnungsverfahren zur Innentemperatur in Gebäuden (z. B. ohne Raumheizung oder -kühlung);
- Indikatoren für EPB-Teil Anforderungen im Hinblick auf die Wärmeenergiebilanz und Funktionen der Baustanz;
- Berechnungsverfahren, die die Effizienz und thermische, hygrothermale, solare und sichtbare Merkmale spezifischer Teile des Gebäudes und spezifischer Bauteile und Komponenten behandeln, z. B. lichtundurchlässige Umfassungsbauteile, Bodenplatten, Fenster und Fassaden.

ISO/TC 163/SC 2 kooperiert mit anderen Technischen Komitees zu den Einzelheiten von beispielsweise Geräten, technischen Gebäudeausrüstungen und Innenumgebung.

Dieses Dokument stellt Verfahren vor, mit denen die Wirkung adaptiver Gebäudehüllenelemente bei der Berechnung des Energiebedarfs für Heizung und Kühlung, Innentemperaturen sowie fühlbarer und latenter Wärmelasten nach ISO 52016-1 berücksichtigt werden kann.

Tabelle 1 zeigt die relative Position dieses Dokuments innerhalb des EPB-Normenpakets im Kontext der in ISO 52000-1 dargelegten modularen Struktur.

ANMERKUNG 1 In ISO/TR 52000-2^[7] ist dieselbe Tabelle zu finden. Diese enthält für jedes Modul die Nummern der relevanten EPB-Normen und der begleitenden Technischen Berichte, die bereits veröffentlicht oder in Vorbereitung sind.

1 In Vorbereitung. Stand zum Zeitpunkt der Veröffentlichung: CEN ISO/WDTR 52016-4:2021.

ANMERKUNG 2 Die Module stellen EPB-Normen dar, auch wenn eine EPB-Norm mehrere Module abdecken könnte oder ein Modul von mehreren EPB-Normen abgedeckt sein könnte, beispielsweise für den Fall, dass es sowohl ein vereinfachtes als auch ein detailliertes Verfahren gibt. Siehe auch Tabelle A.1 und Tabelle B.1.

Tabelle 1 — Position dieses Dokuments (hier M2-5 and M2-8) innerhalb der modularen Struktur des EPB-Normenpakets

		Rahmennorm		Gebäude (als solches)		Technische Gebäudeausrüstung									
Unterm modul		Beschreibungen		Beschreibungen		Beschreibungen	Heizung	Kühlung	Lüftung	Befeuchtung	Entfeuchtung	Trinkwarmwasser	Beleuchtung	Gebäudeautomation und -steuerung	Photovoltaik, Wind usw.
Sub1			M1		M2		M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M11
1		Allgemeines		Allgemeines		Allgemeines									
2		Allgemeine Begriffe und Definitionen; Symbole, Einheiten und Indizes		Energiebedarf des Gebäudes	ISO 52016-3	Bedarf								a	
3		Anwendungen		(Freie) Innenraumbedingungen ohne Anlagen	ISO 52016-3	Höchstlast und Leistung									
4		Arten der Darstellung der Energieeffizienz		Arten der Darstellung der Energieeffizienz		Arten der Darstellung der Energieeffizienz									

- Entwurf -

Tabelle 1 (fortgesetzt)

Unterm modul		Rahmennorm		Gebäude (als solches)		Technische Gebäudeausrüstung									
		Beschreibungen		Beschreibungen		Beschreibungen	Heizung	Kühlung	Lüftung	Befeuchtung	Entfeuchtung	Trinkwarmwasser	Beleuchtung	Gebäudeautomation und -steuerung	Photovoltaik, Wind usw.
Sub1			M1		M2		M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M11
5		Gebäudekategorien und Gebäudegrenzen		Wärmeübertragung durch Transmission		Emission und Steuerung									
6		Gebäudebelegung und Betriebsbedingungen		Wärmeübertragung durch eindringende Luft und Lüftung		Verteilung und Steuerung									
7		Kumulation von Energieversorgungsarten und Energieträgern		Interne Gewinne		Speicherung und Steuerung									

Tabelle 1 (fortgesetzt)

Unterm modul		Rahmennorm		Gebäude (als solches)		Technische Gebäudeausrüstung									
		Beschreibungen		Beschreibungen		Beschreibungen	Heizung	Kühlung	Lüftung	Befeuchtung	Entfeuchtung	Trinkwarmwasser	Beleuchtung	Gebäudeautomation und -steuerung	Photovoltaik, Wind usw.
Sub1			M1		M2		M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M11
8		Gebäudeaufteilung		Solare Wärme- gewinne		Erzeugung und Steuerung									
9		Berechnete Energieeffizienz		Gebäuedynamik (thermisch wirksame Masse)		Lastverteilung und Betriebsbedingungen									
10		Gemessene Energieeffizienz		Gemessene Energieeffizienz		Gemessene Energieeffizienz									
11		Inspektion		Inspektion		Inspektion									

- Entwurf -

Tabelle 1 (fortgesetzt)

Untermodule		Rahmennorm		Gebäude (als solches)		Technische Gebäudeausrüstung									
		Beschreibungen		Beschreibungen		Beschreibungen	Heizung	Kühlung	Lüftung	Befeuchtung	Entfeuchtung	Trinkwarmwasser	Beleuchtung	Gebäudeautomation und -steuerung	Photovoltaik, Wind usw.
Sub1			M1		M2		M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M11
12		Arten der Darstellung von Behaglichkeit in Innenräumen				Gebäude- dema- nage- ment- systeme									
13		Äußere Umgebungsbedingungen													
14		Wirtschaftlichkeitsberechnung													
^a Die grau hinterlegten Module sind nicht anwendbar.															

1 Anwendungsbereich

Dieses Dokument stellt Verfahren für die Berechnung des Energiebedarfs für Heizung und Kühlung, Innentemperaturen sowie fühlbarer und latenter Wärmelasten nach der stündlichen Berechnungsmethode in ISO 52016-1 vor, mit Ergänzungen oder Änderungen der Berechnungen, wenn die Gebäudehülle ein oder mehrere adaptive Gebäudehüllenelemente enthält: Gebäudehüllenelemente mit adaptiven Komponenten, die entweder umgebungsbezogen oder aktiv in Abhängigkeit von bestimmten Bedingungen gesteuert werden. Das adaptive Gebäudehüllenelement ersetzt das transparente Gebäudeelement in der Berechnung nach ISO 52016-1.

Die drei in diesem Dokument behandelten Arten adaptiver Gebäudehüllenelemente sind:

- Gebäudehüllenelemente mit dynamischem Sonnenschutz;
- Gebäudehüllenelemente mit chromogener Verglasung;
- Gebäudehüllenelemente mit aktiv belüftetem Hohlraum.

Die umgebungsaktivierte Steuerung wird für Gebäudehüllenelemente mit chromogener Verglasung beschrieben, kann jedoch auch bei anderen Arten adaptiver Gebäudehüllenelemente auftreten. In diesem Fall gilt die gleiche Vorgehensweise wie bei umgebungsaktivierter chromogener Verglasung.

Dieses Dokument gilt für die Bewertung der Energieeffizienz von Gebäuden (Energie-Labels und -Ausweise), einschließlich des Vergleichs zwischen Gebäuden und der Überprüfung der Einhaltung von Mindestkriterien für die Energieeffizienz.

Das Dokument ist auch anwendbar, um den Beitrag der adaptiven Gebäudehülle zur Smartness-Bereitschaft eines Gebäudes zu bewerten.

Darüber hinaus stellt dieses Dokument Indikatoren für die Auswirkungen des adaptiven Gebäudehüllenelements auf die Leistung des Gebäudes im Vergleich zu einem Referenzgebäudehüllenelement bereit. Dieses Dokument gilt für Gebäude in der Entwurfsphase, für neue Gebäude nach der Bauphase und für bestehende Gebäude in der Nutzungsphase.

Dieses Dokument ist nicht anwendbar auf geometrisch komplexe adaptive Gebäudehüllenelemente, die nur als mehrere gekoppelte thermische Zonen modelliert werden können.

ANMERKUNG 1 Der Hintergrund für die Auswahl adaptiver Gebäudehüllenelemente wird im begleitenden Technischen Bericht, ISO/TR 52016-4 (in Vorbereitung), erläutert.

Durch die Anwendung dieses Dokuments wird jede Bestimmung in ISO 52016-1, die im Widerspruch zu diesem Dokument steht, außer Kraft gesetzt.

ANMERKUNG 2 So stehen beispielsweise einige der vereinfachten Berechnungsverfahren in ISO 52016-1, Anhang G, *Dynamische transparente Gebäudeelemente*, im Widerspruch zu den verfeinerten Verfahren in diesem Dokument.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden Dokumente werden im Text in solcher Weise in Bezug genommen, dass einige Teile davon oder ihr gesamter Inhalt Anforderungen des vorliegenden Dokuments darstellen. Bei datierten Verweisungen gilt nur die in Bezug genommene Ausgabe. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe des in Bezug genommenen Dokuments (einschließlich aller Änderungen).

ISO 7345, *Thermal insulation — Physical quantities and definitions*

ISO 9050:2003, *Glass in building — Determination of light transmittance, solar direct transmittance, total solar energy transmittance, ultraviolet transmittance and related glazing factors*

ISO 10077-1, *Thermal performance of windows, doors and shutters — Calculation of thermal transmittance — Part 1: General*

ISO 10292:1994, *Glass in building — Calculation of steady-state U values (thermal transmittance) of multiple glazing*

ISO 15099, *Thermal performance of windows, doors and shading devices — Detailed calculations [für Fenster mit streuenden Verglasungen und/oder Sonnenschutzvorrichtungen]*

ISO 52000-1, *Energy performance of buildings — Overarching EPB assessment — Part 1: General framework and procedures*

ISO 52016-1, *Energy performance of buildings — Energy needs for heating and cooling, internal temperatures and sensible and latent heat loads — Part 1: Calculation procedures*

ISO 52022-3, *Energy performance of buildings — Thermal, solar and daylight properties of building components and elements — Part 3: Detailed calculation method of the solar and daylight characteristics for solar protection devices combined with glazing*

EN 410, *Glas im Bauwesen — Bestimmung der lichttechnischen und strahlungsphysikalischen Kenngrößen von Verglasungen*

EN 673, *Glas im Bauwesen — Bestimmung des Wärmedurchgangskoeffizienten (U-Wert) — Berechnungsverfahren*

ANMERKUNG Standardverweise auf andere EPB-Normen als ISO 52000-1 sind durch die EPB-Modulcodenummer gekennzeichnet und in Anhang A (normative Vorlage in Tabelle A.1) und Anhang B (informative Standardauswahl in Tabelle B.1) angegeben.

BEISPIEL EPB-Modulcodenummer: M5-5, oder M5-5.1 (wenn Modul M5-5 unterteilt ist), oder M5-5/1 (wenn auf einen bestimmten Abschnitt der Norm verwiesen wird, der M5-5 abdeckt).

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die Begriffe nach ISO 52000-1, ISO 52016-1, ISO 9488, ISO 7345 und die folgenden Begriffe.

ISO und IEC stellen terminologische Datenbanken für die Verwendung in der Normung unter den folgenden Adressen bereit:

— ISO-Online-Browsing-Plattform: verfügbar unter <https://www.iso.org/obp>

— IEC Electropedia: verfügbar unter <http://www.electropedia.org/>

3.1

adaptives Gebäudehüllenelement

eine Gebäudehülle oder ein Teil davon (Produkt oder Baugruppe, die aus einer oder mehreren Schichten besteht; in der Regel mit transparenten Komponenten), wobei mindestens eine Schicht physikalische Eigenschaften aufweist, die in reversibler Weise als (passive, intrinsische) Reaktion auf transiente Bedingungen angepasst oder aktiv gesteuert werden können, um sich an transiente Bedingungen oder wechselnde Prioritäten anzupassen.

BEISPIEL 1 Beispiele für ein adaptives Gebäudehüllenelement:

— ein Fenster oder eine Fassade mit dynamischem Sonnenschutz (Jalousie oder Rollläden);

— ein Fenster mit chromogener Verglasung;

- ein Fenster oder eine Fassade mit einem aktiv belüfteten Hohlraum.

BEISPIEL 2 Beispiele für Bedingungen:

- externe Faktoren, wie das Klima;
- interne Anforderungen, wie diejenigen der Bewohner;
- örtliche Gegebenheiten, wie z. B. die Materialtemperatur.

BEISPIEL 3 Beispiel für physikalische Eigenschaften:

- thermisch;
- optisch;
- strukturell.

BEISPIEL 4 Beispiel für wechselnde Prioritäten:

- Minimierung des Energieverbrauchs des Gebäudes;
- Optimierung der Umgebungsbedingungen in Innenräumen;
- Minimierung von Blendungseinstrahlung;
- Maximierung der Privatsphäre.

3.2

Aktive Steuerung

Aktive Ansprechverhalten

Die relevanten Eigenschaften des adaptiven Materials oder Bauteils können sich in Abhängigkeit von bestimmten Situationen oder Ereignissen ändern, die das Ergebnis eines aktiven Eingriffs sein können.

BEISPIEL Sollwerte (Zeit, Temperatur, Luftstrom, Bestrahlungsstärke, Beleuchtungsstärke, ...), Eingriff eines Bewohners, komplexer Algorithmus

3.3

Umgebungsaktivierte Steuerung

Die relevanten Eigenschaften des adaptiven Materials oder Bauteils verändern sich passiv in Abhängigkeit von bestimmten Situationen oder Ereignissen aufgrund einer intrinsischen Eigenschaft, ohne dass ein aktives Eingreifen möglich ist.

BEISPIEL Materialtemperatur, Bestrahlungsstärke oder Beleuchtungsstärke, Sonnenstand

Anmerkung zum Begriff Auch bekannt als passive oder intrinsische Steuerung

3.4

Umgebungsabhängig aktiviertes Gebäudehüllenelement

Gebäudehüllenelement mit einer umgebungsaktivierten, adaptiven Komponente.

3.5

Aktiv steuerbares Gebäudehüllenelement

Gebäudehüllenelement mit einer aktiv steuerbaren adaptiven Komponente.

3.6

Chromogene Verglasung

Verglasung mit optischen und visuellen Eigenschaften, die sich (passiv oder aktiv) in Abhängigkeit von bestimmten Umgebungsbedingungen verändern können.

BEISPIEL

- Thermochrome Verglasung (passiv);
- Thermotrope Verglasung (passiv);
- Photochromatische Verglasung (passiv);
- Elektrochrome Verglasung (aktiv);
- Flüssigkristallverglasung (aktiv);
- Schwebstoffgerät (aktiv).

3.7

Dynamischer Sonnenschutz (Jalousie oder Rollläden)

Produkt, das eingebaut wird, um die Eigenschaften eines Fensters, einer Tür, einer Vorhangfassade oder einer Fassade, an der es angebracht ist, zu verbessern oder zu verändern, z. B. in Bezug auf die Wärmeisolierung, die Optik oder das Sicherheitsniveau.

BEISPIEL

- Innenjalousie (Jalousie, Rollo, Vertikaljalousie, Plissee-Jalousie, Wabenjalousie, ...);
- Außenjalousie (Vertikalrollo, Außenjalousie, ...);
- Integriertes Rollo (Jalousie, Rollo, ...);
- Jalousie in einer geschlossenen Hohlraumfassade (unbelüftet);
- Fensterläden (Rollläden, Flügelläden, Faltläden, ...).

[QUELLE: EN 12216:2018, 3.1; geändert — Beispiele und kleinere redaktionelle Korrekturen]

3.8

Aktiv belüfteter Hohlraum

Ein Hohlraum zwischen zwei Schichten von Verglasungen oder Jalousien, die Teil eines Gebäudehüllenelements sind, das absichtlich belüftet werden kann, um einen Wärmeaustausch zwischen der Luft und diesen Schichten oder der inneren Umgebung zu ermöglichen.

BEISPIEL Natürlich, hybrid oder mechanisch belüfteter Hohlraum

- in einer doppelschaligen Fassade;
- in einem Fenster mit integrierten Jalousien oder Rollläden;
- mit festen oder betätigten Lüftungsöffnungen.

Anmerkung zum Begriff Ein Gebäudehüllenelement mit Lüftungsöffnungen, die zur Steuerung der Lüftung des Gebäudes oder Gebäudeteils betätigt werden können, ohne dass eine thermische Wechselwirkung innerhalb des Gebäudehüllenelements selbst besteht, gilt nicht als adaptives Gebäudehüllenelement mit aktiv belüftetem Hohlraum. Dies gilt auch für die ventilative Kühlung, die eine ergänzende Möglichkeit darstellt, den Bedarf an mechanischer Kühlung zu verringern und den thermischen Komfort zu erhöhen.

3.9

Vereinfachtes adaptives Gebäudehüllenelement

ein adaptives Gebäudehüllenelement, das mit demselben (vereinfachten) Modell beschrieben wird, das zur Beschreibung eines transparenten Gebäudeelements in ISO 52016-1:2017, 6.5.7.4, verwendet wird, mit thermischen, tageslichttechnischen und solaren Eigenschaften, die für einen bestimmten Zustand vorausberechnet werden können.

3.10

Detailliertes adaptives Gebäudehüllenelement

ein adaptives Gebäudehüllenelement, das mit einem komplexeren Modell beschrieben wird als ein vereinfachtes adaptives Gebäudehüllenelement. In einem bestimmten Zustand können die thermischen, tageslichttechnischen und solaren Eigenschaften des adaptiven Gebäudehüllenelements von den Bedingungen abhängen. Diese werden in jedem Zeitintervall auf der Grundlage des Modells und der Eigenschaften der einzelnen Komponenten berechnet.

3.11

solare Beleuchtungsstärke

<in einem Punkt einer Fläche> Quotient aus dem Lichtstrom, der auf ein Element der Oberfläche, die den Punkt enthält, fällt, geteilt durch die Fläche dieses Elements

Anmerkung 1 zum Begriff: Dies wird in Lux ausgedrückt, $1 \text{ lx} = 1 \text{ lm} \cdot \text{m}^{-2}$.

[QUELLE: ISO 16817:2012, 3.14]

4 Symbole, Indizes und Abkürzungen

4.1 Symbole

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die Symbole nach ISO 52000-1 und die folgenden Symbole.

Tabelle 2 — Symbole

Symbol	Bezeichnung der Menge	Einheit
A	Fläche	m^2
α_{sol}	solarer Absorptionsgrad	—
b	Temperaturminderungsfaktor	—
C	Wärmekapazität	J/K
c	spezifische Wärmekapazität	$\text{J}/(\text{kg} \cdot \text{K})$
D	Tiefe	m
d	Dicke	m
E_v	Beleuchtungsstärke bei Tageslicht	lx
F oder f	Faktor, Anteil	—
G	Feuchtestrom	kg/s
g	Gesamtsolarenergiedurchlassgrad	—
H	Höhe	m
H	Wärmeübergangskoeffizient	W/K
H_{sol}	(akkumulierte, monatsbezogene) solare Bestrahlung	kWh/m^2
h	flächenbezogener Wärmeübergangskoeffizient	$\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$

Tabelle 2 (fortgesetzt)

Symbol	Bezeichnung der Menge	Einheit
h	(partielle) Höhe	m
h	latente Wärme	J/kg
I_{sol}	solare Bestrahlungsstärke	W/m ²
L, l	Länge	m
N	Nummer der Positionen (nur ganzzahlig)	—
Q	Wärmemenge	kWh ^a
q	Wärmestromdichte	W/m ²
q_V	Luftvolumenstrom	m ³ /h
R	Wärmedurchlasswiderstand	m ² ·K/W
T	thermodynamische Temperatur	K
T	akkumulierte Übertemperatur oder Untertemperatur	K·h
t	Zeit	s
U	Wärmedurchgangskoeffizient	W/(m ² ·K)
V	Volumen	m ³
W	Breite	m
w	(partielle) Breite	m
w	Gewichtungsfaktor	—
x	Feuchtegehalt oder Mischungsverhältnis	kg/kg trockener Luft
α_{sol}	Sonnenhöhenwinkel	°
β	Neigungswinkel	°
γ	Azimutwinkel	°
γ	Wärmebilanzverhältnis	—
δ	(Sonnen-)Deklination	°
ε	langwelliger Emissionsgrad der Oberfläche	—
θ	Temperatur	°C
φ	relative Luftfeuchte	%
φ	geographische Breite	°
φ_{sol}	Sonnenazimutwinkel	°
ρ	Dichte	kg/m ³
Φ	Wärmestrom, Heizlast, Wärmeleistung	W
^a Stunden (h) werden anstelle von Sekunden als Einheit für die Zeit verwendet, wenn ein Wärme- oder Energiestrom (W) mit der Wärme- oder Energiemenge summiert wird (kWh).		

4.2 Indizes

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die Indizes nach ISO 52000-1.

Darüber hinaus sind in Tabelle 3 die für dieses Dokument geltenden Indizes aus ISO 52016-1 aufgeführt.

ANMERKUNG Bereits in ISO 52000-1 angegebene relevante Indizes sind enthalten, sofern sie für das Verständnis des vorliegenden Dokuments notwendig sind.

Tabelle 3 — Für dieses Dokument geltende Indizes aus ISO 52016-1

Index	Begriff	Index	Begriff	Index	Begriff
a	Luft	i	intern, innen	red	reduziert
A	Geräte ^a	i,j,k,z	Kennzahlen	ri	Strahlung, intern (~r;i)
adj	angepasst	int	Interner oder Innenbereich ^c	s	Oberfläche
alt	Höhe	interm	intermittierend	se	Außenfläche
an	jährlich/ jahresbezogen	h	stündlich/ stundenbezogen	proc	Prozesse
C	Kühlung ^a	ht	Wärmeübertragung	r	Strahlung, ausstrahlend
c	Aufbau, Bauelement	HVAC	Heizung, Lüftung, Klimatisierung	re	Strahlung, extern (~r;e)
c	Konvektion, konvektiv	L	Beleuchtung ^a	set	Sollwert
calc	Berechnung	ld	Last	sh	Verschattung
ce	Konvektion, extern (~c;e)	lim	limitiert	sht	Abschluss
ci	Konvektion, intern (~c;i)	lr	Langwellen- strahlung	sol	solar
cont	fortlaufend/ kontinuierlich	ls	Verlust	spec	spezifisch
cw	Vorhangfassade	m	Monats-/monatlich	st	Zustand
d	Tür	mn	mittel	sup	Zufuhr
day	täglich	n	senkrecht zur Oberfläche	sys	System/Anlage
dif	diffus	nd	Bedarf	T	thermisch ^a
dir	direkt	nlim	unbegrenzt	t	Zeit
e	Externer oder Außenbereich ^b	noc	Leerstandszeit	tel	transparentes Bauteil
eff	wirksam	obst	Hindernisse	tot	gesamt
el	Element	oc	Nutzer	tr	Transmission (Wärmeübertragung)
fl	Geschoss	occ	Belegungszeit	u	nicht konditioniert
fr	Rahmen	oel	lichtundurch- lässiges Element	use	nutzbar
gr	Erdboden/Erdreich	OH	Überheizung/ Überhitzung	ve	Lüftung (Wärmeübertragung)
gl	Verglasung, verglastes Bauteil	op	in Betrieb, undurchsichtig	W	Warmwasser (als Energieversorgung) ^a

Tabelle 3 (fortgesetzt)

Index	Begriff	Index	Begriff	Index	Begriff
gn	Einträge	p	projiziert	w	Fenster
H	Heizung ^a	pl	Schicht, Lage, Ebene	zt	thermische Zone
^a Art der Energienutzung (Energieversorgung) ^b Der Index „e“ wird für den Begriff „extern“ als Gegensatz zu „intern“ verwendet. Wenn allerdings ein Verwechslungsrisiko zwischen „extern“ (beispielsweise) in Bezug auf eine Konstruktion im Allgemeinen und „extern“ in Bezug auf eine äußere Umgebung besteht, dann wird der Begriff „außen“ oder „Außenraum“ für den letzteren Sachverhalt empfohlen. ^c Der Index „int“ wird für den Begriff „intern“ als Gegensatz zu „extern“ verwendet. Wenn allerdings ein Verwechslungsrisiko zwischen „intern“ in Bezug auf eine Konstruktion und „intern“ in Bezug auf ein Gebäude oder eine thermische Zone besteht, dann wird der Begriff „innen“ oder „Innenraum“ für den letzteren Sachverhalt empfohlen.					

ANMERKUNG In diesem Dokument werden Indizes auf zwei Arten und Weisen mit Kennzahlen (in zählbarer Reihenfolge 1, 2 ...) versehen:

- auf ausführliche Weise: indem eine Kennzahl (z. B. *i*) dem Index hinzugefügt, durch ein Komma getrennt und kursiv geschrieben wird.

Zum Beispiel: „w,*i*“ für eine Variable in Bezug auf ein Fenster für ein Fensterelement *i*;

- auf die verkürzte Art: indem der Index selbst kursiv geschrieben wird.

Zum Beispiel: „*m*“ ist der monatsbezogene Wert der Variable für den Monat *m*;

- dies ist die kurze Form für „*m,i*“: der monatsbezogene Wert der Variable für den Monat *i*.

Wenn auch in einem solchen Fall kein Verwechslungsrisiko besteht, dann kann auch wie folgt vorgegangen werden: „*wi*“ anstelle von „w,*i*“.

Schließlich gelten die in Tabelle 4 aufgeführten Indizes.

Tabelle 4 — Zusätzliche Indizes

Index	Begriff	Index	Begriff	Index	Begriff
adapt	adaptiv	limvhigh	sehr hoher Grenzwert	st	Zustand; bei Variationen in mehr als einer Dimension: eine eindeutige Kombination von Zuständen in jeder Dimension
chro	chromogen			stA, stB, ...	Zustände einer bestimmten Variationsdimension (A, B sind Platzhalter für spezifischere Subskripte
close	geschlossen			V	visuell (Tageslicht)
limhigh	hoher Grenzwert			V	Lüftung
limlow	niedriger Grenzwert			vest	Zustand der Lüftung

4.3 Abkürzungen

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die Abkürzungen nach ISO 52000-1:2017, Abschnitt 4 und Anhang C und Tabelle 5.

Tabelle 5 — Abkürzungen

Abkürzung	Begriff
ZT	thermische Zone
AVF	Aktiv belüftete Fassade
HVAC	Heizung, Lüftung und Klimatisierung

5 Beschreibung des Verfahrens

5.1 Ergebnis des Verfahrens

Das Ergebnis der Berechnung ist das Ergebnis der stündlichen Berechnungsmethodik der ISO 52016-1, 6.1.

Ein zusätzliches Ergebnis besteht aus Leistungskennzahlen, die den Unterschied zwischen der Leistung der thermischen Zone mit dem adaptiven Gebäudehüllenelement und der Leistung der Referenz oder anderer Gebäudehüllenelemente aufzeigen.

5.2 Allgemeine Beschreibung des Verfahrens

Das Berechnungsverfahren besteht aus den folgenden Schritten:

Schritt 1:

Identifizieren der Art des adaptiven Gebäudehüllenelements (6.4).

Schritt 2:

- Wenn das adaptive Gebäudehüllenelement „vereinfacht“ ist: Erfassen der Eingangsdaten des adaptiven Gebäudehüllenelements (siehe 6.4.3).
- Wenn das adaptive Gebäudehüllenelement „detailliert“ ist: Bestimmen der Details des Modells des adaptiven Gebäudehüllenelements und Erfassen der Eingangsdaten seiner Komponenten (siehe 6.4.4).

Schritt 3:

Verbinden des Modells des adaptiven Gebäudehüllenelements mit dem Modell der thermischen Zone in ISO 52016-1 (siehe 6.5).

Schritt 4:

Auswahl des Steuerungsszenarios;

Auswahl der Steuerungsart (siehe 6.6);

BEISPIEL 1 Umgebungsaktiviert oder aktiv steuerbar (manuell, motorisiert, automatisch).

Für ein umgebungsaktiviertes, adaptives Gebäudehüllenelement (siehe 6.7);

Für ein aktiv steuerbares adaptives Gebäudehüllenelement (6.8), mit den folgenden Teilschritten:

- a) Auswahl der anwendbaren Bedingungen und Ereignisse für die Steuerung und Festlegung, welche Methoden zur Ermittlung der Bedingungen und Ereignisse anzuwenden sind (6.8.2);
- b) Auswahl der geeigneten Sensoren zur Erkennung der Bedingungen oder Ereignisse und Erfassung der zugehörigen zusätzlichen Eingangsdaten (6.8.3);

BEISPIEL 2 Sonneneinstrahlungs- oder Beleuchtungsstärkemesser; Uhr + Standort + Algorithmus zur Ermittlung des Sonnenstandes.

- c) Auswahl der Methoden zur Ermittlung der Bedingungen oder Ereignisse (6.8.4);

BEISPIEL 3 Für Tag und Nacht: gemessene Sonneneinstrahlung, berechneter Sonnenverlauf oder vorberechnete Tabelle mit Sonnenaufgang und Sonnenuntergang.

- d) Anwendung des Referenzsteuerungsszenarios (6.8.7), auf der Grundlage einer Reihe von Annahmen und Regeln (6.8.5 und 6.8.6);

BEISPIEL 4 Rollos bei hoher Sonneneinstrahlung voll ausgefahren.

- e) Und Spezifizieren der Kriterien (Werte) für die Bedingungen und Ereignisse in Abhängigkeit von Steuerungsart, Raumkategorie und anderen Faktoren (**Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.**).

Schritt 5:

Durchführung der stündlichen Berechnung nach ISO 52016-1 mit den Ergänzungen und Anpassungen von Schritt 1 bis Schritt 4 (siehe 6.9);

Schritt 6:

Nachbearbeitung des Berechnungsergebnisses (6.10).

ANMERKUNG 1 Ausführliche Beispiele werden im begleitenden technischen Bericht enthalten sein.

Die Übersichten aller Ausgangsdaten mit Angabe des möglichen Ziels (6.1) und aller Eingangsdaten mit Angabe der Quelle (6.3) ermöglichen es, die Gesamtkonsistenz zwischen verwandten EPB-Normen zu überprüfen, wenn die Ausgabe einer EPB-Norm als Vorgabe für die andere benötigt wird.

ANMERKUNG 2 Dies entspricht der gemeinsamen Vorlage für jede (EN-)ISO-EPB-Norm.

Die ersten Schritte des Berechnungsverfahrens sind allgemeiner als für die spezifischen Referenzsteuerungsszenarien erforderlich. Auf diese Weise sind die Berechnungsverfahren bereit, in einer späteren Aktualisierung auch andere, z. B. neuere und komplexere Technologien abzudecken.

6 Berechnungsverfahren

6.1 Ausgabedaten

Dieser Absatz 6.1 gibt einen Überblick über alle Ausgabedaten. Wann und wie diese Ausgabedaten erzeugt werden, ist in 6.4 bis 6.10 angegeben.

ANMERKUNG Dies entspricht der gemeinsamen Vorlage für jede (EN-)ISO-EPB-Norm. Dies ermöglicht die Überprüfung der Beziehungen der Eingangs-/Ausgangsgrößen zwischen den EPB-Normen und der Verfügbarkeit von Ausgangsdaten.

Das Ergebnis der Berechnung ist in ISO 52016-1, 6.1 (Tabelle 2 bis Tabelle 10) angegeben. Zusätzliche Ergebnisse werden in Tabelle 6 aufgeführt. Diese Tabelle listet Leistungskennzahlen, die den Unterschied zwischen der Leistung der thermischen Zone mit dem adaptiven Gebäudehüllenelement und der Leistung der Referenz oder anderer Gebäudehüllenelemente aufzeigen.

Tabelle 6 — Ausgangsdaten: Leistungskennzahlen des adaptiven Gebäudehüllenelements im Vergleich zu einem Referenzelement

Beschreibung	Symbol	Einheit	Gültigkeitsintervall ^a	Vorgesehenes Zielmodul ^b	Veränderlich ^c
Absolute Differenz des jährlichen (a) Heiz-, (b) Kühl- und (c) Heiz- und Kühlbedarfs je m ² Nutzfläche der thermischen Zone, zt	$\Delta Q_{H/C/HC;nd;zt}$	kWh/(m ² .yr)	– ∞ to ∞	M2-4	N
Relative Differenz des jährlichen (a) Heiz-, (b) Kühl- und (c) Heiz- und Kühlbedarfs je m ² Nutzfläche der thermischen Zone, zt	$dQ_{H/C/HC;nd;zt}$	%	– ∞ to ∞	M2-4	N
Absolute Differenz der jährlichen (a) niedrigen bzw. (b) hohen Temperaturen: Akkumulierte Stunden der operativen Innentemperatur der thermischen Zone zt, während Belegung unter 20 °C bzw. über 25 °C ^d	$\Delta T_{\text{niedrig/hoch;zt;an}}$	K·h	– ∞ to ∞	M2-4	N
Relative Differenz der jährlichen (a) niedrigen bzw. (b) hohen Temperaturen: Akkumulierte Stunden der operativen Innentemperatur der thermischen Zone zt, während Belegung unter 20 °C bzw. über 25 °C ^d	$dT_{\text{niedrig/hoch;zt;an}}$	%	– ∞ to ∞	M2-4	N
Mittlerer monatlicher oder jährlicher Wärmedurchgangskoeffizient oder $\underline{U}$ -Wert des adaptiven Gebäudehüllenelements w, gewichtet mit der Innen-/Außentemperatur-Differenz	$\underline{U}_{w;mn;m/an}$	W/(m ² K)	0 bis 5	M2-4	Y (M)

Tabelle 6 (fortgesetzt)

Beschreibung	Symbol	Einheit	Gültigkeitsintervall ^a	Vorgesehenes Zielmodul ^b	Veränderlich ^c
Mittlerer monatlicher oder jährlicher Solardurchlassgrad oder g-Wert des transparenten Teils des adaptiven Gebäudehüllenelements w, gewichtet mit der einfallenden Bestrahlungsstärke ^e	$g_{gl;mn;m/an}$	—	0 bis 1	M2-4	Y (M)
Mittlerer monatlicher oder jährlicher Tageslichtdurchlassgrad, τ_V des transparenten Teils des adaptiven Gebäudehüllenelements w, gewichtet mit der einfallenden Beleuchtungsstärke ^e	$\tau_{V;gl;mn;m/an}$	—	0 bis 1	M2-4	Y (M)
^a Praktischer Wertebereich, informativ. ^b Informativ. ^c „Veränderlich“: Der Wert kann sich im Laufe der Zeit verändern: Unterschiedliche Werte je Zeitintervall, beispielsweise: stundenbezogene oder monatsbezogene Werte (keine über das Jahr konstanten Werte). ^d Im Zusammenhang mit der Verbesserung der EPB-Normen werden derzeit Spezifikationen für eine Bewertung der thermischen Behaglichkeit im Winter und im Sommer auf der Grundlage von EN 16798-1 ausgearbeitet, die diesen Leistungsindikator in Zukunft ersetzen sollen. ^e mit Index gl anstelle von w für die optischen Eigenschaften, da die Tageslicht- und Solareigenschaften je m ² projizierte transparente Fläche angegeben werden.					

6.2 Berechnungszeitintervall

Die Berechnungszeiträume sind stündlich.

Werden tägliche, monatliche oder jährliche Daten benötigt, so können diese aus den stündlichen Daten aggregiert werden, indem die monatlichen Mittelwerte oder die monatlichen Gesamtwerte genommen und der dem Zeitraum entsprechende Index (d, m, an) hinzugefügt wird. Die Anzahl der Stunden je Monat kann auf die gleiche Weise aggregiert werden.

ANMERKUNG 1 Das stündliche Zeitintervall entspricht den für die Energieberechnungen benötigten Zeitintervallen und der Verfügbarkeit von stündlichen integrierten Sonneneinstrahlungsdaten. Liegen Daten über kürzere Zeiträume vor, kann die Methode auch auf kürzere Zeiträume angewendet werden.

ANMERKUNG 2 Für Blendungsprävention kann das stündliche Zeitintervall zu groß sein, was möglicherweise zu einem zu optimistischen Szenario führt. Als Abhilfemaßnahme wird ein konservatives Kriterium für das Blendungsrisiko angewandt.

Eine vereinfachte monatliche Berechnung kann auf nationaler Ebene auf der Grundlage statistischer Auswertung einer Reihe von Testfällen, die mit der stündlichen Methode berechnet wurden, entwickelt werden. Die Grundsätze für ein vereinfachtes Verfahren sind in ISO 52016-1:2017, Anhang G, enthalten.

6.3 Eingangsdaten

6.3.1 Allgemeines

Dieser Absatz 6.3 gibt einen Überblick über alle Eingangsdaten. Wann und wie diese Eingangsdaten erzeugt werden, ist in 6.4 bis 6.10 angegeben.

ANMERKUNG Dies entspricht der gemeinsamen Vorlage für jede (EN-)ISO-EPB-Norm. Dies ermöglicht die Überprüfung der Beziehungen der Eingangs-/Ausgangsgrößen zwischen den EPB-Normen und der Verfügbarkeit von Ausgangsdaten von anderen Quellen.

Die Eingangsdaten für die Berechnung nach ISO 52016-1, 6.3 sind mit den in 6.3.2, 6.3.4 und 6.3.5 angegebenen Ergänzungen zu verwenden.

6.3.2 Eingangsdaten eines vereinfachten adaptiven Gebäudehüllenelements

Die Liste der Eingangsdaten des adaptiven Gebäudehüllenelements nach ISO 52016-1, Tabelle 14, für transparente Gebäudeelemente (einschließlich Fenster oder Vorhangfassaden), gilt für die stündlichen Berechnungsverfahren mit den folgenden Abweichungen:

Die thermischen, tageslichttechnischen und solaren Eigenschaften für jeden Zustand, st wie in 6.6 angegeben, sind in Tabelle 7 aufgeführt.

Tabelle 7 — Eingangsdaten für die thermischen, tageslichttechnischen und solaren Eigenschaften eines vereinfachten adaptiven Gebäudehüllenelements

Bezeichnung	Symbol	Einheit	Gültigkeitsintervall ^a	Ursprung ^b	Veränderlich ^c
Wärmedurchgangskoeffizient des adaptiven Gebäudehüllenelements, für jeden Zustand st	$U_{w;st}$	W/(m ² ·K)	0 bis 10	M2-5	Y
Gesamter Solarenergiedurchlassgrad des transparenten Teils des adaptiven Gebäudehüllenelements, für jeden Zustand st	$g_{gl;st}$ ^d	—	0 bis 1	M2-8	Y
Tageslichtdurchlassgrad des transparenten Teils des adaptiven Gebäudehüllenelements, für jeden Zustand st	$\tau_{V;gl;st}$ ^d	—	0 bis 1	M2-8	Y
^a Praktischer Wertebereich, informativ ^b Beispielsweise EPB-Modul oder EPB-(z. B. Produkt-)Norm oder „lokal“ (Art, Geometrie) ^c „Veränderlich“: Der Wert kann sich im Laufe der Zeit verändern: unterschiedliche Werte je Zeitintervall, beispielsweise: stundenbezogene oder monatsbezogene Werte (keine über das Jahr konstanten Werte). ^d mit Index gl anstelle von w für die optischen Eigenschaften, da die Tageslicht- und Solareigenschaften je m ² projizierte transparente Fläche angegeben werden.					

ANMERKUNG Ein adaptives Gebäudehüllenelement mit aktiv belüftetem Hohlraum wird in der Regel als detailliertes adaptives Gebäudehüllenelement mit einem komplexen Modell betrachtet. Ein vereinfachter Ansatz, wie in 6.4.3.3 beschrieben, ist jedoch möglich. In diesem Fall sind keine zusätzlichen Eingangsdaten erforderlich: Die Auswirkungen des Wärmeaustauschs im Zusammenhang mit Luftzirkulation in und durch das adaptive Gebäudehüllenelement werden implizit in den thermischen und solaren Eigenschaften, wie in Tabelle 7 aufgeführt, berücksichtigt.

6.3.3 Eingangsdaten eines detaillierten adaptiven Gebäudehüllenelements

Die Liste der Eingangsdaten des adaptiven Gebäudehüllenelements, wie sie in ISO 52016-1, Tabelle 14 für transparente Gebäudeelemente (einschließlich Fenster oder Vorhangfassaden) für die stündlichen Berechnungsverfahren angegeben ist, gilt mit den folgenden Abweichungen:

Die thermischen, tageslichttechnischen und solaren Eigenschaften können nicht vorausberechnet werden. Stattdessen wird ein komplexes Modell (komplexer als das Modell für ein transparentes Bauelement in

ISO 52016-1) verwendet, bei dem die thermooptischen Eigenschaften der Komponenten des transparenten Bauelements als Eingangsdaten verwendet werden, gegebenenfalls für jeden Zustand *st*. Diese Eingangsdaten sind in Tabelle 8 aufgeführt.

Tabelle 8 — Eingangsdaten für die thermooptischen Eigenschaften der Komponenten eines detaillierten adaptiven Gebäudehüllenelements

Bezeichnung	Symbol	Einheit	Gültigkeitsintervall ^a	Ursprung ^b	Veränderlich ^c
Für das adaptive Gebäudehüllenelement <i>w</i> ^d :					
Die Anzahl der Knoten des Modells	$N_{w;pt}$	—	2 bis 10	M2-8	N
Konvektiver Wärmeübergangskoeffizient innere Oberfläche	$h_{w;ci}$	W/(m ² ·K)	0 bis 50	M2-5.1	Y
Langwelliger Strahlungswärmeübergangskoeffizient der Innenfläche	$h_{w;ri}$	W/(m ² ·K)	0 bis 50	M2-5.1	Y
Wärmeleitfähigkeit zwischen zwei Knotenpunkten <i>pli</i> und <i>plj</i>	$h_{w;pli;plj}$	W/(m ² ·K)	0 bis 1000	M2-8	Y
Konvektiver Wärmeübergangskoeffizient äußere Oberfläche	$h_{w;ce;st}$	W/(m ² ·K)	0 bis 50	M2-5.1	Y
Langwelliger Strahlungswärmeübergangskoeffizient der Außenfläche	$h_{w;ce;st}$	W/(m ² ·K)	0 bis 50	M2-5.1	Y
Effektiver Sonnenabsorptionsgrad jedes Knotens	$a_{sol;gl;eff;st}$	—	0 bis 1	M2-8	Y
Direkte Sonnendurchlässigkeit, für jeden Zustand <i>st</i>	$\tau_{sol;gl;st}$	—	0 bis 1	M2-8	Y
Tageslichtdurchlässigkeit, für jeden Zustand <i>st</i>	$\tau_{V;gl;st}$	—	0 bis 1	M2-8	Y
e					
^a Praktischer Wertebereich, informativ ^b Beispielsweise EPB-Modul oder EPB-(z. B. Produkt-)Norm oder „lokal“ (Art, Geometrie) ^c „Veränderlich“: Der Wert kann sich im Laufe der Zeit verändern: unterschiedliche Werte je Zeitintervall, beispielsweise: stundenbezogene oder monatsbezogene Werte (keine über das Jahr konstanten Werte). ^d mit Index <i>gl</i> anstelle von <i>w</i> für die optischen Eigenschaften, da die optischen Eigenschaften je m ² projizierte transparente Fläche angegeben werden. ^e In Ausnahmefällen können je nach den Details des adaptiven Gebäudehüllenelements weitere Eingangsdaten erforderlich sein, z. B. die Wärmekapazität je Knoten und der Durchlassgrad für langwellige Strahlung je Knoten.					

Für adaptive Gebäudehüllenelemente mit aktiv belüftetem Hohlraum sind die erforderlichen luftstrombezogenen Eingangsdaten in Tabelle 9 aufgeführt:

Tabelle 9 — Eingangsdaten für die strömungstechnischen Eigenschaften eines adaptiven Gebäudehüllenelements mit aktiv belüftetem Hohlraum

Bezeichnung	Symbol	Einheit	Gültigkeitsintervall ^a	Ursprung ^b	Veränderlich ^c
Bei natürlicher Lüftung: Lage und Größe der Lüftungsöffnungen nach M2-8, je nach Lüftungszustand, vest	Siehe M2-8	Siehe M2-8	Siehe M2-8	M2-8	Y
Bei mechanischer Lüftung: der Luftdurchsatz zwischen bestimmten Knoten oder der internen oder externen Umgebung, je nach Lüftungszustand, vest	$q_{V,i;j}$	m ³ /s	0 bis ∞	M2-8	Y

Für adaptive Gebäudehüllenelemente mit aktiv belüftetem Hohlraum gelten folgende Eingangsdaten, zusätzlich zu den bereits für ISO 52016-1 benötigten Eingangsdaten:

Die Lüftungsarten sind in Tabelle 10 aufgeführt.

Tabelle 10 — Lüftungsmodi für adaptive Gebäudehüllenelemente mit aktiv belüftetem Hohlraum

Bezeichnung	Beschreibung	Bezeichner
Angewandter Lüftungsmodus, je nach Zustand der Weste	^a	AVF-mode_xxxx ^a
...		
^a Auswahl zwischen den Optionen angegeben in 6.4.3.3		

Die Lüftungsart wie in Tabelle 11 aufgeführt.

Tabelle 11 — Lüftungsart für adaptive Gebäudehüllenelemente mit aktiv belüftetem Hohlraum

Bezeichnung	Beschreibung	Bezeichner
Angewandte Lüftungsart	^a	AVF-type_xxxx ^a
^a Auswahl zwischen den Optionen angegeben in 6.4.3.3		

6.3.4 Steuerungsbezogene Eingangsdaten

Die angewandte Steuerungsart muss nach Tabelle 12 angegeben werden.

Tabelle 12 — Steuerungsart

Bezeichnung	Beschreibung	Bezeichner
Angewandte Steuerungsart	^a	CNTRL_xxxx ^a
^a Auswahl zwischen den Optionen angegeben in 6.6		

Die Nummer und Beschreibung der Zustände ist in Tabelle 13 aufgeführt.

Tabelle 13 — Liste der Zustände

Zustandsnummer ^a	Beschreibung des Zustands	Optional: Nummerierung und Beschreibung je Dimension der Zustände (siehe 6.4.3) ^{a, b}			
		Teilzustand A Nummer	Beschreibung Teilzustand A	Teilzustand B Nummer	Beschreibung Teilzustand B
1					
2					
...					
...					
...					
...					

^a Die Tabelle kann bei Bedarf um zusätzliche Zeilen und Spalten erweitert werden

^b Mehr als eine Dimension ist z. B. eine Jalousie (a) eingefahren oder ausgefahren, mit (b) offenen oder geschlossenen Lamellen; oder: eine Kombination aus Innen- und Außenjalousie.

Für aktiv steuerbare Gebäudehüllenelemente sind die für die Steuerung verwendeten Sensoren nach Tabelle 14 aufzulisten, die aus den Optionen in 6.8.3 auszuwählen sind.

Tabelle 14 — Liste der für die Steuerung verwendeten Sensoren

Variable	Symbol	Einheit

Für aktiv steuerbare Gebäudehüllenteile sind die zur Ermittlung der Bedingungen oder Ereignisse angewandten Methoden nach Tabelle 15 aufzulisten, die aus den in 6.8.4 angegebenen Optionen auszuwählen sind.

Tabelle 15 — Angewandte Methoden zur Ermittlung der Bedingungen oder Ereignisse

Modus	Wie (in der Praxis) angenommen ^a	Wie in der Berechnung modelliert ^b	Anmerkung ^c
DAY-MODE <i>Tageszeit oder Nachtzeit</i>			
HC-MODE <i>Heiz-, Neutral- oder Kühlmodus der thermischen Zone</i>			

Tabelle 15 (fortgesetzt)

Modus	Wie (in der Praxis) angenommen ^a	Wie in der Berechnung modelliert ^b	Anmerkung ^c
TINT MODE <i>Betriebstemperatur</i>			
RAD-MODE <i>Höhe der solaren Bestrahlungsstärke oder Beleuchtungsstärke</i>			
OCC-MODE <i>Belegung</i>			
GLARE-MODE <i>Auftreten von Blendung</i>			
DAYL-MODE <i>Wenig Tageslicht</i>			
HFLW-MODE <i>Wärmeflussrichtung</i>			
^a Auswahl einer der Optionen, die in 6.8.4 als C1, C2, ..., gekennzeichnet sind ^b Auswahl einer der Optionen, die in 6.8.4 als M1, M2, ... gekennzeichnet sind ^c Optional, informativ			

Alle für die Steuerung benötigten Eingangsdaten sind bereits als Eingangsdaten für die stündliche Berechnung vorhanden, außer dass je nach Art und weiteren Spezifikationen der Steuerung zusätzliche Eingangsdaten erforderlich sein können, wie in 6.6 für umgebungsaktivierte Elemente und in 6.8 für aktiv gesteuerte Elemente, wie in Tabelle 16 aufgeführt, angegeben.

Tabelle 16 — Steuerungsbezogene zusätzliche Eingangsdaten

Bezeichnung	Symbol	Einheit	Gültigkeitsintervall ^a	Ursprung ^b	Veränderlich ^c
Interne Betriebstemperatur	$\theta_{\text{int;op}}$	°C	0 bis 50	ISO 52016-1	Y
Für umgebungsaktivierte Elemente: die Umgebungsbedingungen ^d , für jeden Zustand st	X_{st}^{d}	[...] ^d	... ^d	Produkt	Y

Tabelle 16 (fortgesetzt)

Bezeichnung	Symbol	Einheit	Gültigkeitsintervall ^a	Ursprung ^b	Veränderlich ^c
Für umgebungsaktivierte Elemente: die Hälfte der Hysterese	$\Delta_{Xst;hyst;d}$	[...] ^d	... ^d	Produkt	N
Position (Höhe, Breite und Abstand) der belegenden Person in Bezug auf das adaptive Gebäudeelement ^e	$H_{occ},$ $L_{occ},$ D_{occ}	m	0 bis 10	lokal	N
^a Praktischer Wertebereich, informativ. ^b Beispielsweise EPB-Modul oder EPB-(z. B. Produkt-)Norm oder „lokal“ (Art, Geometrie). ^c „Veränderlich“: Der Wert kann sich im Laufe der Zeit verändern: unterschiedliche Werte je Zeitintervall, beispielsweise: stundenbezogene oder monatsbezogene Werte (keine über das Jahr konstanten Werte). ^d Platzhalter für die Umgebungsbedingung (z. B. die Verglasungstemperatur). ^e Position des Kopfes bei der Abschätzung des Blendungsrisikos, wenn die geometrische Position der belegenden Person gegenüber der Sonne berücksichtigt wird.					

6.3.5 Klima-Eingangsdaten

Je nach Art und weiteren Spezifikationen der Steuerung, wie sie in 6.8 für aktiv geregelte Elemente angegeben sind, gelten die in Tabelle 17 aufgeführten Klima-Eingangsdaten, zusätzlich zu den bereits für ISO 52016-1 erforderlichen Eingangsdaten.

Tabelle 17 — Zusätzliche Klima-Eingangsdaten

Bezeichnung	Symbol	Einheit	Gültigkeitsintervall ^a	Ursprung ^{b,e}	Veränderlich ^c
Windgeschwindigkeit	$v_{w;a;t}$	m/s	0 bis +50	M1-13	Ja
Windrichtung	$z_{w;e;t}$	Grad	0 bis 360	M1-13	Ja
Bewölkung des Himmels	—	okta	0 bis 1	M1-13	Ja

6.3.6 Konstanten und physikalische Daten

Alle relevanten Konstanten und physikalischen Daten sind in ISO 52016-1, 6.3 aufgeführt.

6.3.7 Eingangsdaten aus Anhang A (Anhang B)

Anhang A enthält die normative Vorlage für die Auswahlmöglichkeiten zu Verweisungen, Verfahren und Eingangsdaten. Informative Standardauswahlmöglichkeiten zu Verweisungen, Verfahren und Eingangsdaten sind in Anhang B aufgeführt, unter Berücksichtigung der Vorlage in Anhang A.

Alle diese Auswahlmöglichkeiten und Eingangsdaten sind für die Anwendung dieses Dokuments erforderlich.

6.4 Eigenschaften des adaptiven Gebäudehüllenelements

6.4.1 Allgemeines

Wegen der Auswirkungen des adaptiven Gebäudehüllenelements auf das Modell und der als Eingangsdaten für die Berechnung benötigten Eigenschaften wird zwischen einem vereinfachten adaptiven Gebäudehüllenelement und einem detaillierten adaptiven Gebäudehüllenelement unterschieden, siehe 6.4.2.

ANMERKUNG Der Lesbarkeit halber wird es vereinfachtes oder detailliertes adaptives Gebäudehüllenelement genannt, obwohl es sich eigentlich um das Modell des adaptiven Gebäudehüllenelements handelt, das vereinfacht oder detailliert ist. Es besteht eine Beziehung zwischen der Komplexität des Elements und der Komplexität des Modells. Es sind jedoch verschiedene Stufen der Vereinfachung möglich

Besteht das adaptive Gebäudehüllenelement aus Abschnitten, die dieselben Eigenschaften haben, jedoch einzeln gesteuert werden können, so ist jeder Abschnitt als separates adaptives Gebäudehüllenelement zu modellieren, da sich jeder Abschnitt in einem bestimmten Zeitintervall in einem anderen Zustand befinden kann.

Genauere Angaben zu den einzelnen Technologiekategorien finden sich in 6.4.3 für ein vereinfachtes adaptives Gebäudehüllenelement und in 6.4.4 für ein detailliertes adaptives Gebäudehüllenelement.

6.4.2 Vereinfachtes oder detailliertes adaptives Gebäudehüllenelement

Wie in **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.** definiert, ist ein vereinfachtes adaptives Gebäudehüllenelement definiert als ein Fenster, eine Tür oder ein Vorhangfassadenelement, das in ISO 52016-1:2017, 6.5.7.4 als transparentes Gebäudeelement modelliert wird. Dieses Modell basiert auf den folgenden Annahmen:

- a) Die thermischen, tageslichtbezogenen und solaren Eigenschaften (für jeden Zustand) werden als unabhängig von den Umgebungsbedingungen wie Temperatur, Sonnenstand, Bewölkung und Sonneneinstrahlung betrachtet.
- b) Die thermische Masse wird vernachlässigt.
- c) Die sekundäre Solarenergieübertragung wird als Beitrag zur direkten Solarenergieübertragung in die innere Umgebung (thermische Zone) angenähert.

ANMERKUNG 1 Siehe EN ISO 52022-3 oder ISO 15099. Weitere Erläuterungen finden sich in ISO/TR 52016-4 (in Vorbereitung).

ANMERKUNG 2 Dies ist in ISO/TR 52016-4 (in Vorbereitung) dargestellt. Der Grund für Vereinfachung c) ist, dass für die stündliche Berechnungsmethode mehr Eingangsdaten benötigt werden als für die monatliche Berechnungsmethode. Ohne diese Vereinfachung wäre der Schwellenwert für die Anwendung der stündlichen Berechnungsmethode höher, was sich nachteilig auf das Verfahren zu realistischeren Berechnungen auswirken würde.

Aufgrund dieser Annahmen ist die Anzahl der Knoten im Modell auf 2 begrenzt (Innen- und Außenfläche).

Aufgrund der Annahme a) können die thermischen, tageslichttechnischen und solaren Eigenschaften des adaptiven Gebäudehüllenelements vorberechnet und als Eingangswerte bereitgestellt werden.

Wie in **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.**0 definiert, ist ein detailliertes adaptives Gebäudehüllenelement ein adaptives Gebäudehüllenelement, für das ein komplexeres Modell verwendet oder benötigt wird. Dies ist der Fall, wenn eine der folgenden Annahmen zutrifft:

- a) Die thermischen oder solaren Eigenschaften (für einen bestimmten Zustand) sind eine Funktion der Umgebungsbedingungen, wie Innen- oder Außentemperatur, Sonnenstand, Bewölkung oder Sonneneinstrahlung.
- b) Die Anzahl der Schichten ist größer als 2 (innere und äußere Oberfläche) und kann mathematisch nicht auf 2 reduziert werden, weil entweder:
 - 1) die Temperatur einer der zusätzlichen Schichten als Eingangswert benötigt wird;
 - 2) die thermischen, tageslichtabhängigen oder solaren Eigenschaften der adaptiven Gebäudehüllenelemente zu einer bestimmten Zeit von der Temperatur einer oder mehrerer zusätzlicher Schichten abhängen; zu diesen Schichten kann auch die Luftschicht in einem Hohlraum gehören;

- c) die thermische Masse nicht vernachlässigt werden kann, da das Element eine Schicht mit einer wesentlich höheren Masse als eine Verglasung oder Jalousie enthält.

BEISPIELE

ad a):

- 1) Dies gilt eigentlich schon für ein adaptives Gebäudehüllenelement mit Jalousien (Sonnenstand) oder Innenjalousien (temperaturabhängige Luftzirkulation hinter der Jalousie), wird jedoch typischerweise durch Berechnung des Wertes für eine Standardsituation angenähert;
- 2) ein anpassungsfähiges Gebäudehüllenelement mit einem breiten geschlossenen Hohlraum: Der Wärmewiderstand ist aufgrund der lokalen Luftzirkulation stark temperaturabhängig;

ad b1): ein adaptives Gebäudehüllenelement mit thermochromer Verglasung;

ad b2): ein anpassungsfähiges Gebäudehüllenelement mit einem natürlich belüfteten Hohlraum, in dem der Luftstrom eine Funktion von Lufttemperatur und angrenzender Oberflächentemperaturen ist (Auftrieb);

ad c): ein adaptives Gebäudehüllenelement mit einer massiven lichtundurchlässigen Platte auf einem Teil der Fläche.

6.4.3 Eingangsdaten eines vereinfachten adaptiven Gebäudehüllenelements

6.4.3.1 Adaptives Gebäudehüllenelement mit dynamischem Sonnenschutz

Wenn ein adaptives Gebäudehüllenelement in zwei oder mehr Dimensionen angepasst werden kann, können die Zustände innerhalb einer Dimension z. B. durch Einführung eines separaten Index angegeben werden:

N_{stA} ist die Anzahl der Primärzustände des adaptiven Gebäudehüllenelements;
 N_{stB} ist die Anzahl der Sekundärzustände des adaptiven Gebäudehüllenelements;
 N_{stC} ist die Anzahl der Tertiärzustände des adaptiven Gebäudehüllenelements.
 $stA, stB, stC, ..$ sind die Platzhalter für spezifischere Indizes.

In jedem Fall wird der Index st für jede eindeutige Kombination von Zuständen verwendet.

BEISPIEL Jalousien unten (z. B.: $Bst = 2$) kombiniert mit horizontalen Lamellen (z. B. $slatst = 1$) ist z. B. kombinierter Zustand $st = 3$.

Übliche Dimensionen von Zuständen für ein adaptives Gebäudehüllenelement mit dynamischem Sonnenschutz, je nach Produkt oder Baugruppe, sind in Tabelle 18 aufgeführt.

Tabelle 18 — Übliche Dimensionen von Zuständen für ein adaptives Gebäudehüllenelement mit dynamischem Sonnenschutz

Dimensionen der Zustände	Beschreibung	Beispiele:
Primär	Abdecken des transparenten Bereichs oder nicht	— Ausgefahrene, teilweise ausgefahrene oder eingefahrene Jalousie oder Rollo. — Geschlossener, teilweise geschlossener oder offener Vorhang — Geschlossene oder offene Jalousie
Sekundär, Option 1	Änderung der Eigenschaften	— Lamellenstellung von Jalousien (geschlossen, teilweise geschlossen, offen). — Verschiebung der Position von „Duo Blinds“ (von einer bestimmten minimalen zu einer bestimmten maximalen Transparenz). — Zweite Jalousie mit unterschiedlichen Eigenschaften.
Sekundär, Option 2	Eine sekundäre Sonnenschutzkomponente, die den transparenten Bereich abdeckt oder nicht.	Als primäre Option
Tertiär	Eine Kombination aus Primär, Sekundär, Option 2 und Sekundär, Option 1	Eine Kombination der vorgenannten Beispiele

Wenn es mehr als zwei Zustände je Dimension gibt, können die Zwischenzustände im Kontrollscenario verwendet werden, um einen Ausgleich für widersprüchliche gewünschte Eigenschaften zu finden.

ANMERKUNG 1 In den Steuerungsszenarien (6.8) dient die Feinabstimmung dazu, a) einen Ausgleich zwischen den thermischen Aspekten (Energie und thermischer Komfort) und den Beleuchtungsaspekten (Zugang zu Tageslicht und Ausblick) zu finden und b) Blendung zu vermeiden, während der Zugang zu Tageslicht und der Ausblick erhalten bleiben.

Jalousie:

Bei Jalousien gelten Zwischenzustände für den Neigungswinkel der Lamellen (falls beweglich), zwischen den beiden Extremen: offen oder geschlossen.

Die Anzahl der Zwischenstufen und die entsprechende Position der Lamellen kann im Rahmen der technischen Möglichkeiten des Produkts frei gewählt werden, wobei folgende Überlegungen zu berücksichtigen sind:

- Die optimale Lamellenposition zur Maximierung des Tageslichts und der Sicht nach außen bei gleichzeitiger Optimierung des Sonnenschutzes und Minimierung des Blendungsrisikos kann zu jeder Stunde festgelegt werden. Dies ist eine Funktion des Sonnenstandes in Bezug auf die angenommene Position der belegenden Personen sowie der Position und der optischen Eigenschaften des adaptiven Gebäudehüllenelements.
- Alternativ kann eine feste Lamellenstellung angenommen werden, die im Hinblick auf die Minimierung des Blendungsrisikos und den solaren Wärmegewinn (im Heizbetrieb) konservativ ist, da der Sonnen- und Tageslichtdurchlassgrad bei teilweise geschlossener Stellung nicht sehr empfindlich auf den exakten Lamellenwinkel reagiert.

In einem vereinfachten Ansatz werden die Lamellen so angebracht, dass direkte Sonneneinstrahlung (Strahl) blockiert wird.

BEISPIEL Bei vertikalen adaptiven Gebäudehüllenelementen ist ein Lamellenwinkel von 45 Grad für die meisten Klimazonen gut geeignet.

ANMERKUNG 2 Siehe ISO/TR 52016-4 (in Vorbereitung), einschließlich des Verweises auf die Ergebnisse einer schweizerischen Untersuchung zur Optimierung der Lamellenstellung.

ANMERKUNG 3 Bei Jalousien, deren Lamellen so positioniert sind, dass direkte Sonneneinstrahlung vollständig blockiert wird, kann die Sonnenenergiedurchlässigkeit durch diffuse Strahlung und durch vom Boden reflektierte Strahlung deutlich höher sein als die gesamte Sonnenenergiedurchlässigkeit bei üblichem Einfall $g_{gl;n}$ vermuten ließe.

Rollo:

Bei einem Rollo gelten Zwischenzustände für die Einstellung des Teils der Fläche, der vom Rollo bedeckt wird.

Die Anzahl der Zwischenzustände und die entsprechende Position der Jalousie können im Rahmen der technischen Möglichkeiten des Produkts frei gewählt werden, wobei die folgenden Überlegungen zu berücksichtigen sind:

- Die optimale Position zur Maximierung des Tageslichts und der Sicht nach außen bei gleichzeitiger Optimierung des Sonnenschutzes und Minimierung von Blendungsrisiko kann zu jeder Stunde festgelegt werden. Sie ist eine Funktion des Sonnenstandes in Bezug auf die angenommene Position der belegenden Personen sowie der Position und der Eigenschaften des adaptiven Gebäudehüllenelements.
- Alternativ kann eine feste Position angenommen werden, die im Hinblick auf die Minimierung von Blendungsrisiko und solaren Wärmegewinn (im Heizbetrieb) konservativ ist.
- Um ein Gleichgewicht zwischen thermischen Aspekten (Energie und thermischer Komfort) und Beleuchtungsaspekten (Tageslichtzugang und Ausblick) zu finden, ist die Position der Jalousie willkürlich.

ANMERKUNG 4 Siehe weitere Erläuterungen in ISO/TR 52016-4 (in Vorbereitung).

Folglich sind die Eigenschaften, die als zusätzliche Eingangsgrößen für die Berechnung eines adaptiven Gebäudehüllenelements mit dynamischem Sonnenschutz benötigt werden, folgende:

$U_{w;st}$ ist der Wärmedurchgangskoeffizient des adaptiven Gebäudehüllenelements im Zustand st , der nach ISO 52016-1:2017, 6.5.8.3, für jeden Variationszustand st , in $W/(m^2 \cdot K)$ zu bestimmen ist;

$g_{gl;st}$ ist der Gesamtenergiedurchlassgrad des transparenten Teils des adaptiven Gebäudehüllenelements im Zustand st , der nach ISO 52016-1:2017, 6.5.13.2, für jeden Variationszustand st zu bestimmen ist.

$\tau_{V;gl;st}$ ist der Tageslichtdurchlassgrad des transparenten Teils des adaptiven Gebäudehüllenelements im Zustand st , der nach demselben Verfahren bestimmt wird, das für die Bestimmung von $g_{gl;st}$ verwendet wird;

N_{st} ist die Anzahl der Zustände, die die Variationsbreite der Eigenschaften abdecken;

Mindestwert: $N_{st} = 2$

Höchstwert: Die Anzahl der Zustände darf die technische Möglichkeit des Betriebs in Zwischenzuständen nicht überschreiten.

Wenn es technisch möglich ist und die Eigenschaften als kontinuierliche Funktion der Variation bekannt sind, kann die Berechnung alternativ mit einer kontinuierlichen Variation erfolgen:
 $N_{st} = \infty$.

ANMERKUNG 5 Für aktiv gesteuerte adaptive Gebäudehüllenelemente ist eine Hysterese keine Eingangsgröße wie bei den umgebungsgesteuerten adaptiven Gebäudehüllenelementen. Für aktiv geregelte adaptive Gebäudehüllenelemente wird im Steuerungsszenario eine Hysterese angegeben.

6.4.3.2 Adaptive Gebäudehüllenelemente mit chromogener Verglasung

6.4.3.2.1 Umgebungsaktivierte chromogene Verglasung

Die umgebungsaktivierte Steuerung gilt für bestimmte Arten von chromogenen Verglasungen, bei denen die optischen Eigenschaften mit dem Zustand des Materials variieren.

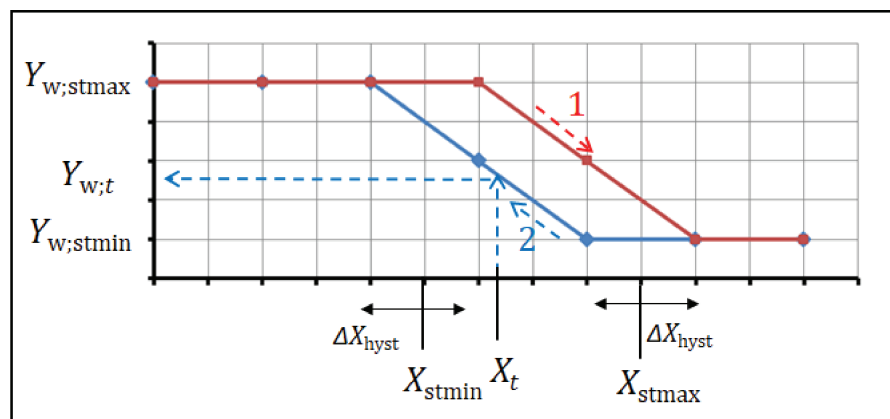
BEISPIEL Die optischen Eigenschaften ändern sich infolge einer Änderung der Verglasungstemperatur (thermochrom, thermotrop) oder infolge einer Änderung der einfallenden Sonneneinstrahlung.

Es wird angenommen, dass die optischen Eigenschaften eine kontinuierliche lineare Funktion der Umgebungsbedingungen zwischen einem Minimal- und einem Maximalwert sind, was zu linearen Tageslicht- und Sonneneigenschaften des adaptiven Gebäudehüllenelements führt.

Es kann jedoch von einer nichtlinearen Variation dieser Eigenschaften ausgegangen werden, wenn Herstellerdaten vorliegen, die zeigen, dass eine signifikante Abweichung von dieser Linearität besteht. In diesem Fall muss die Anzahl der Zustände so erhöht werden, dass eine Linearisierung zwischen zwei aufeinander folgenden Zuständen angenommen werden kann.

Die Eigenschaften werden für jeden Zustand s_t angegeben. Die entsprechenden Bedingungen sind mit demselben Index s_t gekennzeichnet.

Der Wechsel zwischen den Zuständen kann eine Hysterese beinhalten. In diesem Fall ist die Eigenschaft des adaptiven Gebäudehüllenelements immer noch eine eindeutige Funktion der Umgebungsbedingungen, jedoch mit unterschiedlichen Werten je nach Richtung der Veränderung der Umgebungsbedingungen. Dies ist in Bild 1 dargestellt.



Legende

Y Eigenschaft des adaptiven Gebäudehüllenelements

X Umgebungsparameter

X und Y wurden in 0 eingeführt.

1 steigende X -Werte

2 abnehmende X -Werte

Bild 1 — Verschiedene Zustände eines adaptiven Gebäudehüllenelements mit umgebungsaktivierter chromogener Verglasung

ANMERKUNG Ein ausgearbeitetes Beispiel für chromogene Verglasung ist in ISO/TR 52016-4 (in Vorbereitung) dargestellt.

Im Falle von schrittweiser statt allmählicher Zustandsänderung ist X_{stmax} gleich X_{stmin} .

Die Eigenschaften, die als zusätzliche Eingangsgröße für die Berechnung umgebungsaktivierter Verglasung erforderlich sind, sind:

$Y_{w;st}$ ist die Eigenschaft des adaptiven Gebäudehüllenelements bei jedem Zustand st ; im Falle einer kontinuierlichen linearen Funktion gibt es zwei Zustände, die dem Minimum und dem Maximum entsprechen, die von der chromogenen Verglasung erreicht werden können.

Die Eigenschaften Y_{gl} , die zur Durchführung der Berechnung in diesem Dokument erforderlich sind, sind:

$g_{gl;st}$ ist der Gesamtenergiedurchlassgrad des transparenten Teils des adaptiven Gebäudehüllenelements, g_{gl} , bestimmt nach ISO 52016-1:2017, 6.5.13.2, für jeden Zustand st ;

$\tau_{V;gl;st}$ ist der Tageslichtdurchlassgrad des transparenten Teils des adaptiven Gebäudehüllenelements für jeden Zustand st , der nach demselben Verfahren bestimmt wird, das für die Bestimmung von $g_{gl;st}$ verwendet wird.

X_{st} ist die Umgebungsbedingung X , die dem Zustand der Eigenschaft $Y_{w;st}$ des adaptiven Gebäudehüllenelements entspricht.

BEISPIEL Für eine thermochrome Verglasung sind als Umgebungsbedingungen X_1 die Verglasungstemperaturen (θ_{Ystmin} und θ_{Ystmax}) erforderlich, die jeweils dem Beginn bzw. dem Ende des thermochromen Zyklus entsprechen.

ΔX_{hyst} ist die Differenz der Werte X_{st} aufgrund der Hysterese, die den Herstellerangaben zu entnehmen ist. Falls solche Daten nicht verfügbar sind, wird der folgende konservative Standardwert angenommen.

Für thermochrome Verglasungen: $\Delta X_{hyst} = 30 \text{ K}$.

Für phototrope Verglasungen: $\Delta X_{hyst} = 150 \text{ W/m}^2$.

N_{st} ist die Anzahl der Zustände der chromogenen Verglasung, die die Bandbreite der Variationen der Verglasungseigenschaften abdeckt.

Im Falle einer kontinuierlichen linearen Funktion: $N_{st} = 2$.

Andernfalls wird der Wert in Abhängigkeit von der Technologie bestimmt (nicht lineare oder diskrete Werte).

6.4.3.2.2 Aktiv steuerbare chromogene Verglasung

Die optischen Eigenschaften adaptiver Gebäudehüllenelemente mit aktiv steuerbarer chromogener Verglasung werden in diskreten Zuständen zwischen einem minimalen und maximalen Tönungsgrad angenommen.

Die Eigenschaften, die als zusätzliche Eingangsgrößen für die Berechnung einer aktiv steuerbaren chromogenen Verglasung erforderlich sind, sind:

$Y_{w;st}$ ist die Eigenschaft des adaptiven Gebäudehüllenelements in jedem Zustand st .

Im Einzelnen handelt es sich bei den Eigenschaften Y_{gl} , die zur Durchführung der Berechnung in diesem Dokument erforderlich sind, um folgende:

$g_{gl;st}$ der Gesamtenergiedurchlassgrad des transparenten Teils des adaptiven Gebäudehüllenelements, g_{gl} , bestimmt nach ISO 52016-1:2017, 6.5.13.2, für jeden Zustand st ;

$\tau_{V;gl;st}$ ist der Tageslichtdurchlassgrad des transparenten Teils des adaptiven Gebäudehüllenelements für jeden Zustand st , der nach demselben Verfahren bestimmt wird, das für die Bestimmung von $g_{gl;st}$ verwendet wird.

N_{st} ist die Anzahl der Zustände, die die Variationsbreite der Eigenschaften abdecken;

Die Mindestanzahl der Zustände ist $N_{st} = 2$, was den minimalen und maximalen Verglasungseigenschaften entspricht, die mit der chromogenen Verglasung erreicht werden können. Andernfalls wird der Wert in Abhängigkeit von der Technologie bestimmt (nicht lineare oder diskrete Werte).

Die Anzahl der Zustände darf die technische Möglichkeit zum Betrieb in Zwischenzuständen nicht überschreiten.

Wenn es technisch möglich ist und die Eigenschaften als kontinuierliche Funktion der Variation bekannt sind, kann die Berechnung alternativ mit einer kontinuierlichen Variation erfolgen: $N_{st} = \infty$.

6.4.3.3 Adaptive Gebäudehüllenelemente mit aktiv belüftetem Hohlraum

Ein adaptives Gebäudehüllenelement mit aktiv belüftetem Hohlraum ist ein Gebäudehüllenelement mit der Lüftung durch einen oder mehrere Hohlräume des Gebäudehüllenelements als zusätzliche Dimension in den adaptiven Zuständen.

Ein adaptives Gebäudehüllenelement mit aktiv belüftetem Hohlraum enthält in der Regel eine Kombination aus aktivem Sonnenschutz, wie in 6.4.3.1 dargestellt, mit belüftetem Hohlraum oder belüfteten Hohlräumen. In diesem Dokument werden die Verfahren für diese Kombination ausgearbeitet.

Der wichtigste Parameter zur Definition der verschiedenen Lüftungszustände ist die Richtung des Luftstroms, wie in Tabelle 19 dargestellt.

ANMERKUNG 1 Der Modus hängt von der Notwendigkeit ab, die im Hohlraum absorbierte Sonnenenergie zu nutzen oder zurückzuweisen oder in einem Puffermodus zu bleiben. Dies wird in 6.8 im Rahmen des Steuerungsszenarios entschieden.

Tabelle 19 — Grundlegende Lüftungsmodi

Bezeichnung	Luftstromrichtung	Beabsichtigte Wirkung im Heizbetrieb	Beabsichtigte Wirkung im Kühlbetrieb	Bezeichner AVF_Mode =
Puffermodus	Keine Lüftung über den Hohlraum	Schaffung eines Wärmepuffers, um Wärmeübertragung nach außen zu verringern.	Wenn die Außenlufttemperatur höher ist als die Temperatur in der Wärmezone: Schaffung eines Wärmepuffers, um die Wärmeübertragung nach innen zu verringern.	AVF_BUF
Abluftmodus	Von der inneren Umgebung über den Hohlraum zur äußeren Umgebung	Verwendung von Abluft zur Erwärmung der inneren Oberfläche mit Luft aus der thermischen Zone.	Wenn der Hohlraum durch Sonneneinstrahlung erwärmt wird: Verwendung der Abluft zur Ableitung der Sonnenwärme.	AVF_IE
Versorgungsmodus	Von der äußeren Umgebung über den Hohlraum zur inneren Umgebung	Wenn der Hohlraum durch Sonneneinstrahlung erwärmt wird: Verwenden der Zuluft zur Nutzung der Sonnenwärme.	Wenn die Außenlufttemperatur niedriger ist als die Temperatur in der thermischen Zone und wenn der Hohlraum nicht durch Sonneneinstrahlung erwärmt wird: Verwendung der Zuluft, um kühle Luft einzubringen (ventilative Kühlung).	AVF_EI
Innere Zirkulation	Von der inneren Umgebung über den Hohlraum zur inneren Umgebung	Wenn der Hohlraum durch Sonneneinstrahlung erwärmt wird, um die Sonnenwärme zu nutzen. Andernfalls, um die innere Oberfläche zu erwärmen.	—	AVF_II

Tabelle 19 (fortgesetzt)

Bezeichnung	Luftstromrichtung	Beabsichtigte Wirkung im Heizbetrieb	Beabsichtigte Wirkung im Kühlbetrieb	Bezeichner AVF_Mode =
Externe Zirkulation	Von der äußeren Umgebung über den Hohlraum zur äußeren Umgebung	—	Wenn der Hohlraum durch Sonneneinstrahlung erwärmt wird: um Sonnenwärme abweisen. Andernfalls, wenn die Außenlufttemperatur niedriger ist als die Temperatur in der Wärmezone: um die Innenfläche zu kühlen.	AVF_EE

Die Berechnung des Luftdurchsatzes hängt von der Art der Lüftung ab. Die unterschiedenen Typen sind in Tabelle 20 aufgeführt:

Tabelle 20 — Lüftungsart

Bezeichnung	Beschreibung	Bezeichner AVF_Type =
Natürliche Lüftung	Natürliche Lüftung durch den Hohlraum, wobei der Luftdurchsatz von der Geometrie und den örtlichen Bedingungen (Luftdruckunterschied, Temperaturen) abhängt und durch bewegliche Lüftungsöffnungen aktiv gesteuert wird	AVF_NAT
Hybride Lüftung	Teilweise natürliche, teilweise mechanische Lüftung	AVF_HYB
Mechanische Lüftung	Mechanische Lüftung durch den Hohlraum, wobei der Luftdurchsatz aktiv durch das Lüftungssystem gesteuert wird	AVF_MECH

Abhängig von der Lüftungsart definieren die folgenden Parameter die lüftungsbezogenen Zustände:

- Wenn AVF_Type = NAT Eine diskrete Anzahl von N_{vest} -Zuständen, wobei für jeden Zustand die Größe der Lüftungsöffnungen in der Innen- und Außenhaut auf einen bestimmten Luftstrommodus ausgerichtet ist (siehe Tabelle 16).
ANMERKUNG 2 Die Berechnung des tatsächlichen Luftdurchsatzes ist in 6.4.4 beschrieben.
- Wenn AVF_Type = MECH Eine diskrete Anzahl von N_{vest} -Zuständen, wobei für jeden Zustand die Luftstromrichtung (die eine oder mehrere der in Tabelle 16 genannten Modi abdeckt) und die Luftstromstärke wie unten angegeben sind.
ANMERKUNG 3 Die Modi erfordern bestimmte Lüftungsöffnungen. Es wird davon ausgegangen, dass diese für jeden einzelnen Zustand korrekt eingestellt sind.
- Wenn AVF_Type = HYB Eine Kombination von Eigenschaften für natürliche und mechanische Lüftung.

ANMERKUNG 4 Siehe weitere Erläuterungen in ISO/TR 52016-4 (in Vorbereitung).

Dabei ist:

N_{vest} die Anzahl der lüftungsbezogenen Zustände des adaptiven Gebäudehüllenelements.

Im Falle einer doppelschaligen Fassade, bei der eine der Schalen teilweise undurchsichtig ist, ist die Fassade als zwei getrennte Segmente zu modellieren, die jeweils einen Querschnitt der Fassade darstellen.

ANMERKUNG 5 Im Falle eines Hohlraums, der sich über die beiden Segmente erstreckt, kann diese Vereinfachung zu einer Verzerrung bei der Abschätzung des Wärmeaustauschs führen; in diesem Fall wäre es besser, den Hohlraum als Ganzes zu modellieren. Auch in der ISO 15099 ist dies jedoch nicht vorgesehen. Für solche Fassaden kann ein geeigneterer Ansatz darin bestehen, durch Einsatz eines detaillierten Gebäudesimulationsprogramms die Fassade als zwei oder mehr gekoppelte Zonen zu modellieren.

Thermische und solare Eigenschaften:

Im Allgemeinen fällt das adaptive Gebäudehüllenelement mit aktiv belüftetem Hohlraum in die Kategorie der **detaillierten adaptiven Gebäudehüllenelemente**: Die thermischen und solaren Eigenschaften können nicht im Voraus berechnet werden, sondern müssen jede Stunde anhand des komplexen Modells und der Komponenteneigenschaften wie unter 6.4.4 beschrieben berechnet werden.

ANMERKUNG 6 Erklärung: Die Hohlraumlüftung führt zu einem Wärmeaustausch innerhalb des Hohlraums, der wiederum zu einer Veränderung der thermischen und solaren Eigenschaften des adaptiven Gebäudehüllenelements führt. Diese Veränderung der thermischen und solaren Eigenschaften ist eine nichtlineare Funktion des Luftdurchsatzes. Im Falle natürlicher Lüftung steht der Luftdurchsatz in dynamischer und nichtlinearer Wechselwirkung mit den Hohlraumtemperaturen.

Nur wenn die thermischen, tageslichttechnischen und solaren Eigenschaften für jeden Zustand vorberechnet werden können, fällt diese Art adaptiver Gebäudehüllenelemente in die Kategorie der **vereinfachten adaptiven Gebäudehüllenelemente**. Dies erfordert einige Vereinfachungen, die akzeptabel sind, wenn sie klar angegeben werden.

In diesem Fall werden die vorberechneten thermischen, tageslichttechnischen und solaren Eigenschaften des adaptiven Gebäudehüllenelements als Eingangsdaten für jede Zustandskombination benötigt. Dazu gehören die lüftungsbezogenen Zustände, die in Form von Lüftungsmodi und (optional) verschiedenen Stufen von Luftdurchsätzen innerhalb eines bestimmten Modus dargestellt werden. Die Auswirkungen des Wärmeaustauschs durch die Luftzirkulation sind in den thermischen und solaren Eigenschaften enthalten.

Die Eigenschaften, die als zusätzliche Eingangsdaten für die Berechnung eines adaptiven Gebäudehüllenelements mit aktiv belüftetem Hohlraum erforderlich sind, wenn es als vereinfachtes adaptives Gebäudehüllenelement angenähert wird, sind:

$U_{w;st}$ ist der Wärmedurchgangskoeffizient des adaptiven Gebäudehüllenelements einschließlich des Einflusses des Wärmeaustauschs aufgrund der Luftstromzirkulation im Zustand st , der nach dem Verfahren in ISO 15099 zu bestimmen ist, in $W/(m^2 \cdot K)$;

$g_{gl;st}$ ist der Gesamtenergiedurchlassgrad des transparenten Teils des adaptiven Gebäudehüllenelements einschließlich des Einflusses des Wärmeaustauschs aufgrund der Luftstromzirkulation im Zustand st , der nach dem Verfahren in ISO 15099 zu bestimmen ist;

$\tau_{V;gl;st}$ ist der Tageslichtdurchlassgrad des transparenten Teils des adaptiven Gebäudehüllenelements im Zustand st , der nach demselben Verfahren bestimmt wird, das für die Bestimmung von $g_{gl;st}$ verwendet wird.

N_{st} ist die Anzahl der Zustände, die alle Kombinationen von Variationen des dynamischen Sonnenschutzes und des aktiv belüfteten Hohlraums umfassen.

6.4.4 Modell und Eigenschaften eines detaillierten adaptiven Gebäudehüllenelements

Das komplexe Modell für ein detailliertes adaptives Gebäudehüllenelement impliziert, dass eine oder mehrere der thermischen, tageslichtabhängigen oder solaren Eigenschaften von den tatsächlichen Bedingungen abhängen. Folglich können die thermischen, tageslichttechnischen und solaren Eigenschaften des adaptiven Gebäudehüllenelements für einen bestimmten Zustand nicht vorausberechnet werden. Folglich werden die Komponenteneigenschaften als Eingangsgrößen benötigt und nicht die thermischen, tageslichttechnischen oder solaren Eigenschaften des adaptiven Gebäudehüllenelements als Ganzes.

Mit Ausnahme der Wärmekapazität findet sich ein solches Modell in ISO 52022-3 oder, wenn ein breiterer Anwendungsbereich erforderlich ist, in ISO 15099.

ANMERKUNG 1 Die Anwendungsbereiche dieser beiden Dokumente sind in ISO/TR 52016-4 (in Vorbereitung) beschrieben.

Für die Zwecke dieses Dokuments ist eine Vereinfachung gegenüber ISO 15099 oder ISO 52022-3 gerechtfertigt: Die spektralen und detaillierten gerichteten optischen Eigenschaften werden zu ungerichteten und nicht-spektralen Komponenteneigenschaften aggregiert, damit sie als Eingangsgrößen für dieses Dokument geeignet sind.

Vereinfachte Gleichungen können die detaillierten optischen Winkelmodelle aus ISO 52022-3 und ISO 15099 ersetzen, und die detaillierte optische Modellierung von parallelen Lamellen (ISO 15099) kann durch eine Näherungsformel ersetzt werden.

ANMERKUNG 2 Winkelabhängige optische Eigenschaften werden zu Gesamteigenschaften für eine repräsentative Situation (Sonneneinfallswinkel und Verhältnis direkte:diffuse Strahlung) vereinfacht, es sei denn, spezifischere Daten sind für die Technologie zwingend erforderlich. Um Fehler aufgrund unterschiedlicher winkelabhängiger Eigenschaften der einzelnen Komponenten zu vermeiden, erfolgt die Aggregation auf der Ebene der gesamten Baugruppe (adaptive Komponente und andere transparente Komponenten wie Verglasungen), sofern dies sinnvoll und machbar ist.

Näherungsformeln für die optischen Eigenschaften (Durchlassgrad, Reflexionsgrad) von Jalousien in Abhängigkeit von Sonnenstand und Lamellenwinkel. Siehe Beispiele in ISO/TR 52016-4 (in Vorbereitung), einschließlich eines Verweises auf die Ergebnisse einer Schweizer Untersuchung zu diesem Thema.

Bei einem adaptiven Gebäudehüllenelement mit aktiv belüftetem Hohlraum kann der Lufthohlraum mit der äußeren oder inneren Umgebung oder mit anderen Hohlräumen verbunden sein.

ANMERKUNG 3 Die Berechnung der thermischen und solaren Eigenschaften von Bauelementen in ISO 15099 umfasst die Berechnung des Einflusses der Luftzirkulation in einem Hohlraum auf den Wärmedurchgang und bei einem natürlich belüfteten Hohlraum die Berechnung des Luftdurchsatzes.

ANMERKUNG 4 Diese Auswirkung wird auch in den Berechnungsverfahren der ISO 52022-3 berücksichtigt, jedoch nicht bei der Berechnung der thermischen Eigenschaften, wie z. B. des U-Werts.

ANMERKUNG 5 Eingangsdaten für ISO 52022-3 oder ISO 15099 sind die Größe der Lüftungsöffnungen, die Breite und Höhe des Hohlraums und die Porosität der Haut. Bei natürlicher Lüftung wird der Luftdurchsatz als intrinsische Funktion der Umgebungsbedingungen (Temperatur, Wind [falls zutreffend]) und der Geometrie (Öffnungsgrößen, Hohlraumbreite) berechnet.

ANMERKUNG 6 Der Lüftungsbedarf für die Gebäudezone ist in der einschlägigen Norm unter Modul M5-5 (Tabelle A.1) festgelegt. Diese bestimmt den Bedarf an Zu- oder Abluft oder keiner Zu- oder Abluft über das adaptive Gebäudehüllenelement.

Die Wärmekapazität kann zu jedem Knoten des Modells hinzugefügt werden, wie in den Gleichungen für undurchsichtige Gebäudeelemente in ISO 52016-1, 6.5.6.3 beschrieben.

6.5 Verbindung des Modells des adaptiven Gebäudehüllenelements mit dem Modell der thermischen Zone nach ISO 52016-1

6.5.1 Vereinfachtes adaptives Gebäudehüllenelement

Das Modell des adaptiven Gebäudehüllenelements ist im Modell zur Berechnung der Gesamtwärmebilanz einer thermischen Zone nach ISO 52016-1, 6.5.7 integriert.

6.5.2 Detailliertes adaptives Gebäudehüllenelement

Das Modell des adaptiven Gebäudehüllenelements kann auch in das Modell zur Berechnung der Gesamtwärmebilanz einer thermischen Zone nach ISO 52016-1, 6.5.7, integriert werden, jedoch mit einigen Änderungen:

- Falls die Innenfläche des adaptiven Gebäudehüllenelements nicht undurchlässig für langwellige Strahlung ist, wird zusätzliche Wärmestrahlung von den Knotenpunkten des adaptiven Gebäudehüllenelements zu den anderen Innenflächen der thermischen Zone geleitet.
- Im Falle eines belüfteten Hohlraums:
 - Der Wärmeübergang an die innere Umgebung ist um einen Term $q_{v,k}$ für den Wärmeübergang durch Lüftung mit Luft aus dem Hohlraum k zu erweitern.
 - Der Luftstrom, der aus der äußeren Umgebung stammt, wird als Beitrag zum Luftstrom von außen gezählt. Die Auswirkung auf den Wärmehaushalt wird bereits durch den vorherigen Listenpunkt berücksichtigt.

Die Berechnung der variablen Komponenteneigenschaften in Abhängigkeit von den Parametern, die den Zustand definieren, wird iterativ durchgeführt, bis eine Konvergenz der berechneten Eigenschaften kleiner oder gleich 0,03 erreicht ist.

ANMERKUNG Der Wert von 0,03 wurde gewählt, um Fertigungstoleranzen zu berücksichtigen.

6.6 Auswahl der Steuerungsart

Es werden vier Kontrolltypen mit unterschiedlichem Komplexitätsgrad unterschieden, entsprechend den vier Klassen in ISO 52120-1 [9]. See Tabelle 21.

Tabelle 21 — Steuerungsarten

Stufe	Bezeichnung	Beschreibung	Bezeichner CNTRL_TYPE =
0	Umgebungsaktivierte Steuerung	Auch bekannt als passive Steuerung: aktiviert durch eine bestimmte Umgebungsbedingung	CNTRL_PAS
1	Manueller Betrieb mit manueller Steuerung	Manuelle Bedienung, die Anstrengung oder Kraft erfordert BEISPIEL 1 Mit Kurbel oder Schnur	CNTRL_MAN_MAN
2	Motorbetrieben mit manueller Steuerung	Der Betrieb ist motorisiert, erfordert jedoch eine manuelle Aktivierung BEISPIEL 2 Fernbedienung oder Wandschalter. Bei aktiver chromogener Verglasung entfällt manuelle Bedienung, und „motorisiert“ ist zu lesen als „elektrisch angetrieben“.	CNTRL_MAN_MAN

Tabelle 21 (fortgesetzt)

Stufe	Bezeichnung	Beschreibung	Bezeichner CNTRL_TYPE =
3	Automatische Steuerung	Regelbasierte Steuerung mit offenem oder geschlossenem Regelkreis unter Verwendung einer oder mehrerer Eingangsgrößen. Bei einem Regler mit offenem Regelkreis ist die Regelwirkung des Reglers unabhängig vom „Prozessausgang“: dem Zustand des zu regelnden adaptiven Gebäudehüllenelements. Er verwendet keine Rückkopplung, um festzustellen, ob sein Ausgang den gewünschten Zielwert des/der Eingangsbefehls/Eingangsbefehle oder des/der Prozess-Sollwerts/Sollwerte erreicht hat. Normalerweise erlaubt die automatische Steuerung eine manuelle Übersteuerung durch den/die belegende(n) Person(en).	CNTRL_AUTO
4	Integrierte Steuerung	Komplexere Funktionen, z. B. mit prädiktiven Algorithmen oder in Kombination mit der Steuerung von HLK und Beleuchtung, einschließlich Rückmeldung, ob die Ausgangsgröße den gewünschten Zielwert erreicht hat.	CNTRL_INTEGR

Aus diesen vier Steuerungsarten ist diejenige für die Berechnung auszuwählen, die am besten auf das adaptive Gebäudehüllenelement und dessen Steuerung zutrifft.

Für Stufe 4, die integrierte Steuerung, wird in diesem Dokument kein Referenzsteuerungsszenario angegeben.

6.7 Modellierung der Steuerung des umgebungsaktivierten adaptiven Gebäudehüllenelements

Je nach Technologie kann der Zustandswechsel diskret oder kontinuierlich erfolgen.

Wenn die optischen Eigenschaften des adaptiven Gebäudehüllenelements als kontinuierliche lineare Funktion der Umgebungsbedingungen beschrieben werden können, wird die optische Eigenschaft des adaptiven Gebäudehüllenelements $Y_{w;t}$ als Funktion der Umgebungsbedingungen zum Zeitpunkt t in Gleichung (1) angegeben:

$$Y_{w;t} = \frac{X_t - X_{stmin} + \left(\frac{\pm \Delta X_{st,hyst}}{2} \right)}{X_{stmin} - X_{stmax}} * (Y_{w,stmin} - Y_{w,stmax}) + Y_{w,stmin} \quad (1)$$

Dabei ist:

Y_w die Eigenschaft des adaptiven Gebäudehüllenelements, wie in 0 eingeführt;

X der Umgebungsparameter, wie er in 0 eingeführt wurde.

$\Delta X_{st,hyst}$ die Hysterese des Umgebungsparameters, wie in 0 eingeführt, wenn:

$\pm \Delta X_{st,hyst} + \Delta X_{st,hyst}$ ist, falls $X_{st;t}$ höher als der Wert im vorherigen Zeitintervall ist und

$\pm \Delta X_{st;hyst} - \Delta X_{st;hyst}$ ist, falls $X_{st;t}$ niedriger als der Wert im vorherigen Zeitintervall ist.

Dies wird in Bild 1 in 6.4.3 dargestellt.

ANMERKUNG Ein Arbeitsbeispiel mit $X_{st} = I_{sol}$ wird in ISO/TR 52016-4 (in Vorbereitung) vorgestellt.

Bei einem diskreten Zustandswechsel ändert sich die optische Eigenschaft des adaptiven Gebäudehüllenelements $Y_{w;t}$, wenn die Umgebungsbedingungen zum Zeitpunkt t den nächsten Zustand erreicht haben.

6.8 Modellierung des Steuerungsszenarios für das aktiv steuerbare adaptive Gebäudehüllenelement

6.8.1 Allgemeines

Referenzsteuerungsszenarien werden für verschiedene Steuerungsarten, verschiedene adaptive Gebäudehüllenelemente und verschiedene Raumkategorien (Wohn- und Nichtwohngebäude) festgelegt.

Die Referenzsteuerungsszenarien werden zum Vergleich verschiedener Optionen herangezogen.

ANMERKUNG 1 In der Praxis sind die Steuerungsszenarien von aktiv steuerbaren adaptiven Gebäudehüllenelementen sehr unterschiedlich komplex. Sie variieren auch im Hinblick auf die Optimierung für eine bestimmte Gebäude- oder Raumkategorie, Ausrichtung, Zusammensetzung des adaptiven Gebäudehüllenelements usw. Das Referenzsteuerungsszenario zielt darauf ab, gleiche Wettbewerbsbedingungen zu schaffen.

Entsprechend dem Zeitintervall des Berechnungsverfahrens in diesem Dokument wird eine Häufigkeit von mindestens 1 Stunde für die Aktivierung eines Steuerungsvorgangs berücksichtigt.

Um einen fairen Vergleich sicherzustellen, darf anstelle der in diesem Abschnitt 6.8 angegebenen Referenzsteuerungsszenarien ein individuelles Steuerungsszenario verwendet werden, allerdings unter den folgenden Bedingungen:

- Der Anwender muss die Berechnung für das Referenzsteuerungsszenario als Ausgangssituation durchführen und berichten;
- Der Bericht muss Einzelheiten zu dem kundenspezifischen Szenario enthalten.

ANMERKUNG 2 Einige Details können privilegierte Informationen sein, die für den Wettbewerb sensibel sind.

Jedes der Steuerungsszenarien setzt sich aus Bedingungen und Ereignissen (6.8.2) zusammen, die in einer bestimmten Kombination zu einer Änderung des Zustands des adaptiven Gebäudehüllenelements führen können.

Im Falle manueller Steuerung werden die Bedingungen und Ereignisse von der/den belegenden Person(en) erkannt. Bei der Berechnung wird die Erfassung durch die belegende Person durch die Erfassung durch einen oder mehrere Sensoren (6.8.3) simuliert.

Im Falle automatischer Steuerung werden die Bedingungen und Ereignisse von einem oder mehreren Sensoren (6.8.3) erfasst.

Die Methoden zur Erkennung der Bedingungen und Ereignisse sind in 6.8.4 angegeben.

6.8.2 Auswahl der Bedingungen und Ereignisse

Die Bedingungen und Ereignisse, die in diesem Dokument für die Steuerungsszenarien verwendet werden, sind in Tabelle 22 aufgeführt.