

Ersetzt SIA 387/4:2017

Électricité dans les bâtiments – Éclairage: calcul et exigences

Elettricità negli edifici – Illuminazione: calcolo e requisiti

Elektrizität in Gebäuden – Beleuchtung: Berechnung und Anforderungen

387/4

Referenznummer
SN 565387/4:2023 de

Gültig ab: 2023-08-01

Herausgeber
Schweizerischer Ingenieur-
und Architektenverein
Postfach, CH-8027 Zürich

In der vorliegenden Publikation gelten die männlichen Funktions- und Personenbezeichnungen sinngemäss auch für weibliche Personen.

Allfällige Korrekturen zur vorliegenden Publikation sind zu finden unter www.sia.ch/korrigenda.

Der SIA haftet nicht für Schäden, die durch die Anwendung der vorliegenden Publikation entstehen können.

2023-08 1. Auflage

INHALTSVERZEICHNIS

	Seite
Vorwort	4
0 Geltungsbereich	5
0.1 Abgrenzung	5
0.2 Normative Verweisungen	5
1 Verständigung	7
1.1 Begriffe und Definitionen	7
1.2 Symbole, Begriffe und Einheiten	12
1.3 Indizes	13
1.4 Darstellung des Elektrizitätsbedarfs ..	14
2 Projektierung	15
2.1 Planungsteam	15
2.2 Vorgehen	15
3 Berechnung des Elektrizitätsbedarfs	17
3.1 Allgemeines	17
3.2 Berechnung der spezifischen Leistung	18
3.3 Berechnung der jährlichen Volllaststunden (Methode 1)	21
3.4 Berechnung der Jahresenergie im Stundenschritt (Methode 2)	26
4 Anforderungen	31
4.1 Allgemeines	31
4.2 Einzelanforderungen	31
4.3 Systemanforderungen	32
Anhang	
A (informativ) Typische Grenz- und Zielwerte	35
B (informativ) Werte für bestehende Gebäude	37
C (informativ) Beispiele von Elektrizitätsbilanzen	39
D (informativ) Planungshinweise	43
E (informativ) Publikationen	47
F (informativ) Verzeichnis der Begriffe .	48

VORWORT

Die vorliegende Norm hat einen effizienten Einsatz von Elektrizität für Beleuchtung in Gebäuden zum Ziel. Sie liefert ein Verfahren zur Berechnung und Beurteilung des Elektrizitätsbedarfs für Beleuchtung in Neu- und Umbauten. Die Norm definiert die massgebenden Kennzahlen und legt die standardisierte Darstellung des Elektrizitätsbedarfs fest.

Die verschiedenen Einflussgrössen wie Leuchten-Lichtausbeute, Beleuchtungssteuerung, Fenstergrösse, Raumhelligkeit, Sonnenschutz usw. fliessen in das Berechnungsmodell ein und ermöglichen es dem Planer, den Energiebedarf für Beleuchtung effizient zu planen bzw. zu optimieren.

Die Norm richtet sich in erster Linie an das Planungsteam. Sie bietet der Bauherrschaft die Möglichkeit, den Planern klare Vorgaben für den Elektrizitätsbedarf zu machen.

Die Norm richtet sich aber auch an Eigentümer und Betreiber, indem sie ihnen erlaubt, den Elektrizitätsbedarf von Beleuchtungsanlagen zu überprüfen und zu bewerten, insbesondere im Hinblick auf eine Sanierung.

Die Beleuchtung ist ein komplexes Thema und die Planung und Umsetzung erfordert eine breite Erfahrung und Kompetenz. Mit der Inbetriebnahme soll die Einhaltung der gestellten Energie- und Qualitätsanforderungen (installierte Leistung, Beleuchtungssteuerungen, Beleuchtungsstärken, Blendung u. a.) überprüft werden. Da Beleuchtungsanlagen mit der Zeit altern und verschmutzen, ist eine regelmässige Wartung während der langjährigen Betriebszeit notwendig.

Die hier beschriebenen Berechnungsverfahren und die Kennzahlen für die Beurteilung der Energieeffizienz beziehen sich im Wesentlichen auf Anwendungen in Arbeitsstätten (Büro, Schule, Verkauf, Industrie, Spital usw.). Die notwendigen Kennwerte für Beleuchtungsstärke und Blendung korrespondieren mit der Norm SN EN 12464-1 (Beleuchtung von Arbeitsstätten). Vor allem im Bereich von Gesundheitseinrichtungen (z. B. Altersheime) existieren Richtlinien, die höhere Anforderungen verlangen. Diese können bei der Anwendung von SIA 387/4 als Spezialnutzungen geltend gemacht werden.

Die Norm enthält zwei verschiedene Berechnungsverfahren: eine Berechnung mittels Faktoren und Volllaststunden (Methode 1) sowie eine Berechnung in Stundenschritten, mit den entsprechenden betrieblichen sowie steuerungs- und regelungstechnischen Annahmen (Methode 2). Mit dem zweiten Verfahren wurde die Möglichkeit geschaffen, den Energiebedarf für die Beleuchtung in stündlicher Auflösung zu berechnen, um diesen bei der Gesamtenergiebilanz der Räume (als die thermische Bilanz beeinflussenden Wärmeeintrag) und der Gebäude (als Bestandteil des Elektrizitätsbedarfs) berücksichtigen zu können. Damit kann der Beleuchtungsnachweis mit dem stündlichen Verfahren erbracht werden, wenn dieses ohnehin für andere Nachweise und Optimierungen angewandt wird. Das ist gemäss SIA 380 generell für klimatisierte Bauten der Fall.

In der Norm werden Anforderungen in Form von Grenz- und Zielwerten gestellt. Diese beruhen auf dem technischen Stand im Jahr 2022. Die rapide Entwicklung der LED-Technik wird es gegebenenfalls nötig machen, die hier definierten Anforderungen in rund drei Jahren zu überprüfen und anzupassen.

In der Norm SIA 380/4:2006 wurden Anforderungen an den spezifischen Elektrizitätsbedarf für Beleuchtung und für Lüftung/Klimatisierung gestellt, während die vorliegende Norm nur noch die Anforderungen für Beleuchtung behandelt. Berechnung und Anforderungen im Bereich Lüftung/Klima werden in den Normen SIA 382/1 und SIA 382/2 beschrieben und festgelegt. Für die übrigen Elektrizitätsverbraucher steht das Merkblatt SIA 2056 *Elektrizität in Gebäuden – Energie- und Leistungsermittlung zur Verfügung*.

Arbeitsgruppe SIA 387/4

0 GELTUNGSBEREICH

0.1 Abgrenzung

- 0.1.1 Die vorliegende Norm befasst sich mit dem Elektrizitätsbedarf für Beleuchtung in Gebäuden. Sie hat einen effizienten Einsatz der Elektrizität zum Ziel.
- 0.1.2 Diese Norm gilt für alle Hochbauten, welche elektrische Energie verbrauchen und eine künstliche Beleuchtung haben.
- 0.1.3 In Bauten und Gebäudeteilen, in denen mit einem grossen Anteil an älteren und sehbehinderten Menschen gerechnet werden muss (z.B. Alterszentren, Alterswohnungen, spezifische Schulen und Arbeitsstätten), reichen die Vorgaben dieser Norm (insbesondere die Tabellen 4 und 13) nicht aus, um die erhöhten Anforderungen bezüglich der zu erreichenden Lichtleistung und Blendungsbegrenzung zu erfüllen. Die zulässigen Grenz- und Zielwerte müssen objektbezogen festgelegt werden.
- 0.1.4 Die Norm kann auch zur Ermittlung der elektrischen Anschlussleistung für die Beleuchtung von Gebäuden verwendet werden.
- 0.1.5 Die vorliegende Norm gilt nicht für
- die Berechnung des Elektrizitätsbedarfs für die Notbeleuchtung,
 - die Beleuchtung von Wohnungen in Wohnhäusern und Heimen.
- 0.1.6 Die Notbeleuchtung ist nicht Bestandteil der Elektrizitätsbedarfsberechnung nach SIA 387/4.

0.2 Normative Verweisungen

Im Text dieser Norm wird auf die nachfolgend aufgeführten Publikationen verwiesen, die im Sinne der Verweisungen ganz oder teilweise mitgelten. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe (bei SN EN einschliesslich aller Änderungen), bei datierten Verweisungen die entsprechende Ausgabe der betreffenden Publikation.

0.2.1 Publikationen des SIA

Norm SIA 108	Ordnung für Leistungen und Honorare der Ingenieurinnen und Ingenieure der Bereiche Gebäudetechnik, Maschinenbau und Elektrotechnik
Norm SIA 380/2	Energetische Berechnungen von Gebäuden – Dynamisches Verfahren für Bedarfsabklärungen, Leistungs- und Energiebedarf
Norm SIA 411	Modulare Darstellung der Gebäudetechnik
Merkblatt SIA 2024	Raumnutzungsdaten für die Energie- und Gebäudetechnik

0.2.2 Europäische Normen

SN EN 12464-1	Licht und Beleuchtung – Beleuchtung von Arbeitsstätten – Teil 1: Arbeitsstätten in Innenräumen
SN EN 12665	Licht und Beleuchtung – Grundlegende Begriffe und Kriterien für die Festlegung von Anforderungen an die Beleuchtung
SN EN 14500	Abschlüsse – Thermischer und visueller Komfort – Prüf- und Berechnungsverfahren
SN EN 15193	Energetische Bewertung von Gebäuden – Energetische Anforderungen an die Beleuchtung
SN EN 17037+A1	Tageslicht in Gebäuden

SN EN ISO 52022-1, -3	Energieeffizienz von Gebäuden – Wärmetechnische, solare und tageslichtbezogene Eigenschaften von Bauteilen und Bauelementen Teil 1: Vereinfachtes Berechnungsverfahren zur Ermittlung der solaren und tageslichtbezogenen Eigenschaften von Sonnenschutz in Kombination mit Verglasungen Teil 3: Detailliertes Berechnungsverfahren zur Ermittlung der solaren und lichttechnischen Eigenschaften von Sonnenschutz in Kombination mit Verglasungen
IEC 62471	Photobiologische Sicherheit von Lampen und Lampensystemen (mehrere Teile)

1 VERSTÄNDIGUNG

1.1 Begriffe und Definitionen

Für die Anwendung der vorliegenden Norm gelten die folgenden Begriffe und Definitionen. Diese Begriffe sind im Anhang F in alphabetischer Reihenfolge in drei Sprachen aufgelistet.

1.1.1 Allgemeine Definitionen

- 1.1.1.1 Geschossfläche
 $A_{GF} \mid m^2$ Die allseitig umschlossene und überdeckte Grundrissfläche der zugänglichen Geschosse. Sie setzt sich zusammen aus der Nettogeschossfläche und der Konstruktionsfläche.
- 1.1.1.2 Nettogeschossfläche
 $A_{NGF} \mid m^2$ Teil der Geschossfläche zwischen den umschliessenden oder innenliegenden Konstruktionsbauteilen.
- 1.1.1.3 Grenzwert
 $E_{L,li}$ Höchst- bzw. Mindestwert einer physikalischen Grösse, der mit dem heutigen Stand der Technik unter Einhaltung angemessener Komfort- und Arbeitsbedingungen gut erreichbar und wirtschaftlich vertretbar ist.

Grenzwerte sind bei Neubauten und beim Ersatz bestehender Anlagen einzuhalten. Bei Umbauten und beim Umbau bestehender Anlagen sind sie anzustreben.
- 1.1.1.4 Zielwert
 $E_{L,ta}$ Höchst- bzw. Mindestwert einer physikalischen Grösse, welcher mit der richtigen Kombination von energetisch guten Komponenten und Systemen unter Einhaltung angemessener Komfort- und Arbeitsbedingungen erreicht werden kann.

Zielwerte sind bei Neubauten und beim Ersatz bestehender Anlagen anzustreben. Machbarkeit und Wirtschaftlichkeit sind von Fall zu Fall zu prüfen.
- 1.1.1.5 Vergleichsprojekt Projekt, das zur Berechnung der Grenz- und Zielwerte für Beleuchtung dient. Im Vergleichsprojekt werden für die von den Planern nicht beeinflussbaren Parameter (Nutzung, Raumgrösse usw.) die projektspezifischen Werte eingesetzt; für die von den Planern beeinflussbaren Parameter (Glasanteil der Fassade, g -Wert, Reflexion an den Innenwänden usw.) werden Standardannahmen eingesetzt.
- 1.1.1.6 Projektwerte Auf Grund der in dieser Norm angegebenen Methoden berechnete Verbrauchswerte.
- 1.1.1.7 Objektwerte Am Objekt gemessene Verbrauchswerte. Sie gelten für die während der Messperiode bestehenden effektiven Nutzungs- und Klimabedingungen.
- 1.1.1.8 Nutzungsbedingungen Betriebliche Anforderungen (Beleuchtungsstärke, Personenbelegung usw.), welche der Berechnung der Projektwerte und der Ziel- und Grenzwerte zu Grunde liegen.
- 1.1.1.9 Nutzungsstunden
 $t_u \mid h$ Zeitdauer pro Jahr, während welcher ein bestimmter Raum oder eine bestimmte Raumgruppe genutzt wird (Arbeitszeit, Öffnungszeit, Unterrichtszeit usw.). Zur Nutzungszeit zählt auch die Zeit, während welcher der Raum oder die Raumgruppe für die Reinigung belegt wird.

1.1.1.10	Raumgruppe	Gruppe von Räumen, welche in Bezug auf die Beleuchtung gleichartige Voraussetzungen haben (gleiche Grenz- und Zielwerte). Die Gruppierung der Räume kann je nach Verwendungszweck unterschiedlich sein.
1.1.1.11	Raumnutzung	Die Räume werden auf Grund ihrer vorherrschenden Nutzung einer von 45 Nutzungen gemäss SIA 2024 zugeteilt.
1.1.1.12	Standardnutzung	Raumnutzung (Standardwerte) gemäss SIA 2024.
1.1.1.13	Standardannahmen	Annahmen, die das Vergleichsprojekt definieren. Sie werden bei der Berechnung der Grenz- und Zielwerte anstelle der Projektwerte eingesetzt.
1.1.1.14	Elektrizitätsbedarf E MWh/a	Jährlicher Elektrizitätsbedarf für Beleuchtung. Der Wert ergibt sich aus dem Produkt von installierter Leistung und Volllaststunden.
1.1.1.15	Spezifischer Elektrizitätsbedarf E_L kWh/m ²	Auf die Nettogeschossfläche bezogener jährlicher Elektrizitätsbedarf für Beleuchtung. Der Wert ergibt sich aus dem Produkt von spezifischer Leistung und Volllaststunden.
1.1.1.16	Spezifische elektrische Leistung p_L W/m ²	Die über eine Viertelstunde gemittelte effektive Leistung bei Volllast, bezogen auf die Nettogeschossfläche für den Verwendungszweck Beleuchtung.
1.1.1.17	Elektrizitätsbilanz MWh	Nach Verwendungszwecken geordneter, jährlicher Elektrizitätsbedarf eines Gebäudes oder einer Anlage.
1.1.1.18	Volllaststunden t_L h	Energieäquivalente Betriebszeit pro Jahr bei Volllast für die Beleuchtung. Betrieb in Teillast wird gemäss dem Verhältnis der elektrischen Leistung in Teillast zur Leistung bei Volllast angerechnet.
1.1.1.19	Wirkungsgrad η	Verhältnis der von einem Gerät oder einer Anlage abgegebenen Leistung zur aufgenommenen Leistung.
1.1.1.20	Energie-Effizienz-Index $E EI$	Abweichung des Energieverbrauchs eines Gerätes oder einer Anlage in Bezug auf ein Referenzgerät mit einem $E EI = 1$. Findet Anwendung bei der EU-Energieverbrauchskennzeichnung (Energieetikette).
1.1.2	Definitionen für die Beleuchtung	
1.1.2.1	Beleuchtung	Beleuchtung von Innenräumen und Aussenzonen (Raumbeleuchtung, Dekorationsbeleuchtung, Sicherheits- und Notbeleuchtung, Aussenbeleuchtung usw.).
1.1.2.2	Beleuchtungsstärke E_v, E_{vm}, E_0 lx (Lux)	<p>Die Beleuchtungsstärke E_v beschreibt die Menge des Lichtstroms, die auf eine Fläche trifft. Hinweise über die erforderliche Beleuchtungsstärke finden sich in den einschlägigen Normen (z. B. SN EN 12464-1).</p> <p>Der Wartungswert der Beleuchtungsstärke E_{vm} ist der Wert, unter den die auf jedem Sehaufgabenbereich gemittelte Beleuchtungsstärke nicht sinken darf. Es handelt sich um die mittlere Beleuchtungsstärke zu dem Zeitpunkt, bei dem eine Wartung der Beleuchtungsanlage durchzuführen ist.</p> <p>Die Referenzbeleuchtungsstärke E_0 ist die gegenüber dem Wartungswert um einen nutzungsspezifischen Faktor k_0 erhöhte Beleuchtungsstärke; diese trägt dem erhöhten Bedarf durch Akzent- oder Zusatzbeleuchtung in bestimmten Nutzungen (z. B. Verkauf, Hotelzimmer, Empfang, Restaurant) Rechnung.</p>

1.1.2.3	Lichtstrom Φ_V lm (Lumen)	Die mit der relativen spektralen Hellempfindlichkeit des Auges bewertete, von einer Lichtquelle abgegebene Lichtmenge.
1.1.2.4	Leuchten-Lichtausbeute $\eta_{v,Lo}$ lm/W	Verhältnis des gesamten Lichtstroms einer Leuchte, mit den zugehörigen Leuchtmitteln und Betriebsgeräten, zur aufgenommenen elektrischen Leistung, gemessen unter normierten Bedingungen.
1.1.2.5	Raumindex k_R	<p>Aus der Geometrie des Raumteils zwischen Bewertungsebene und Leuchtenebene abgeleitete numerische Kennziffer für die Berechnung des Raumwirkungsgrades. Der Raumindex ist gegeben durch die Beziehung</p> $k_R = \frac{l_R \cdot d_R}{h_L \cdot (l_R + d_R)}$ <p>l_R Raumlänge d_R Raumtiefe h_L Höhe des Lichtpunktes über der Bewertungsebene</p> <p>Die Höhe der Bewertungsebene h_v ist 0,75 m für Büros, Schulzimmer und ähnliche Nutzungen und 0,05 m für Verkehrs- und Sportflächen. Der Projektwert des Raumindexes ist wegen der Höhe der Leuchten abhängig vom eingesetzten Leuchtentyp.</p>
1.1.2.6	Raumwirkungsgrad η_R	Verhältnis des von der Bewertungsebene empfangenen Lichtstroms zur Summe der Gesamtlichtströme der einzelnen Leuchten einer Beleuchtungsanlage.
1.1.2.7	Lichtreflexionsgrad ρ_v	Verhältnis des von einer Oberfläche zurückgeworfenen Lichtstroms zu dem auf diese Oberfläche auffallenden Lichtstrom. Der Reflexionsgrad ist abhängig von der spektralen Verteilung, der Polarisation und der geometrischen Verteilung des Lichts.
1.1.2.8	Blendungsbegrenzung R_{UG}	Zur Beurteilung der (psychologischen) Blendung durch Leuchten einer Beleuchtungsanlage wird das vereinheitlichte UGR-Verfahren (unified glare rating) herangezogen. Die UGR-Werte für Leuchten werden mit dem Tabellenverfahren nach CIE 117 (siehe E.4) ermittelt.
1.1.2.9	Wartungsfaktor Beleuchtung f_m	<p>Verhältnis der zu planenden, über den Raum gemittelten Beleuchtungsstärke zum Wert der Beleuchtungsstärke.</p> <p>Der zu wählende Wartungsfaktor hängt davon ab, wie stark eine Beleuchtungsanlage wegen Alterung und Verschmutzung mit der Zeit weniger Licht abgibt und wie gut die Beleuchtungsstärkeverteilung an die Lage der Bereiche der Sehaufgabe angepasst werden kann.</p>
1.1.2.10	Glasflächenzahl z_g	Verhältnis der lichtdurchlässigen Glasfläche zur Nettogeschossfläche eines Raums.
1.1.2.11	Glasanteil	Verhältnis der Summe der lichtdurchlässigen Glasflächen zur betreffenden Fassadenfläche.
1.1.2.12	Transmissionsgrad τ	Transmittierter Anteil der einfallenden Solarstrahlung im sichtbaren Bereich des Sonnenspektrums.

- 1.1.2.13 Beleuchtungssteuerung Es werden folgende Funktionstypen unterschieden:
- Manuelle Schaltung
 - Beleuchtungssteuerung nach Präsenz
 - Beleuchtungssteuerung nach Tageslicht
- 1.1.2.14 Manuelle Schaltung
- Manuelle Schaltung: Die Beleuchtung wird manuell ein- und ausgeschaltet.
 - Manuelle Schaltung mit zeitgesteuerter Ausschaltung: Die Beleuchtung wird manuell ein- und ausgeschaltet. Zusätzlich gibt es eine automatische zeitgesteuerte Ausschaltung, zum Beispiel immer am Mittag, oder am Mittag und Abend, oder immer 2 Stunden nach dem manuellen Einschalten.
- 1.1.2.15 Beleuchtungssteuerung nach Präsenz
- Automatische Schaltung nach Präsenz: Die Ein- und Ausschaltung erfolgt automatisch mittels eines Präsenzmelders. Die Einschaltung erfolgt zum Zeitpunkt der Meldung, dass Personen anwesend sind. Die Ausschaltung erfolgt, wenn nach der Meldung, dass keine Personen mehr anwesend sind, eine definierte Nachlaufzeit verstrichen ist (vollautomatischer Betrieb, auto on-off).
 - Manuelle Ein- und automatische Ausschaltung (nach Präsenz): Die Beleuchtung wird manuell eingeschaltet. Die Ausschaltung erfolgt automatisch mittels eines Präsenzmelders, wenn nach der Meldung, dass keine Personen mehr anwesend sind, eine definierte Nachlaufzeit verstrichen ist (halbautomatischer Betrieb, manuell on / auto off).
 - Vernetzte Sensor-Leuchten: Jede Leuchte (oder eine kleine Gruppe von Leuchten) hat einen eigenen, in mindestens einer Leuchte eingebauten Lichtsensor und die Leuchten sind untereinander vernetzt. Die künstliche Beleuchtung leuchtet nur in unmittelbarer Nähe von Personen (oder Fahrzeugen). Beschreibung im Anhang D.4.
- 1.1.2.16 Beleuchtungssteuerung nach Tageslicht
- Es werden folgende Funktionstypen unterschieden:
- Automatische Schaltung nach Tageslicht: Die Beleuchtung wird bei einem bestimmten Wert der Tageslicht-Beleuchtungsstärke automatisch ein- bzw. ausgeschaltet (vollautomatischer Betrieb, auto on-off).
 - Manuelle Ein- und automatische Ausschaltung (nach Tageslicht): Die Beleuchtung wird manuell eingeschaltet und beim Überschreiten eines eingestellten Wertes der Tageslicht-Beleuchtungsstärke automatisch ausgeschaltet (halbautomatischer Betrieb, manuell on / auto off).
 - Konstantlichtsteuerung oder -regelung: Die Beleuchtung wird so gesteuert, dass sich zusammen mit dem Tageslicht eine konstante Beleuchtungsstärke ergibt.
- 1.1.2.17 Sonnenschutzsteuerung
- Es werden folgende Funktionstypen unterschieden:
- Manuelle Betätigung: Der Sonnenschutz wird manuell geschlossen bzw. geöffnet.
 - Motorbetrieben mit manueller Betätigung: Der Sonnenschutz wird, ausgelöst von einer manuellen Betätigung, durch einen Motor geschlossen bzw. geöffnet.
 - Motorbetrieben mit automatischer Steuerung: Die Sonnenschutzeinrichtungen werden automatisch geschlossen, wenn die für die entsprechende Fassade gemessene Beleuchtungsstärke (in Lux) oder Globalstrahlung einen eingestellten Wert überschreitet.

- Motorbetrieben mit automatischer Steuerung und Berücksichtigung der Verschattung: Die Sonnenschutzeinrichtungen werden automatisch geschlossen, wenn die für den entsprechenden Fassadenabschnitt ermittelte Beleuchtungsstärke (in Lux) oder Globalstrahlung einen eingestellten Wert überschreitet. Durch die Aufteilung der Fassade in Fassadenabschnitte kann die Verschattung durch benachbarte Bauten und andere Objekte (inkl. Geländeerhebungen) berücksichtigt werden.
- Motorbetrieben mit automatischer Steuerung und Lamellennachführung: Die automatische Lamellennachführung bewirkt, dass der Lamellenanstellwinkel bei geschlossenem Sonnenschutz automatisch so nachgeführt wird, dass der Raum bei Belegung bestmöglich mit Tageslicht versorgt wird, ohne direkte Sonneneinstrahlung.

1.1.2.18 Risikogruppe RG

Mit den Risikogruppen nach IEC 62471 wird das potenzielle Ausmass der Gefährdung durch optische Strahlung angezeigt und die Notwendigkeit für weitere Messungen minimiert.

Die Risikogruppen werden wie folgt beschrieben:

- Freie Gruppe (RG-0):
Wo eine optische Gefährdung nicht als vernünftigerweise vorhersehbar angesehen wird, auch bei dauerhaftem, uneingeschränktem Gebrauch.
- Risikogruppe 1 (RG-1):
Produkte, die unter den meisten Nutzungsumständen sicher sind, ausser für sehr lang andauernde Augen-Expositionen (direktes Starren in eine Quelle für sehr lange Zeiten, mehr als 100 s).
- Risikogruppe 2 (RG-2):
Produkte, die im Allgemeinen keine optische Gefährdung darstellen, da Abwehrreaktionen auf das helle Licht lange Expositionsdauern (Starren in die Quelle) vernünftigerweise vorhersehbar begrenzen.
- Risikogruppe 3 (RG-3):
Produkte, die auch bei kurzzeitiger Exposition aus geringem Abstand eine potenzielle Gefährdung darstellen und wo Produktsicherheitsanforderungen allgemein unerlässlich sind.

Weitere Begriffe sind in SN EN 12665 erklärt.

1.2 Symbole, Begriffe und Einheiten

Symbol	Begriff	Einheit
A_{GF}, A_{NGF}	Geschossfläche, Nettogeschossfläche	m ²
CRI	Farbwiedergabeindex	–
EEL	Energie-Effizienz-Index	–
E_L	spezifischer Elektrizitätsbedarf für Beleuchtung	kWh/m ²
E_v	Beleuchtungsstärke	lx
E_{vm}	Wartungswert der Beleuchtungsstärke	lx
E_0	Referenzbeleuchtungsstärke	lx
E_i	Neuwert der Beleuchtungsstärke	lx
E_z	mittlere zylindrische Beleuchtungsstärke	lx
L_x	Lebensdauer in Stunden	h
R_a	allgemeiner Farbwiedergabeindex	–
R_{UG}	vereinheitlichte Blendungsbegrenzung	–
R_{UGL}	R_{UG} -Grenzwert	–
$SDCM$	Standardabweichung der Farbanpassung	–
T_{CP}	ähnlichste Farbtemperatur	K
U_0	Gleichmässigkeit der Beleuchtungsstärke	–
a_B	Balkontiefe	m
d_P	Nutzungstage pro Jahr	d
f_1, f_2	Faktoren zur Bestimmung des Raumwirkungsgrads	–
f_m	Wartungsfaktor Beleuchtung	–
f_P	Jahresgleichzeitigkeit	–
g	Gesamtenergiedurchlassgrad	–
h_L, h_v	Höhe des Lichtpunktes über der Bewertungsebene, Höhe der Bewertungsebene	m
h_{ji}	Höhe des Fenstersturzes	m
l_R, d_R, h_R	Länge, Tiefe und Höhe eines Raums	m
k_0	Korrekturfaktor zur Berechnung der Referenz- beleuchtungsstärke	–
$k_{ctrr}, k_{Rer}, k_{Tr}, k_{jir},$ k_{spr}, k_{B}, k_{sur}	Korrekturfaktoren für minimale Volllaststunden Beleuchtung für Steuerung, Reflexionsgrad, Transmissionsgrad, Fenstersturz, Sonnenschutz, Balkon und Umgebung	–
k_{Pr}	Korrekturfaktor für Beleuchtungssteuerung nach Präsenz	–
k_R	Raumindex	–
k_{si}	Korrekturfaktor für Gleichzeitigkeit	–
p_L	spezifische elektrische Leistung für Beleuchtung	W/m ²
t_L	Volllaststunden für Beleuchtung	h
$t_{L,11}, t_{L,min}$	Volllaststunden bei einer Nutzungszeit von 11 Stunden, minimale Volllaststunden	h
t_u, t_{ud}, t_{un}	Nutzungsstunden (allgemein, Tag, Nacht)	h
z_g, z_{g0}	Glasflächenzahl; Wert von z_g , oberhalb welchem keine weitere Reduktion der Volllaststunden eintritt	–
η_R	Raumwirkungsgrad	–
$\eta_{v,Lo}$	Leuchten-Lichtausbeute	lm/W
ρ	Reflexionsgrad	–
τ	Transmissionsgrad	–
Φ_v	Lichtstrom	lm

1.3 Indizes

Index	Deutsch	Englisch	Französisch	Italienisch
<i>B</i>	Balkon	balcony	balcon	balcone
<i>ctr</i>	Regelung, Steuerung	control	régulation, commande	regolazione, controllo
<i>E</i>	Energie	energy	énergie	energia
<i>e</i>	aussen	external	extérieur	esterno
<i>f</i>	Fensterrahmen	frame	cadre de fenêtre	telaio
<i>G</i>	Glas	glass	vitre	vetro
<i>GF</i>	Geschossfläche	gross floor area	surface de plancher (SP)	superficie di piano (SP)
<i>i</i>	intern, innen	internal	interne, intérieur	interno
<i>L</i>	Beleuchtung	lighting	éclairage	illuminazione
<i>li</i>	Fenstersturz	lintel	linteau de fenêtre	architrave della finestra
<i>li</i>	Grenzwert	limit	valeur limite	valore limite
<i>Lo</i>	Leuchtenbetrieb	luminary operation	luminaire allumé	illuminazione artificiale
<i>ls</i>	Verlust	loss	perte, déperdition	perdita
<i>m</i>	Masse	mass	masse	massa
<i>max</i>	Maximum, maximal	maximal	maximum, maximal	massimo
<i>min</i>	Minimum, minimal	minimal	minimum, minimal	minimo
<i>NGF</i>	Nettogeschoss- fläche	floor area	surface nette (SN)	superficie netta (SN)
<i>P</i>	Person	person	personne	persona
<i>Pr</i>	Präsenz	presence	présence	presenza
<i>Re</i>	Reflexion	reflection	réflexion	riflessione
<i>S</i>	Verschattung	shading	ombragement	ombreggiamento
<i>s</i>	solar	solar	solaire	solare
<i>si</i>	Gleichzeitigkeit	simultaneity	simultanéité	contemporaneità
<i>sp</i>	Sonnenschutz	solar protection	protection solaire	protezione solare
<i>St</i>	bereit	standby	en attente	standby
<i>sur</i>	Umgebung	surroundings	environnement	ambiente
<i>T</i>	Transmission	transmission	transmission	trasmissione
<i>ta</i>	Zielwert	target	valeur cible	valore mirato
<i>tot</i>	total	total	total	totale
<i>u</i>	Benutzer, Nutzung	user, use	utilisateur, utilisation	utilizzatore, utilizzazione
<i>ud</i>	Nutzung Tag	day use	utilisation diurne	utilizzazione diurna
<i>un</i>	Nutzung Nacht	night use	utilisation nocturne	utilizzazione notturna
<i>v</i>	visuell, Licht	visual	visuel, lumière	visuale, luce
<i>vm</i>	Wartung	maintenance	maintenance	manutenzione
<i>w</i>	Fenster	window	fenêtre	finestra
0	Referenzwert, Basiswert	reference value	valeur de référence, de base	valore di riferi- mento, di base
11	11-stündiger Nutzungstag	11 hour day	utilisation journa- lière de 11 heures	utilizzazione giornaliera di 11 ore

1.4 Darstellung des Elektrizitätsbedarfs

- 1.4.1 Die Ermittlung des Elektrizitätsbedarfs und der Vergleich mit den Anforderungen müssen nachvollziehbar sein. Zu diesem Zweck wird die Berechnung des absoluten Elektrizitätsbedarfs bzw. des spezifischen Elektrizitätsbedarfs gemäss den Tabellen 1 und 2 dargestellt.
- 1.4.2 Der Elektrizitätsbedarf für Beleuchtung wird nach Raumgruppen, die definierten Standardnutzungen zugeordnet werden, ermittelt. Dabei werden Räume, welche gleichartige Voraussetzungen haben (gleiche Grenz- und Zielwerte), zu einer Raumgruppe zusammengefasst. Die Projektwerte werden in Tabelle 1 als Leistungen, Volllaststunden und absolute Elektrizitätsbedarfswerte eingetragen.
- 1.4.3 In Tabelle 2 werden die spezifischen Elektrizitätsbedarfswerte der Projektwerte (aus Tabelle 1) den Grenz- und Zielwerten gegenübergestellt. Der spezifische Elektrizitätsbedarf wird auf die Nettogeschossfläche der Raumgruppe bezogen. Das Gesamtergebnis für Projekt-, Grenz- und Zielwert ergibt sich je als flächengewichteter Mittelwert.
- 1.4.4 Die Tabellen 1 und 2 werden in verschiedenen Projektphasen ausgefüllt bzw. den Veränderungen im Projektablauf angepasst.

Tabelle 1 Elektrizitätsbilanz: Projektwert (Beispiele im Anhang C)

Raumgruppe, Nutzung	Nettogeschossfläche m ²	Installierte Leistung kW	Projektwerte	
			Volllaststunden h/a	Elektrizitätsbedarf MWh/a
1				
2				
3				
4				
5				
...				
Gesamtergebnis				

Tabelle 2 Vergleich Projektwerte und Anforderungen

Raumgruppe, Nutzung	Nettogeschossfläche m ²	Projektwert kWh/m ²	Grenzwert kWh/m ²	Zielwert kWh/m ²
1				
2				
3				
4				
5				
...				
Gesamtergebnis				

2 PROJEKTIERUNG

2.1 Planungsteam

- 2.1.1 Die Realisierung einer energieeffizienten Beleuchtung in Neu- und Umbauten setzt eine enge Zusammenarbeit zwischen Bauherrschaft, Architekt, Fachplaner (Elektro- oder Beleuchtungsplaner) und Lieferanten voraus.
- 2.1.2 Die Bauherrschaft kann die Energieeffizienz der Beleuchtungsanlage durch zweckmässige Vorgaben für den Raum- und Flächenbedarf, durch klare Zielvorgaben an das Planungsteam für den zu erreichenden Elektrizitätsbedarf sowie durch die Wahl der Leuchten entscheidend beeinflussen.
- 2.1.3 Der Architekt kann durch Gliederung und Detailgestaltung des Gebäudes den Elektrizitätsbedarf wesentlich beeinflussen. Der Elektrizitätsbedarf für die Beleuchtung kann durch eine gute Tageslichtnutzung massgeblich reduziert werden. Einflussgrössen sind Form, Orientierung, Helligkeit der Räume und der Fassaden, die Lage, Grösse, Art der Fenster sowie ein guter aussenliegender Sonnenschutz, der sowohl die thermischen Anforderungen erfüllt als auch die Räume bestmöglich mit Tageslicht versorgt.
- 2.1.4 Der Fachplaner kann durch präzise Dimensionierung der Leuchten, durch optimale Systemwahl und durch bedarfsorientierte Steuerung zur effizienten Elektrizitätsnutzung wesentlich beitragen. Er ist für die Erstellung des Energienachweises Teil Beleuchtung verantwortlich, welcher spätestens im Rahmen der Teilphase 33 Bewilligungsverfahren (gemäss SIA 108) zu erbringen ist. Mit der Nachweispflicht übernimmt er die Verantwortung für den einwandfreien Betrieb der Beleuchtungsanlage. Die Entschädigung für die Erstellung des Nachweises ist in SIA 108 geregelt. Bei energetisch relevanten Projektänderungen ist der zuständigen Bewilligungsbehörde unaufgefordert ein revidierter Energienachweis Beleuchtung zuzustellen.
- 2.1.5 Die Nutzungsbedingungen sind mit dem Bauherrn zu vereinbaren. Ohne besondere Bestimmungen werden die Standardnutzungen gemäss SIA 2024 angewendet. Für Räume, deren Nutzung in SIA 2024 nicht beschrieben ist, können Spezialnutzungen mit zutreffenden Annahmen definiert werden.

2.2 Vorgehen

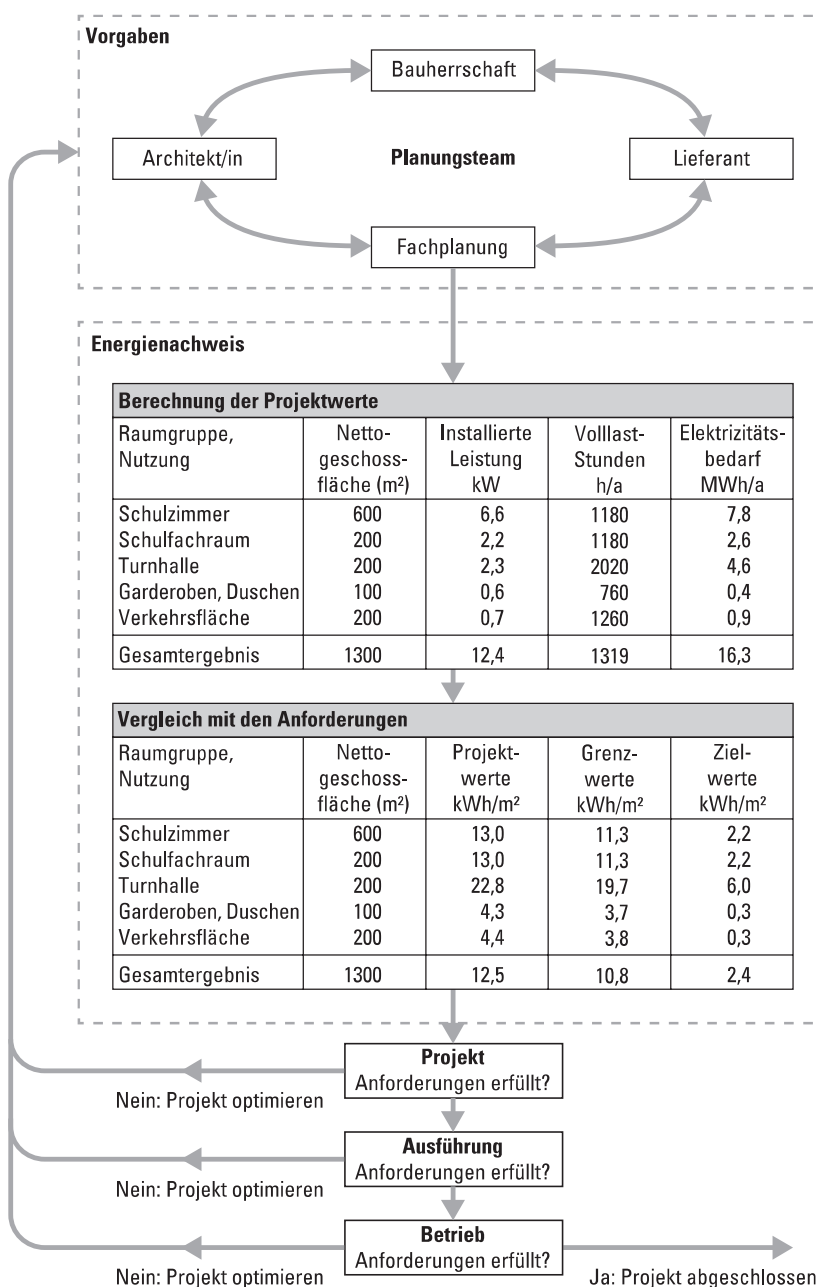
- 2.2.1 Der Elektrizitätsbedarf für Beleuchtung eines Gebäudes wird mit Hilfe der standardisierten Darstellung des Elektrizitätsbedarfs (vgl. 1.4) erfasst. Für die Berechnung und Erstellung der Energiebilanz stehen verschiedene Rechenprogramme zur Verfügung.
- 2.2.2 Im frühen Planungsstadium können die Projektwerte unter Zuhilfenahme der Grenz- und Zielwerte für die einzelnen Nutzungen ermittelt werden. In der Planungsphase werden reale Kennwerte von Räumen, Fenstern, Leuchten und Steuerungen usw. verwendet.
- 2.2.3 Die Projektwerte sind mit den Anforderungen (Grenz- und Zielwerte) zu vergleichen. Werden die Anforderungen nicht erfüllt, sind die Vorgaben für die Grenz- und Zielwerte zu überprüfen und bei Bedarf das Projekt anzupassen, wobei die Anforderungen an die Beleuchtung (Beleuchtungsstärke, Blendungsbegrenzung) gemäss SN EN 12464-1 eingehalten werden müssen.
- 2.2.4 Die Optimierung von Anlagen und Komponenten und ihres Elektrizitätsbedarfs ist ein iterativer Prozess. Sie stützt sich auf Vergleiche der Wirtschaftlichkeit sowie der Betriebs- und Umweltfreundlichkeit von verschiedenen Varianten. In den Vergleich sind auch Varianten einzubeziehen, welche auf einzelne Teilsysteme verzichten, um die Notwendigkeit von Anlagen und Komponenten zu prüfen.

2.2.5 Nach der Realisierung des Projekts sind die Objektwerte mit den Projektwerten und mit den Anforderungen zu vergleichen. Abweichungen von den Projektwerten sind zu analysieren. Wenn die Objektwerte den Anforderungen nicht genügen, sind entsprechende Massnahmen zu treffen.

2.2.6 Der Elektrizitätsbedarf ist direkt von der jährlichen Betriebsdauer und von der Steuerung der Beleuchtungsanlagen abhängig. Eine Justierung der Beleuchtungssteuerung bei der Inbetriebnahme ist zwingend notwendig. Damit während der Nutzungsphase ein energieeffizienter Betrieb sichergestellt werden kann, sind bereits in der Planungsphase die notwendigen Vorkehrungen zu treffen, welche eine effiziente Betriebsoptimierung und -überwachung erlauben. Es wird empfohlen, die Stromversorgung für die Beleuchtung (oder einen klar abgrenzbaren Teil davon) separat zu führen und zu messen (Lastgangmessung).

Figur 1 Zusammenarbeit und Vorgehen nach SIA 387/4

Die Figur zeigt ein typisches Vorgehen und den iterativen Prozess zur Optimierung des Elektrizitätsbedarfs bei der Planung einer Beleuchtung. Die Organisation und die Zuständigkeiten können je nach Projekt abweichen.



3 BERECHNUNG DES ELEKTRIZITÄTSBEDARFS

3.1 Allgemeines

3.1.1 Zweck der Beleuchtung

Der Elektrizitätsbedarf für Beleuchtung setzt sich zusammen aus dem Elektrizitätsbedarf für die Raum- und Akzentbeleuchtung. Die Raumbeleuchtung ermöglicht die im betreffenden Raum anfallenden Sehaufgaben. Die Akzentbeleuchtung dient der Beleuchtung von bestimmten Objekten.

3.1.2 Bezugsgrösse

Der jährliche Elektrizitätsbedarf für die Beleuchtung wird in kWh/m² pro Raum oder pro Gruppe von Räumen mit gleichen Nutzungsbedingungen – bezogen auf die Nettogeschossfläche – ermittelt.

3.1.3 Projektwert

Die Berechnung des Projektwertes erfolgt immer mit den im betreffenden Projektstand besten Annahmen für die Eigenschaften der betreffenden Beleuchtungsanlagen und deren Betriebsbedingungen.

3.1.4 Spezifischer Elektrizitätsbedarf für die Raum- und Akzentbeleuchtung

Der spezifische Elektrizitätsbedarf E_L ergibt sich aus der Multiplikation der spezifischen elektrischen Leistung p_L mit den Volllaststunden t_L (3.3, Methode 1).

$$E_L = \frac{p_L \cdot t_L}{1000} \quad (1)$$

E_L spezifischer Elektrizitätsbedarf Beleuchtung, in kWh/m²·a
 p_L spezifische Leistung Beleuchtung, in W/m²
 t_L Volllaststunden Beleuchtung, in h/a

Alternativ lässt sich der Elektrizitätsbedarf in Stundenschritten durch Aufsummierung der stündlichen Leistungswerte ermitteln (3.4, Methode 2).

3.1.5 Spezifische elektrische Leistung für die Raum- und Akzentbeleuchtung

3.1.5.1 Die spezifische elektrische Leistung p_L für die allgemeine Raumbeleuchtung ergibt sich aus der Summe der Leistungen aller Leuchten geteilt durch die Nettogeschossfläche des Raums bzw. der Raumgruppe.

3.1.5.2 Bei Verwendung einer ständig gedimmten Beleuchtung ist anstelle der installierten Anschlussleistung mit der effektiven Betriebsleistung zu rechnen.

3.1.5.3 Wenn in einem frühen Planungsstadium die Leuchten (Typ und Anzahl) noch nicht bestimmt sind, kann die spezifische elektrische Leistung p_L mit der Näherungsmethode gemäss 3.2 bestimmt werden.

3.1.6 Berechnung der Volllaststunden für die Raum- und Akzentbeleuchtung (Methode 1)

3.1.6.1 Die Volllaststunden t_L der Raumbeleuchtung sind auf Grund der Nutzungsstunden, der Tageslichtverhältnisse, der erforderlichen Beleuchtungsstärke und der Bedienung durch die Benutzer bzw. der automatischen Steuerungen der Beleuchtung und des Sonnenschutzes zu bestimmen.

- 3.1.6.2 Die Einschaltdauer der Beleuchtung ist stark von der Bedienung durch die Benutzer und vom Typ der Beleuchtungssteuerung abhängig. Bei der Steuerung nach Präsenz wird die Beleuchtung auf Grund der Personenpräsenz ein- und ausgeschaltet. Bei der Steuerung nach Tageslicht wird die Beleuchtung auf Grund des einfallenden Tageslichts geregelt, gesteuert oder ein- und ausgeschaltet.
- 3.1.6.3 Wenn keine genaueren Angaben vorhanden sind, kann die Zahl der Volllaststunden t_L mit der Näherungsmethode gemäss 3.3 bestimmt werden.

3.2 Berechnung der spezifischen Leistung

3.2.1 Basisgleichung

Die spezifische Leistung berechnet sich näherungsweise nach der folgenden Gleichung:

$$p_L = \frac{E_0}{f_m \cdot \eta_{v,Lo} \cdot \eta_R} \quad (2)$$

- p_L spezifische Leistung Beleuchtung, in W/m^2
 E_0 Referenzwert der Beleuchtungsstärke für die Leistungsberechnung in lx: $E_0 = k_0 \cdot E_{vm}$
 f_m Wartungsfaktor Beleuchtung (gemäss SN EN 12464-1)
 $\eta_{v,Lo}$ Leuchten-Lichtausbeute, in lm/W
 η_R Raumwirkungsgrad
 k_0 nutzungsspezifischer Korrekturfaktor für die Referenzbeleuchtungsstärke
 E_{vm} Wartungswert der Beleuchtungsstärke in lx (gemäss SN EN 12464-1)

3.2.2 Wartungsfaktor Beleuchtung

Der Wartungsfaktor Beleuchtung f_m berücksichtigt folgende Kriterien:

- Lichtstromrückgang der Leuchte durch Alterung der Leuchtmittel,
- Lichtstromrückgang der Leuchte durch Verschmutzung,
- Verschmutzung und Alterung der Räume.

3.2.3 Leuchten-Lichtausbeute

Die typischen Werte von Leuchten-Lichtausbeuten $\eta_{v,Lo}$ können in der Vorprojektphase der Tabelle 3 entnommen werden. In der Projektphase sollen die effektiven Werte der verwendeten Produkte oder von bauähnlichen Leuchten verwendet werden.

Tabelle 3 Typische Leuchten-Lichtausbeute $\eta_{v,Lo}$ in lm/W von LED-Leuchten (Stand Mitte 2022)

Leuchtenkategorie	niedrige Werte	mittlere Werte	hohe Werte
Anbau- und Pendelleuchten	89	110	130
Einbauleuchten	87	109	131
Stehleuchten	90	113	137
Downlights	78	87	96
Strahler, Spots	70	84	98
Wandleuchten	60	76	93
Industrieleuchten	139	149	159
Lichtleisten	138	157	176
Nassraumleuchten	107	129	150
Mittelwert	90	107	125

Die Tabelle ergibt sich aus der statistischen Auswertung von rund 9000 professionellen Leuchten am Schweizer Markt im Jahr 2022. Die niedrigen Werte entsprechen den 20-Prozent-Perzentilen der Auswertung, d.h. 20% der angebotenen Leuchten sind noch niedriger, 80% liegen darüber (Grundlagen für Grenzwerte). Die hohen Werte entsprechen den 80-Prozent-Perzentilen, d.h. 80% der angebotenen Leuchten sind niedriger, 20% liegen noch höher (Grundlagen für Zielwerte).

3.2.4 Beleuchtungsstärke

3.2.4.1 Nach SN EN 12464-1 sind für eine angemessene Sehleistung und für den Sehkomfort auf den Bereichen der Sehaufgabe mindestens die in Tabelle 4 angegebenen Wartungswerte der Beleuchtungsstärken erforderlich. Werden diese auf einem Bereich der Sehaufgabe unterschritten, muss die Anlage gewartet werden (Reinigung der Leuchten, Auswechseln der Lampen oder kompletten Leuchte). Die Anforderungen der Beleuchtungsstärke in der Umgebung des Sehaufgabenbereichs kann SN EN 12464-1 entnommen werden. In einigen Raumnutzungen sind praxisbedingt zusätzliche Beleuchtungskörper (z.B. Akzentbeleuchtung) notwendig. Mittels eines Korrekturfaktors wird eine zur Ermittlung der installierten Leistung benötigte Referenzbeleuchtungsstärke berechnet.

3.2.4.2 Entsprechen die effektiven Anforderungen nicht den Standardvorgaben der Tabelle 4 (bzw. SN EN 12464-1), müssen nutzungsspezifische Werte (E_{vm} , k_0 , E_0 , R_{UGL}) unter Berücksichtigung der Alters- und Nutzergruppen festgelegt werden. Wo mindestens zwei der Kontextmodifikatoren gemäss 4.3.2.3 erfüllt werden, sollen die Werte gemäss den modifizierten Wartungswerten der Beleuchtungsstärke in SN EN 12464-1 angepasst werden. Die Verwendung spezieller Nutzungen ist zu begründen.

Tabelle 4 Wartungswert der Beleuchtungsstärke E_{vm} , Korrekturfaktor k_0 und Referenzbeleuchtungsstärke E_0 zur Ermittlung der installierten Leistung, Verweis auf die Referenznutzung in SN EN 12464-1

Nr.	Raumnutzung	E_{vm} lx	k_0 –	E_0 lx	Nutzung nach SN EN 12464-1
1.01	Wohnen MFH	150	1	150	–
1.02	Wohnen EFH	150	1	150	–
2.01	Hotelzimmer	50	6	300	–
2.02	Empfang, Lobby	300	1	300	37,1
3.01	Einzel-, Gruppenbüro	500	1	500	34,2
3.02	Grossraumbüro	500	1	500	34,2
3.03	Sitzungszimmer	500	1	500	34,5
3.04	Schalterhalle, Empfang	300	1	300	34,6
4.01	Schulzimmer	500	1	500	44,1
4.02	Lehrerzimmer	300	1	300	44,22
4.03	Bibliothek	300	1	300	41,4
4.04	Hörsaal	500	1	500	44,2
4.05	Schulfachraum	500	1	500	44,14
5.01	Lebensmittelverkauf	300	2,5	750	35,1
5.02	Fachgeschäft	300	2,5	750	35,1
5.03	Verkauf Möbel, Bau, Garten	300	2	600	35,1
6.01	Restaurant	200	1,5	300	37,3
6.02	Selbstbedienungsrestaurant	200	1,5	300	37,4
6.03	Küche zu Restaurant	500	1	500	37,2
6.04	Küche zu SB-Restaurant	500	1	500	37,2
7.01	Vorstellungsraum	300	1	300	39,1
7.02	Mehrzweckhalle	300	1	300	39,1
7.03	Ausstellungshalle	300	2	600	39,1
8.01	Bettzimmer	100	3	300	47,1
8.02	Stationszimmer	500	1	500	46,1
8.03	Behandlungsraum	500	1,5	750	48,1
9.01	Produktion (grobe Arbeit)	300	1	300	26,4
9.02	Produktion (feine Arbeit)	500	1	500	26,5

Tabelle 4 Wartungswert der Beleuchtungsstärke E_{vm} , Korrekturfaktor k_0 und Referenzbeleuchtungsstärke E_0 zur Ermittlung der installierten Leistung, Verweis auf die Referenznutzung in SN EN 12464-1 (Fortsetzung)

Nr.	Raumnutzung	E_{vm} lx	k_0 –	E_0 lx	Nutzung nach SN EN 12464-1
9.03	Laborraum	500	1	500	18,4
10.01	Lagerhalle	200	1,5	300	13,4
11.01	Turnhalle	300	1,67	500	44,26
11.02	Fitnessraum	300	1	300	10,3
11.03	Schwimmhalle	300	1	300	44,26
12.01	Verkehrsfläche	100	1	100	9,1
12.02	Verkehrsfläche 24 h (Mehrfachnutzung)	200	1	200	45,5
12.03	Treppenhaus	100	1	100	9,2
12.04	Nebenraum, Lager	100	1	100	12,1
12.05	Küche, Teeküche	200	1	200	36,3
12.06	WC, Bad, Dusche	200	1	200	10,4
12.07	WC	200	1	200	10,4
12.08	Garderobe, Dusche	200	1	200	36,2
12.09a	Parkhaus privat	75	1	75	42,4
12.09b	Parkhaus öffentlich	150	1	150	42,5
12.10	Wasch- und Trockenraum	300	1	300	24,2
12.11	Kühlraum	100	1	100	12,1
12.12	Serverraum	200	1	200	11,1

3.2.5 Raumwirkungsgrad

3.2.5.1 Der Raumwirkungsgrad η_R berücksichtigt die folgenden drei Einflussfaktoren:

- Geometrie des Raums, charakterisiert durch den Raumindex k_R ,
- Reflexionsgrade ρ von Decke, Wänden und Boden,
- Lichtverteilcharakteristik der Leuchten.

3.2.5.2 Der Raumindex k_R beschreibt das Verhältnis von Nutzfläche zu den Licht absorbierenden Wandflächen:

$$k_R = \frac{l_R \cdot d_R}{h_L \cdot (l_R + d_R)} \quad (3)$$

l_R Länge des Raums in m

d_R Breite des Raums in m

h_L Höhe des Lichtpunktes (Abstand zwischen Lichtquelle und Bewertungsebene) in m; wenn die Art der Leuchten noch nicht definiert ist, kann der Abstand zwischen der Decke und der Bewertungsebene eingesetzt werden (Annahme Deckenleuchten)

3.2.5.3 Der Reflexionsgrad ρ berücksichtigt die Reflexion an den umgebenden Flächen (Decke, Wände, Boden). Für dieses Näherungsverfahren werden 3 Standardkombinationen von Reflexionsgraden definiert:

- hell Decke 80 %, Wände 50 %, Boden 30 %
- normal Decke 70 %, Wände 50 %, Boden 20 %
- dunkel Decke 30 %, Wände 30 %, Boden 10 %

Für die Berechnung ist die insgesamt am besten zutreffende Kombination zu wählen. Bei indirektem Licht und in vermindertem Mass bei direkt-indirektem Licht ist vor allem der Reflexionsgrad der Decke massgebend. Bei nicht gebündeltem Licht und generell bei kleinem Raumindex ($k \leq 1,0$) ist vor allem der Reflexionsgrad der Wände massgebend.

- 3.2.5.4 Bei der Lichtverteilcharakteristik werden vier Fälle unterschieden:
- direkt tief: senkrecht gebündeltes Licht, z.B. Einbauleuchte mit Spiegelraster, offenes Downlight
 - direkt breit: senkrecht ungebündeltes Licht, z.B. Einbauleuchte mit opalener Abdeckung oder Lichtleiste
 - direkt-indirektes Licht, z.B. Pendelleuchte oder Stehleuchte, Deckenleuchte mit opalener Wanne
 - indirektes Licht, z.B. Stehleuchte indirekt

3.2.5.5 Der Raumwirkungsgrad η_R in Abhängigkeit vom Raumindex k_R , von der Lichtverteilcharakteristik und von den Reflexionsgraden des Raums kann durch die folgende Gleichung dargestellt werden:

$$\eta_R = f_1 \cdot \left(\frac{1}{f_2} - \frac{1}{k_R + f_2} \right) \quad (4)$$

f_1 und f_2 sind Faktoren, die von der Lichtverteilcharakteristik und den Reflexionsgraden des Raums abhängig sind. Sie sind in Tabelle 5 angegeben.

Tabelle 5 Faktoren f_1 und f_2 in Abhängigkeit von der Lichtverteilcharakteristik und den Reflexionsgraden

Lichtverteilcharakteristik	Standardkombination der Reflexionsgrade	f_1	f_2
direkt tief	dunkel	0,32	0,32
	normal	0,48	0,41
	hell	0,60	0,46
direkt breit	dunkel	1,00	0,95
	normal	1,25	1,00
	hell	1,35	1,00
direkt-indirekt	dunkel	1,10	1,30
	normal	1,30	1,20
	hell	1,40	1,15
indirekt	dunkel	0,80	1,35
	normal	0,90	1,04
	hell	1,25	1,12

3.3 Berechnung der jährlichen Volllaststunden (Methode 1)

3.3.1 Allgemein

Die vorliegende Norm beschreibt eine einfache Methode zur Ermittlung der Betriebszeiten von Beleuchtungsanlagen, die mit weniger Eingabe-Parametern auskommt als die europäische Norm SN EN 15193.

Die Volllaststunden für die Beleuchtung werden in zwei Schritten berechnet. In einem ersten Schritt werden unter Berücksichtigung des Typs der Beleuchtungssteuerung nach Tageslicht, der Sonnenschutzsteuerung und der baulichen Gegebenheiten die Volllaststunden für eine tägliche Nutzungszeit von 11 Stunden berechnet. In einem zweiten Schritt wird diese Zahl umgerechnet auf die Nutzungsstunden der effektiven Nutzung. Dabei werden auch die Reduktion der Volllaststunden durch die Beleuchtungssteuerung nach Präsenz sowie ein Gleichzeitigkeitsfaktor in Nutzungen mit sehr geringer Personenanwesenheit berücksichtigt.

3.3.2 Volllaststunden pro Tag für eine Nutzungszeit von 11 Stunden

3.3.2.1 Die Volllaststunden pro Tag $t_{L,11}$ für eine Nutzungszeit von 11 Stunden sind gegeben durch:

$$t_{L,11} = 0,5 \cdot (11h - t_{L,min}) \cdot \cos(\pi \cdot z_g / z_{g0}) + 0,5 \cdot (11h + t_{L,min}) \quad \text{für } z_g < z_{g0} \quad (5)$$

$$t_{L,11} = t_{L,min} \quad \text{für } z_g \geq z_{g0}$$

$t_{L,min}$ minimale Volllaststunden

z_g Glasflächenzahl (Verhältnis von Glas- zu Bodenfläche);
bei Oberlichtern wird die doppelte Glasfläche eingesetzt

z_{g0} Wert der Glasflächenzahl, oberhalb welchem keine weitere Reduktion der Volllaststunden eintritt

3.3.2.2 Der Wert von z_{g0} ergibt sich aus:

$$z_{g0} = \text{Max} [0,175; 0,35 \cdot (0,375 + (E_0 / 800 \text{ lx}))] \quad (6)$$

3.3.2.3 Der Wert von $t_{L,min}$ ergibt sich aus:

$$t_{L,min} = \text{Min} [11h; 2h \cdot k_{ctr} \cdot k_{Re} \cdot k_T \cdot \text{Max}(k_{ji}; k_B) \cdot k_{sp} \cdot k_{sur}] \quad (7)$$

3.3.2.4 Der Korrekturfaktor Beleuchtungssteuerung nach Tageslicht k_{ctr} beträgt:

$k_{ctr} = 1,0$ für Konstantlichtregelung mit LED-Lampen

$k_{ctr} = 1,1$ für Konstantlichtregelung mit Leuchtstofflampen

$k_{ctr} = 1,2$ – für automatische Ausschaltung und manuelle Einschaltung
(halbautomatischer Betrieb)

– für automatische Ein/Aus-Schaltung (vollautomatischer Betrieb)

$k_{ctr} = 1,5$ für manuelle Schaltung mit zeitgesteuerter Ausschaltung

$k_{ctr} = 2,0$ für manuelle Schaltung

3.3.2.5 Der Korrekturfaktor Reflexionsgrad k_{Re} beträgt:

$k_{Re} = 1,0$ für Standardkombination hell

$k_{Re} = 1,1$ für Standardkombination normal

$k_{Re} = 1,5$ für Standardkombination dunkel

3.3.2.6 Der Korrekturfaktor Transmissionsgrad k_T beträgt:

$$k_T = 0,7 / \tau_v$$

τ_v Lichttransmissionsgrad der Verglasung (vgl. SN EN ISO 52022-1 und -3)

3.3.2.7 Der Korrekturfaktor Fenstersturz k_{ji} beträgt:

$$k_{ji} = 0,8 + \frac{0,2 \text{ m}}{(h_R - h_{ji} - 1,8 \text{ m})} \quad (8)$$

$$k_{ji} = 1,8 \text{ für } h_R - h_{ji} < 2,0 \text{ m}$$

h_R Raumhöhe in m

h_{ji} Höhe Fenstersturz in m

3.3.2.8 Der Korrekturfaktor Balkon k_B (Überhang) beträgt:

$$k_B = \frac{1}{1 - (0,25 \text{ m}^{-1} \cdot a_B)} \quad (9)$$

$$k_B = 2,0 \quad \text{für } a_B > 2,0 \text{ m}$$

a_B Balkontiefe in m

3.3.2.9 Der Korrekturfaktor Sonnenschutz k_{sp} ergibt sich durch Multiplikation der Teilfaktoren k_{sp1} (Art des Sonnenschutzes) und k_{sp2} (Typ der Sonnenschutzsteuerung): $k_{sp} = k_{sp1} \cdot k_{sp2}$.

Der Korrekturfaktor für die Art des Sonnenschutzes k_{sp1} beträgt:

- $k_{sp1} = 1,0$ helle Lamellen (ρ mind. 70 %) oder lichtdurchlässiger Stoffbehang (τ mind. 25 %) mit Umlenksystem
- $k_{sp1} = 1,1$ helle Lamellen (ρ mind. 70 %) ohne Umlenksystem
- $k_{sp1} = 1,2$ mittelhelle Lamellen (ρ mind. 50 %) oder lichtdurchlässiger Stoffbehang (τ mind. 25 %)
- $k_{sp1} = 1,3$ dunkle Lamellen oder wenig lichtdurchlässiger Stoffbehang (τ mind. 10 %)
- $k_{sp1} = 1,4$ lichtundurchlässiger Stoffbehang

Der Korrekturfaktor für die Sonnenschutzsteuerung k_{sp2} beträgt:

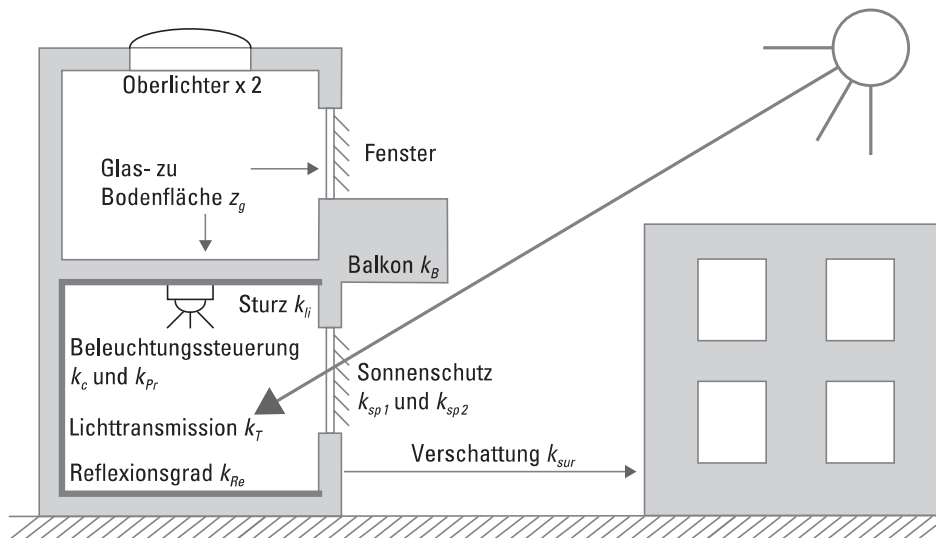
- $k_{sp2} = 1,0$ motorbetrieben mit automatischer Steuerung und Lamellennachführung
- $k_{sp2} = 1,1$ motorbetrieben mit automatischer Steuerung und Berücksichtigung der Verschattung; diese Funktion kann nur angewählt werden, wenn eine Verschattung vorliegt ($k_{sur} = 1,2$ oder $1,4$)
- $k_{sp2} = 1,2$ motorbetrieben mit automatischer Steuerung
- $k_{sp2} = 1,3$ motorbetrieben mit manueller Betätigung
- $k_{sp2} = 1,4$ manuelle Betätigung

Wenn nachweislich kein Sonnenschutz notwendig ist, kann $k_{sp} = 1$ gesetzt werden.

3.3.2.10 Der Korrekturfaktor Horizontverschattung k_{sur} beträgt:

- $k_{sur} = 1,0$ Gebäudestandort mit freier Sicht, keine oder geringe Verschattung durch Umgebung
- $k_{sur} = 1,2$ Gebäudestandort mit mittlerer Verschattung, Verbauungshöhenwinkel zwischen 15° und 35°
- $k_{sur} = 1,4$ Gebäudestandort in der Stadt, grosse Verschattung durch Umgebung

Figur 2 Einflussfaktoren des Tageslichts auf die jährliche Volllaststundenzahl einer Beleuchtungsanlage



3.3.3 Volllaststunden für allgemeine Nutzungszeiten mit Berücksichtigung der Beleuchtungssteuerung nach Präsenz und des Gleichzeitigkeitsfaktors für schwach belegte Nutzungen

3.3.3.1 Die Volllaststunden t_L ergeben sich durch

$$t_L = k_{Pr} \cdot \left(\frac{t_{L,11} \cdot t_{ud}}{11h} + t_{un} \right) d_P \cdot f_P \cdot k_{si} \quad (10)$$

- k_{Pr} Korrekturfaktor Beleuchtungssteuerung nach Präsenz
- $t_{L,11}$ Volllaststunden bei einer Nutzungszeit von 11 Stunden
- t_{ud} Nutzungsstunden Tag (7 h bis 18 h)
- t_{un} Nutzungsstunden Nacht (18 h bis 7 h)
- d_P Nutzungstage pro Jahr
- f_P Jahresgleichzeitigkeit
- k_{si} Korrekturfaktor Gleichzeitigkeit

In SIA 2024 sind Standardannahmen für die Nutzungsstunden Tag und Nacht angegeben.

3.3.3.2 Beim Korrekturfaktor Beleuchtungssteuerung nach Präsenz wird zwischen Nutzungen mit dauernder Präsenz ($k_{Pr} = 1,0$), Nutzungen mit normaler Präsenz und Nutzungen mit sporadischer Präsenz unterschieden. Die Korrekturfaktoren hängen von drei Einflussgrössen ab (Funktionstyp, Nachlaufzeit, Grösse des Erfassungsbereichs).

3.3.3.3 Funktionstypen der Beleuchtungssteuerung nach Präsenz, siehe 1.1.2.15.

3.3.3.4 Nachlaufzeit des Präsenzmelders: Der Faktor ist umso kleiner (und damit die Einsparung grösser), je kürzer die Nachlaufzeit ist.

3.3.3.5 Der Korrekturfaktor k_{Pr} für normale Präsenz hängt von Betriebsmodus und Nachlaufzeit ab.

Tabelle 6 Korrekturfaktor Beleuchtungssteuerung nach Präsenz k_{Pr}

Funktionstyp	Nachlaufzeit Präsenzmelder	Normale Präsenz (NP) und dauernde Präsenz (DP)		Sporadische Präsenz (SP)	
		manuell on, auto off	auto on, auto off	manuell on, auto off	auto on, auto off
Vernetzte Sensor- Leuchten	Typisch 1 Minute	–	0,4	–	0,2
auto on-off oder manuell on / auto off	1 Minute	0,5	0,6	0,3	0,4
	2 Minuten	0,6	0,7	0,4	0,5
	5 Minuten	0,7	0,8	0,5	0,6
Manuelles Schalten mit zeitgesteuertem Aus		0,95		0,8	
Manuelles Schalten		1			

3.3.3.6 In Nutzungen mit sehr schwacher Personenfrequenz (z.B. Lager) oder mehreren, aber nicht gleichzeitig brennenden Leuchten (z.B. Betten- und Hotelzimmer) kommt ein zusätzlicher Gleichzeitigkeitsfaktor zur Anwendung, der die Volllaststundenzahl generell – auch ohne Einsatz von Präsenzmeldern – um 50% reduziert. Die damit erreichten praxisnäheren Volllaststunden sollen falsche Gewichtungen dieser Räume in der energetischen Gesamtbetrachtung der Beleuchtung eines Gebäudes korrigieren.

3.3.3.7 Die Korrekturfaktoren für Beleuchtungssteuerung nach Präsenz k_{Pr} und Gleichzeitigkeit k_{Si} sind abhängig von der Nutzung.

Tabelle 7 Standardnutzungen nach SIA 2024 mit Präsenzart und Gleichzeitigkeitsfaktor k_{Si}

Nr.	Raumnutzung	Dauernde Präsenz*	Normale Präsenz	Sporadische Präsenz	Korrekturfaktor Gleichzeitigkeit k_{Si}
1.01	Wohnen MFH		x		0,5
1.02	Wohnen EFH		x		0,5
2.01	Hotelzimmer	x			0,5
2.02	Empfang, Lobby	x			1
3.01	Einzel-, Gruppenbüro		x		1
3.02	Grossraumbüro		x		1
3.03	Sitzungszimmer		x		1
3.04	Schalterhalle, Empfang	x			1
4.01	Schulzimmer		x		1
4.02	Lehrerzimmer		x		1
4.03	Bibliothek		x		1
4.04	Hörsaal		x		1
4.05	Schulfachraum		x		1
5.01	Lebensmittelverkauf	x			1
5.02	Fachgeschäft	x			1
5.03	Verkauf Möbel, Bau, Garten	x			1
6.01	Restaurant		x		1
6.02	Selbstbedienungsrestaurant		x		1
6.03	Küche zu Restaurant	x			1
6.04	Küche zu SB-Restaurant	x			1
7.01	Vorstellungsraum	x			1
7.02	Mehrzweckhalle	x			1
7.03	Ausstellungshalle	x			1
8.01	Bettzimmer	x			0,5
8.02	Stationszimmer	x			1
8.03	Behandlungsraum	x			1
9.01	Produktion (grobe Arbeit)	x			1
9.02	Produktion (feine Arbeit)	x			1
9.03	Laborraum	x			1
10.01	Lagerhalle		x		1
11.01	Turnhalle		x		1
11.02	Fitnessraum		x		1
11.03	Schwimmhalle		x		1
12.01	Verkehrsfläche			x	0,5
12.02	Verkehrsfläche (24 h)			x	0,5
12.03	Treppenhaus			x	0,5
12.04	Nebenraum			x	0,5
12.05	Küche, Teeküche			x	0,5
12.06	WC, Bad, Dusche			x	0,5
12.07	WC			x	0,5
12.08	Garderobe, Dusche			x	0,5

Tabelle 7 Standardnutzungen nach SIA 2024 mit Präsenzart und Gleichzeitigkeitsfaktor k_{s_i} (Fortsetzung)

Nr.	Raumnutzung	Dauernde Präsenz*	Normale Präsenz	Sporadische Präsenz	Korrekturfaktor Gleichzeitigkeit k_{s_i}
12.09	Parkhaus			x	0,5
12.10	Wasch- und Trockenraum			x	0,5
12.11	Kühlraum			x	0,5
12.12	Serverraum	x			0,5

* Dauernde Präsenz bedeutet insbesondere, dass der Einsatz von Präsenzmeldern in vielen Fällen nicht sinnvoll ist und deshalb im Rechenmodell von SIA 387/4 in den bezeichneten Nutzungen nicht vorgegeben ist. Für diese Raumnutzungen gilt somit $k_{p_r} = 1$.

3.4 Berechnung der Jahresenergie im Stundenschritt (Methode 2)

3.4.1 Tageslichtstrom durch transparente Bauteile

Der Tageslichtstrom durch transparente Bauteile Φ_{dl} wird separat für direkte und diffuse Einstrahlung berechnet. Die Einstrahlungen werden gleichzeitig für die Berechnung der externen Wärmeeinträge benötigt und sind deshalb SIA 380/2 zu entnehmen.

$$\Phi_{dl} = \sum_i A_{w,i} \cdot F_{F,i} \cdot 0,9 \cdot (I_{B,i} \cdot F_{dl,B} \cdot F_{s,B,i} \cdot \tau_{v,tot,B,i} + I_{D,i} \cdot F_{dl,D} \cdot F_{s,D,i} \cdot \tau_{v,tot,D,i}) \quad (11)$$

- $A_{w,i}$ Fensterfläche des Bauteils i , in m^2
- $F_{F,i}$ Verminderungsfaktor für den Rahmen für das Bauteil i
- $I_{B,i}$ direkte Solarstrahlung auf der Fassade i , in W/m^2
- $F_{dl,B}$ Tageslichtfaktor für Direktstrahlung: 125 lm/W
- $F_{s,B,i}$ Verschattungsfaktor für Direktstrahlung für das Bauteil i (siehe 3.4.2.1)
- $\tau_{v,tot,B,i}$ gesamter Lichttransmissionsgrad für Direktstrahlung für das Bauteil i (siehe 3.4.3.2)
- $I_{D,i}$ diffuse Solarstrahlung auf der Fassade i , in W/m^2
- $F_{dl,D}$ Tageslichtfaktor für Diffusstrahlung: 115 lm/W
- $F_{s,D,i}$ Verschattungsfaktor für Diffusstrahlung für das Bauteil i (siehe 3.4.2.1)
- $\tau_{v,tot,D,i}$ gesamter Lichttransmissionsgrad für Diffusstrahlung für das Bauteil i (siehe 3.4.3.2)

Bei Sonnenschutzvorrichtungen mit Umlenksystem (Kategorie 1 gemäss Tabelle 8) ist die Berechnung für die Teile mit und ohne Umlenkung separat vorzunehmen.

3.4.2 Verschattungsfaktoren

Die Verschattungsfaktoren für Direkt- und Diffusstrahlung berechnen sich aus den Faktoren für Horizont, Überhang und Seitenblende:

$$F_{S,B} = F_{S1} \cdot F_{S2,B} \cdot F_{S3,B,l} \cdot F_{S3,B,r} \quad (12)$$

- F_{S1} Verschattungsfaktor Horizont (Topographie und andere Gebäude)
- $F_{S2,B}$ Verschattungsfaktor Überhang für direkte Strahlung
- $F_{S3,B,l}$ Verschattungsfaktor Seitenblende links für direkte Strahlung
- $F_{S3,B,r}$ Verschattungsfaktor Seitenblende rechts für direkte Strahlung

$$F_{S,D} = F_{S2,D} \cdot F_{S3,D,l} \cdot F_{S3,D,r} \quad (13)$$

- $F_{S2,D}$ Verschattungsfaktor Überhang für diffuse Strahlung
- $F_{S3,D,l}$ Verschattungsfaktor Seitenblende links für diffuse Strahlung
- $F_{S3,D,r}$ Verschattungsfaktor Seitenblende rechts für diffuse Strahlung

Sämtliche Teil-Verschattungsfaktoren werden auch für die Berechnung der externen Wärmeeinträge benötigt und sind der Berechnung nach SIA 380/2 zu entnehmen.

3.4.3 Sonnenschutz

3.4.3.1 Der Sonnenschutz wird simultan mit der Berechnung der solaren Wärmeeinträge nach SIA 380/2 (sobald die totale Solarstrahlung $I_{G,i}$ auf der Fensterebene i über den Grenzwert $I_{G,i, set}$ steigt) berücksichtigt.

3.4.3.2 Der gesamte Lichttransmissionsgrad $\tau_{v,tot}$ muss für jedes transparente Bauteil berechnet werden und hängt von der Qualität, dem Funktionstyp der Sonnenschutzsteuerung und vom Einstrahlwinkel ab.

$$\tau_{v,tot,B} = \frac{\tau_{v,G} \cdot \tau_{v,sp,B}}{1 - \rho_{v,G} \cdot \rho_{v,sp,B}} \cdot F_{sp,B,\beta} \cdot F_{sp,B,\delta} \quad (14)$$

$\tau_{v,G}$ Lichttransmissionsgrad der Verglasung
 $\tau_{v,sp,B}$ Lichttransmissionsgrad des Sonnenschutzes für direkte Strahlung
 $\rho_{v,G}$ Lichtreflexionsgrad der Verglasung
 $\rho_{v,sp,B}$ Lichtreflexionsgrad des Sonnenschutzes für direkte Strahlung
 $F_{sp,B,\beta}$ Korrekturfaktor des Lichttransmissionsgrades für direkte Strahlung für den Lamellwinkel
 $F_{sp,B,\delta}$ Korrekturfaktor des Lichttransmissionsgrades für direkte Strahlung für die Sonnenhöhe

$$\tau_{v,tot,D} = \frac{\tau_{v,G} \cdot \tau_{v,sp,D}}{1 - \rho_{v,G} \cdot \rho_{v,sp,D}} \cdot F_{sp,D,\beta} \quad (15)$$

$\tau_{v,sp,D}$ Lichttransmissionsgrad des Sonnenschutzes für diffuse Strahlung
 $\rho_{v,sp,D}$ Lichtreflexionsgrad des Sonnenschutzes für diffuse Strahlung
 $F_{sp,D,\beta}$ Korrekturfaktor des Lichttransmissionsgrades für diffuse Strahlung für den Lamellen-Anstellwinkel

3.4.3.3 Bei Stoffbehang sind $\tau_{v,sp,B}$ und $\tau_{v,sp,D}$ gleich $\tau_{v,sp}$.

3.4.3.4 Bei Stoffbehang und Sonnenschutzsteuerung Typ X = 1 oder 2 gemäss Tabelle 9 sind $F_{sp,B,\beta}$, $F_{sp,B,\delta}$ und $F_{sp,D,\beta} = 1$. Bei Typ X = 3 kann ein Ausstellen des Sonnenschutzes berücksichtigt werden und die Verschattungsfaktoren sind gemäss SN EN 14500 zu bestimmen.

3.4.3.5 Bei Lamellenstoren sind $\tau_{v,sp,B} = \tau_{v,B,45}$, $\rho_{v,sp,B} = \rho_{v,B,45}$ sowie $\tau_{v,sp,D} = \tau_{v,D,45}$ und $\rho_{v,sp,D} = \rho_{v,B,D}$ einzusetzen.

$\tau_{v,B,45}$ Lichttransmissionsgrad des Sonnenschutzes für direkte Strahlung in Arbeitsstellung (45°) bei Sonnenhöhe 45° gemäss SN EN 14500
 $\rho_{v,B,45}$ Lichtreflexionsgrad des Sonnenschutzes für direkte Strahlung in Arbeitsstellung (45°) bei Sonnenhöhe 45° gemäss SN EN 14500
 $\tau_{v,D,45}$ Lichttransmissionsgrad des Sonnenschutzes für diffuse Strahlung in Arbeitsstellung (45°) bei Sonnenhöhe 45° gemäss SN EN 14500
 $\rho_{v,D,45}$ Lichtreflexionsgrad des Sonnenschutzes für diffuse Strahlung in Arbeitsstellung (45°) bei Sonnenhöhe 45° gemäss SN EN 14500

Dazu sind Herstellerangaben zu verwenden. Falls keine näheren Angaben vorliegen, sind abhängig von der Art des Sonnenschutzes gemäss 3.3.2.9 die Werte von Tabelle 8 einzusetzen.

Tabelle 8 Werte für die Berechnung des Transmissionsgrades des Sonnenschutzes

Kategorie Sonnenschutz	Art des Sonnenschutzes	Umlenksystem	Reflexionsgrad des Materials	Transmissionsgrad des Materials	Reflexionsgrad aussen der Verglasung
1	Lamellen	Lamellenwinkel konstant 0° im Umlenkbereich	0,7	0	0,125
	Stoffbehang	Sonnenschutz nicht aktiv im Umlenkbereich	0,5	0,25	
2	Lamellen	–	0,7	0	
3	Lamellen	–	0,5	0	
	Stoffbehang		0,35	0,25	
4	Lamellen	–	0,3	0	
	Stoffbehang		0,25	0,1	
5	Stoffbehang	–	0,2	0,05	

3.4.3.6 Die Korrekturfaktoren des Lichttransmissionsgrades für den Lamellen-Anstellwinkel sind:

$$F_{sp,B,\beta} = 1 - \frac{\beta - 45^\circ}{45^\circ} \quad (16)$$

$$F_{sp,D,\beta} = -1,1 \cdot 10^{-6} \cdot \beta^3 - 5 \cdot 10^{-5} \cdot \beta^2 + 1,2 \quad (17)$$

3.4.3.7 Der Lamellen-Anstellwinkel in (16) und (17) wird für die drei Funktionstypen der Sonnenschutzsteuerung gemäss Tabelle 9 berechnet.

Tabelle 9 Berechnung des Lamellen-Anstellwinkels für die drei Funktionstypen der Sonnenschutzsteuerung

Funktionstyp	Typ in SIA 411	Beschrieb	Berechnung des Lamellen-Anstellwinkels
Motorbetrieben mit manueller Betätigung	X = 1	Die Lamellen gehen in Arbeitsposition 45° und werden mehr geschlossen, wenn Direktstrahlung eindringen würde. Sie werden nicht mehr zurückgestellt, wenn sie mehr geschlossen sind.	$\beta = \max(45^\circ ; 90^\circ - 2 \cdot \delta_{s,n} ; \beta_{h-1})$ (18) β_{h-1} Lamellen-Anstellwinkel der vorangehenden Stunde
Motorbetrieben mit automatischer Steuerung (mit oder ohne Berücksichtigung der Verschattung)	X = 2	Die Lamellen gehen in Arbeitsposition 45° und werden mehr geschlossen, wenn Direktstrahlung eindringen würde.	$\beta = \max(45^\circ ; 90^\circ - 2 \cdot \delta_{s,n})$ (19)
Motorbetrieben mit automatischer Steuerung und Lamellen-nachführung	X = 3	Die Lamellen gehen in die optimale Position, so dass keine Direktstrahlung eindringt.	$\beta = \max[0^\circ ; \min(90^\circ ; 90^\circ - 2 \cdot \delta_{s,n})]$ (20)

3.4.3.8 Die orthogonale Sonnenhöhe $\delta_{s,n}$ ist

$$\delta_{s,n} = \arctg\left(\frac{\text{tg}\delta_s}{\cos \alpha_i}\right) \quad (21)$$

δ_s Sonnenhöhe
 α_i relatives Sonnenazimut gegenüber der Flächennormale

3.4.3.9 Der Korrekturfaktor des Lichttransmissionsgrades für direkte Strahlung $F_{sp,B,\delta}$ für die Sonnenhöhe beträgt

$$F_{sp,B,\delta} = 1 - 0,1 \cdot \frac{\delta_{s,n} - 45^\circ}{20^\circ} \quad (22)$$

3.4.4 Beleuchtungsleistung

3.4.4.1 Aktuelle stündliche Beleuchtungsleistung während der Einschaltdauer

Sie berechnet sich wie folgt:

$$P_{L,act} = p_L \cdot [A_{NGF,dl} \cdot F_{c,dl} + (A_{NGF} - A_{NGF,dl})] \cdot F_{c,Pr} \quad (23)$$

$P_{L,act}$ aktuelle stündliche Beleuchtungsleistung
 p_L spezifische Leistung Beleuchtung, in W/m^2
 $A_{NGF,dl}$ mit Tageslicht versorgte Nettogeschossfläche (siehe 3.4.4.3)
 $F_{c,dl}$ Faktor für Beleuchtungssteuerung nach Tageslicht (siehe 3.4.4.2)
 A_{NGF} Nettogeschossfläche, in m^2
 $F_{c,Pr}$ Faktor für Beleuchtungssteuerung nach Präsenz (siehe 3.4.4.4)

In Raumbereichen, die ausserhalb der mit Tageslicht versorgten Nettogeschossfläche $A_{NGF,dl}$ liegen, bleiben somit die Leuchten eingeschaltet.

Die Einschaltdauer entspricht nutzungsspezifisch den Stunden mit $f_{p,h} > 0$ gemäss SIA 2024. Wenn keine genaueren Angaben vorliegen, ist für die Raumbelichtung immer von automatischer Beleuchtungssteuerung nach Präsenz und Tageslicht auszugehen.

Die Akzentbeleuchtung ist während der Einschaltdauer immer eingeschaltet.

3.4.4.2 Beleuchtungssteuerung nach Tageslicht

Die Faktoren für die Beleuchtungssteuerung nach Tageslicht werden gemäss Tabelle 10 bestimmt.

Tabelle 10 Faktoren für Beleuchtungssteuerung nach Tageslicht

Beleuchtungssteuerung nach 1.1.2.15	$F_{c,dl}$
Konstantlichtregelung mit LED-Lampen	$F_{c,dl} = \max\left(1 - \frac{E_{dl}}{E_{vm}}; 0\right)$ (24)
Manuelle Ein- und automatische Ausschaltung, für LED- und Leuchtstofflampen	$F_{c,dl} = \begin{cases} 1 & \text{wenn } E_{dl} < (E_{vm} - \Delta E_{vm}) \\ 0 & \text{wenn } E_{dl} > E_{vm} \text{ und } F_{c,dl,h-1} = 1 \\ F_{c,dl,h-1} & \text{sonst} \end{cases}$ (25)
Konstantlichtregelung mit Leuchtstofflampen	$F_{c,dl} = \max\left(1 - 0,8 \cdot \frac{E_{dl}}{E_{vm}}; 0,2\right)$ (26)
Automatische Ein/Aus-Schaltung	$F_{c,dl} = \begin{cases} 1 & \text{wenn } E_{dl} < E_{vm} \\ 0 & \text{sonst} \end{cases}$ (27)

Tabelle 10 Faktoren für Beleuchtungssteuerung nach Tageslicht (Fortsetzung)

Manuelle Ein/Aus-Schaltung mit zusätzlicher zeitgesteuerter Aus-schaltung	$F_{c,dl} = \begin{cases} 1 & \text{wenn } E_{dl} < (E_{vm}) \\ 0 & \text{wenn } [E_{dl} > (E_{vm} + \Delta E_{vm}) \text{ und } F_{c,dl,h-1} = 1] \\ & \text{oder } [E_{dl} > E_{vm} \text{ und } (h = 10 \text{ oder} \\ & h = 13 \text{ oder } h = 16 \text{ oder } h = 19)] \\ F_{c,dl,h-1} & \text{sonst} \end{cases} \quad (28)$
Manuelle Ein/Aus-Schaltung	$F_{c,dl} = \begin{cases} 1 & \text{wenn } E_{dl} < E_{vm} \\ 0 & \text{wenn } E_{dl} > (E_{vm} + \Delta E_{vm}) \text{ und } F_{c,dl,h-1} = 1 \\ F_{c,dl,h-1} & \text{sonst} \end{cases} \quad (29)$

Die Schalthysterese beträgt $\Delta E_{vm} = 0,5 \cdot E_{vm}$.

3.4.4.3 Verfügbares Tageslicht

Die Tageslichtnutzung wird für die Fläche $A_{NGF,dl}$ entlang den mit Fenstern versehenen Fassaden berücksichtigt. Die mit Tageslicht versorgte Fläche entspricht der Raumlänge mal der mit Tageslicht versorgten Raumtiefe. Diese beträgt

- bei Sonnenschutzvorrichtungen mit Umlenksystem (Kategorie 1 gemäss Tabelle 8) bis maximal zur dreifachen lichten Raumhöhe,
- bei allen übrigen Sonnenschutzvorrichtungen bis maximal zur zweifachen lichten Raumhöhe.

Unter Berücksichtigung des Raumwirkungsgrades η_R wird aus dem Verhältnis von Tageslichtstrom Φ_{dl} zu $A_{NGF,dl}$ die durchschnittliche Tageslichtbeleuchtungsstärke E_{dl} berechnet.

$$E_{dl} = \frac{\eta_R \cdot \Phi_{dl}}{A_{NGF,dl}} \cdot (1 - 0,55 \cdot h_{ji}) \quad (30)$$

h_{ji} Sturzhöhe, in m

Der Raumwirkungsgrad η_R wird gemäss 3.2.5.5 berechnet, wobei für die Berechnung des Raumindexes die effektive Raumtiefe und die Distanz zwischen Bewertungsebene und Decke, sowie für die Faktoren f_1 und f_2 je nach Standardkombination der Reflexionsgrade die Werte für die Lichtverteilcharakteristik «indirekt» gemäss Tabelle 5 einzusetzen sind.

3.4.4.4 Beleuchtungssteuerung nach Präsenz

Der Faktor für die Beleuchtungssteuerung nach Präsenz $F_{c,Pr}$ wird wie folgt berechnet:

$$F_{c,Pr} = f_{P,m} \cdot f_{P,h} + (1 - f_{P,m} \cdot f_{P,h}) \cdot k_{Pr} \cdot k_{Si} \quad (31)$$

$f_{P,m}$ monatlicher Präsenzfaktor für Personen gemäss SIA 2024

$f_{P,h}$ stündlicher Präsenzfaktor für Personen gemäss SIA 2024

k_{Pr} Korrekturfaktor Präsenzmelder gemäss Tabelle 6 und Fussnote (*) zu Tabelle 7

k_{Si} Korrekturfaktor für Gleichzeitigkeit gemäss Tabelle 7

4 ANFORDERUNGEN

4.1 Allgemeines

4.1.1 Grenz- und Zielwerte

4.1.1.1 Grenzwerte und allgemeine Anforderungen an die Beleuchtung sind bei Neu- und Umbauten sowie beim Ersatz einzelner bestehender Beleuchtungsanlagen einzuhalten.

4.1.1.2 Zielwerte sind bei Neubauten und beim Ersatz bestehender Anlagen anzustreben.

4.1.2 Einzel- und Systemanforderungen

Es werden Einzelanforderungen an die Leuchten oder Systemanforderungen an den Elektrizitätsbedarf Beleuchtung gestellt. Einzelanforderungen eignen sich vor allem für Teilflächen und kleine Gebäude (bis 500 m²). Für grössere Zweckbauten wird die Erstellung des Energieaufweises mit den Systemanforderungen empfohlen.

4.2 Einzelanforderungen

4.2.1 Voraussetzungen

Die Anwendung der Einzelanforderungen setzt Folgendes voraus:

- Die Wartungswerte der Beleuchtungsstärke in den Bereichen der Sehaufgabe und die Blendbegrenzung (UGR) müssen mindestens den Werten von SN EN 12464-1 entsprechen.
- Der Korrekturfaktor für den Sonnenschutz muss mindestens 1,4 betragen (vgl. 3.3.2.9).
- Die Reflexionsgrade des Raums sollen mindestens der Standardkombination normal (vgl. 3.2.5.3) entsprechen.

4.2.2 Anforderungen an die Leuchten-Lichtausbeute

4.2.2.1 Die Anforderungen werden für verschiedene Leuchtenkategorien als Verhältnis zwischen Gesamtlichtstrom und aufgenommener Leistung festgelegt. Die verwendete Berechnung basiert auf derjenigen der Energieetikette für Lichtquellen (EU-Nr. 2019/2015). Die Verlustleistung des Betriebsgerätes ist eingeschlossen.

4.2.2.2 Für die Leuchten-Lichtausbeute $\eta_{v,Lo}$ gelten die Grenz- und Zielwerte gemäss Tabelle 11. Ausnahmen von diesen Anforderungen sind zulässig für Leuchten mit maximal 5% der gesamten installierten Leistung.

Tabelle 11 Einzelanforderungen an die Leuchten-Lichtausbeute

Leuchtenkategorie	Anforderungs-Niveau	Effizienzklasse nach EU 2019/2015	Leuchten-Lichtausbeute*
Decken-, Pendel-, Stehleuchten	Grenzwert	E	94
	Zielwert	C	136
Industrieleuchten und Lichtleisten	Grenzwert	C	136
	Zielwert	A	179
Downlight, Strahler, Spots, Wandleuchten	Grenzwert	F	72
	Zielwert	E	115

* Annahme: Gebündeltes Licht einer Leuchte, die direkt an die Netzspannung angeschlossen ist. Der Abschlag bei der Energieeffizienz-Anforderung von 15% gegenüber dem ungebündelten Licht berücksichtigt den Verlust, der durch die Lichtlenkung in der Leuchte entsteht.

4.2.3 Anforderungen an die Beleuchtungssteuerung

Bei der Beleuchtungssteuerung nach Tageslicht soll vorzugsweise der Funktionstyp Konstantlichtregelung oder automatische Aus-Schaltung und bei der Beleuchtungssteuerung nach Präsenz der Funktionstyp automatische Ein/Aus-Schaltung oder automatische Aus-Schaltung gewählt werden, ausser in Nutzungen mit dauernder Präsenz oder mit sensiblen Nutzern (vgl. 3.3.3.2). Die Einstellwerte der automatischen Steuerfunktionen müssen einjustiert werden, vor allem bei der Beleuchtungssteuerung nach Tageslicht. Die Nachlaufzeit der Sensoren soll nicht mehr als 5 Minuten betragen. Empfehlung: 1 Minute.

4.3 Systemanforderungen

4.3.1 Allgemeines

4.3.1.1 Die Systemanforderungen an den Elektrizitätsbedarf Beleuchtung ergeben sich aus einem Vergleichsprojekt, bei welchem für die von den Planern nicht beeinflussbaren Parameter (Nutzung, Raumgrösse, Fassadenausrichtung usw.) die projektspezifischen Werte und für die von den Planern beeinflussbaren Parameter (Glasanteil der Fassade, g -Wert, Reflexionsgrad des Raums usw.) Standardannahmen einzusetzen sind. Dadurch wird eine ganzheitliche Optimierung aller beeinflussbaren Parameter ermöglicht. Die Anforderungen sind, unabhängig von den nicht beeinflussbaren Parametern, immer mit vergleichbarem Aufwand einzuhalten.

4.3.1.2 Die Grenz- und Zielwerte für den spezifischen Elektrizitätsbedarf Beleuchtung ergeben sich durch Anwendung der Berechnungsmethoden gemäss 3.2 und 3.3 (Methode 1) bzw. 3.4 (Methode 2) mit den Standardannahmen gemäss 4.3.2.

4.3.1.3 Für die Referenzwerte der Beleuchtungsstärke E_0 werden die der geplanten Nutzung entsprechenden Werte gemäss Tabelle 4 eingesetzt.

4.3.1.4 Bei Nutzungen, die nicht in Tabelle 4 bzw. SIA 2024 aufgeführt sind, werden die Beleuchtungsstärken von SN EN 12464-1 oder einer anderen spezifischen Richtlinie (z.B. für alters- und sehbehindertengerechte Beleuchtung im Innenraum) verwendet. Die Anwendung einer nicht dokumentierten Referenzbeleuchtungsstärke ist zu begründen. Nutzungen ausserhalb der Standardnutzungen nach SIA 2024 werden als Spezialnutzungen bezeichnet.

4.3.2 Standardannahmen im Vergleichsprojekt für die Berechnung von Grenz- und Zielwert

4.3.2.1 Die Grenz- und Zielwerte des spezifischen Elektrizitätsbedarfs Beleuchtung für das Vergleichsprojekt ergeben sich mit den Standardannahmen gemäss den Tabellen 12 und 13.

Tabelle 12 Kriterien und Standardannahmen zur Ermittlung der Leistung p_L im Vergleichsprojekt

Kriterien	Grenzwert	Zielwert
Referenzbeleuchtungsstärke E_0 (Tabelle 4)	nutzungsabhängig	
Wartungsfaktor f_m (3.2.2)	0,8	
Leuchten-Lichtausbeute $\eta_{v,Lo}$ (3.2.3)	90 lm/W	130 lm/W
– erhöhte Anforderungen	130 lm/W	160 lm/W
– abgeschwächte Anforderungen	70 lm/W	100 lm/W
Raumindex k_R (3.2.5.2)	projektspezifisch	
Raumhelligkeit (3.2.5.3)	normal	hell
Lichtverteilcharakteristik (Tabelle 5)	direkt breit strahlend	

- 4.3.2.2 Erhöhte Anforderungen gelten für die Nutzungen Industrie und Parking:
- 9.1 Produktion (grobe Arbeit)
 - 9.2 Produktion (feine Arbeit)
 - 10.1 Lagerhalle
 - 12.9 Parkhaus
- 4.3.2.3 Die Reduktion des Grenz- und Zielwerts zu den abgeschwächten Anforderungen muss im Energienachweis begründet werden. Es wird jedoch empfohlen, den Wartungswert der Beleuchtungsstärke zu erhöhen, wenn die Sehbedingungen von den üblichen Annahmen abweichen. Als Richtwert gelten die in SN EN 12464-1 aufgelisteten modifizierten Wartungswerte der Beleuchtungsstärke. Die dazugehörigen Kontextmodifikatoren sind als Begründung zulässig:
- die Sehaufgabe ist kritisch für den Arbeitsablauf,
 - Fehler können nur unter hohen Kosten behoben werden,
 - Genauigkeit, höhere Produktivität oder erhöhte Konzentration sind von grosser Bedeutung,
 - Aufgabendetails sind ungewöhnlich klein oder kontrastarm,
 - die Aufgabe wird ungewöhnlich lange ausgeführt,
 - der Bereich der Sehaufgabe oder Tätigkeit verfügt über wenig Tageslicht,
 - die Sehfähigkeit des Arbeitnehmers liegt unter dem üblichen Sehvermögen.
- 4.3.2.4 Tabelle 13 Kriterien und Standardannahmen zur Ermittlung der Volllaststundenzahl t_L (Methode 1) bzw. der stündlichen Beleuchtungsleistungen p_L (Methode 2) im Vergleichsprojekt

Kriterien	Grenzwert	Zielwert
Glasflächenzahl z_g	projektspezifisch	
Typ der Beleuchtungssteuerung nach Tageslicht (3.3.2.4)	manuelle Schaltung	Konstantlichtregelung mit LED-Lampen
Reflexionsgrad (3.3.2.5)	normal	hell
Transmissionsgrad (3.3.2.6)	0,7	
Höhe Fenstersturz (3.3.2.7)	0,2 m	
Balkone (3.3.2.8)	keine	
Art des Sonnenschutzes (3.3.2.9 bzw. Tabelle 8)	mittelhelle Lamellen (ρ mind. 50 %) oder lichtdurchlässiger Stoffbehang (τ mind. 30 %), Kategorie 3	helle Lamellen oder Stoffbehang, Kategorie 1
Typ der Sonnenschutzsteuerung (3.3.2.9 bzw. Tabelle 9)	automatische Steuerung, Regelstrategie 3	automatische Steuerung, Regelstrategie 1
Horizontverschattung (3.3.2.10)	projektspezifisch	
Beleuchtungssteuerung nach Präsenz (Tabelle 6)	manuelle Schaltung	<ul style="list-style-type: none"> – dauernde Präsenz: manuelle Schaltung – normale Präsenz: auto-off, 1 Minute – sporadische Präsenz: auto-on-off, 1 Minute
Korrekturfaktor Gleichzeitigkeit k_{si} (Tabelle 7)	nutzungsabhängig	

4.3.3 Grenz- und Zielwerte für die Standardnutzungen

Für die Standardnutzungen gemäss SIA 2024 und für typische Raumdimensionen, Glasflächenzahlen und Nutzungsstunden sind die Grenz- und Zielwerte in Tabelle 14 angegeben.

4.3.4 **Gebäudeanforderung**

Die Anforderungen an den spezifischen Elektrizitätsbedarf Beleuchtung für die einzelnen Räume müssen nicht eingehalten werden, wenn nachgewiesen ist, dass die Anforderung an den spezifischen Elektrizitätsbedarf Beleuchtung des Gebäudes eingehalten ist. Dieser ergibt sich aus dem flächengewichteten Mittel der Grenzwerte bzw. Zielwerte der beleuchteten Räume, für welche Grenz- und Zielwerte definiert sind.

Anhang A (informativ) Typische Grenz- und Zielwerte

Für die Standardnutzungen gemäss SIA 2024 und den zugehörigen Annahmen für Raumgrösse, Nutzungsstunden und Glasflächenanteil ergeben sich typische Grenz- und Zielwerte für die Beleuchtung. Die Werte sind nach der Methode 1 (Ziffer 3.3) gerechnet. Mit der Methode 2 (Ziffer 3.4) können sich abweichende Anforderungswerte ergeben.

Tabelle 14 Typische Grenz- und Zielwerte für die spezifische elektrische Leistung p_L , die Voll- laststundenzahl t_L und den jährlichen spezifischen Elektrizitätsbedarf Beleuchtung E_L

Nr.	Raumnutzung	spezifische Leistung W/m ²		Volllaststunden h		spezifischer Elektrizitätsbedarf kWh/m ²	
		Grenz- wert	Ziel- wert	Grenz- wert	Ziel- wert	Grenz- wert	Ziel- wert
1.01	Wohnen MFH	3,6	2,3	499	382	1,8	0,9
1.02	Wohnen EFH	3,6	2,3	499	382	1,8	0,9
2.01	Hotelzimmer	6,0	3,8	677	540	4,0	2,1
2.02	Empfang, Lobby	5,1	3,3	4097	3155	21,1	10,4
3.01	Einzel-, Gruppenbüro	9,7	6,2	1383	267	13,4	1,7
3.02	Grossraumbüro	7,6	4,9	1931	795	14,7	3,9
3.03	Sitzungszimmer	9,7	6,2	754	145	7,3	0,9
3.04	Schalterhalle, Empfang	5,5	3,5	1469	699	8,1	2,5
4.01	Schulzimmer	8,6	5,5	1312	331	11,3	1,8
4.02	Lehrerzimmer	5,8	3,7	1158	183	6,8	0,7
4.03	Bibliothek	4,6	2,9	1504	516	6,9	1,5
4.04	Hörsaal	7,6	4,9	1689	696	12,9	3,4
4.05	Schulfachraum	8,6	5,5	1312	331	11,3	1,8
5.01	Lebensmittelverkauf	11,6	7,5	4006	4006	46,6	29,9
5.02	Fachgeschäft	11,6	7,5	4006	4006	46,6	29,9
5.03	Verkauf Möbel, Bau, Garten	9,3	6,0	4006	4006	37,3	23,9
6.01	Restaurant	4,6	2,9	2626	1137	12,0	3,3
6.02	Selbstbedienungsrestaurant	4,1	2,6	1564	694	6,4	1,8
6.03	Küche zu Restaurant	9,7	6,2	2458	1717	23,9	10,7
6.04	Küche zu SB-Restaurant	7,6	4,9	1894	1560	14,5	7,6
7.01	Vorstellungsraum	5,4	3,5	3005	3005	16,3	10,4
7.02	Mehrzweckhalle	5,4	3,5	2968	2002	16,1	7,0
7.03	Ausstellungshalle	10,8	6,9	3381	2799	36,6	19,4
8.01	Bettzimmer	5,3	3,4	1553	802	8,2	2,7
8.02	Stationszimmer	9,7	6,2	5730	4542	55,7	28,3
8.03	Behandlungsraum	14,6	9,3	1921	1147	28,0	10,7
9.01	Produktion (grobe Arbeit)	3,8	2,8	4145	1670	15,5	4,7
9.02	Produktion (feine Arbeit)	6,3	4,7	1677	550	10,5	2,6
9.03	Laborraum	9,9	6,4	1327	425	13,2	2,7
10.01	Lagerhalle	3,9	2,9	4145	1670	16,2	4,9
11.01	Turnhalle	8,8	5,6	2247	894	19,7	5,0
11.02	Fitnessraum	5,0	3,2	3125	1269	15,5	4,0
11.03	Schwimmhalle	5,7	3,6	2812	967	15,9	3,5

Tabelle 14 Typische Grenz- und Zielwerte für die spezifische elektrische Leistung p_L , die Voll-
laststundenzahl t_L und den jährlichen spezifischen Elektrizitätsbedarf Beleuchtung E_L
(Fortsetzung)

Nr.	Raumnutzung	spezifische Leistung W/m ²		Volllaststunden h		spezifischer Elektrizitätsbedarf kWh/m ²	
		Grenz- wert	Ziel- wert	Grenz- wert	Ziel- wert	Grenz- wert	Ziel- wert
12.01	Verkehrsfläche	2,7	1,8	1402	257	3,8	0,5
12.02	Verkehrsfläche 24 h	5,5	3,5	3008	899	16,5	3,2
12.03	Treppenhaus	2,7	1,8	1402	257	3,8	0,5
12.04	Nebenraum, Lager	2,3	1,5	1402	257	3,3	0,4
12.05	Küche, Teeküche	4,0	2,5	825	132	3,3	0,3
12.06	WC, Bad, Dusche	4,7	3,0	825	132	3,9	0,4
12.07	WC	7,7	4,9	794	100	6,1	0,5
12.08	Garderobe, Dusche	4,4	2,8	845	140	3,7	0,4
12.09a	Parkhaus privat	0,7	0,6	1606	642	1,2	0,4
12.09b	Parkhaus öffentlich	1,5	1,1	2336	934	3,5	1,1
12.10	Wasch- und Trockenraum	6,6	4,2	1090	244	7,2	1,0
12.11	Kühlraum	2,2	1,4	52	21	0,1	0,0
12.12	Serverraum	5,2	3,3	73	73	0,4	0,2

Anhang B (informativ) Werte für bestehende Gebäude

Die typischen Bestandeswerte (im Jahr 2022) für die Standardnutzungen nach SIA 2024 entsprechen den Grenzwerten der Norm SIA 387/4:2017. Der Grenzwert nach Norm SIA 387/4:2017 (aufgehoben) berechnete sich mit einer Leuchten-Lichtausbeute von 70 lm/W anstelle der Werte in Tabelle 12. Sonst unverändert.

Tabelle 15 Typische Werte für den jährlichen spezifischen Elektrizitätsbedarf Beleuchtung E_L in bestehenden Gebäuden (Bestand) für die Standardnutzungen gemäss SIA 2024 im Vergleich zu den Grenz- und Zielwerten

Nr.	Raumnutzung	spezifische Leistung			spezifischer Elektrizitätsbedarf		
		Bestand	Grenzwert	Zielwert	Bestand	Grenzwert	Zielwert
1.01	Wohnen MFH	4,6	3,6	2,3	4,6	1,8	0,9
1.02	Wohnen EFH	4,6	3,6	2,3	4,6	1,8	0,9
2.01	Hotelzimmer	7,7	6,0	3,8	5,2	4,0	2,1
2.02	Empfang, Lobby	6,6	5,1	3,3	27,1	21,1	10,4
3.01	Einzel-, Gruppenbüro	12,5	9,7	6,2	17,3	13,4	1,7
3.02	Grossraumbüro	9,8	7,6	4,9	19,0	14,7	3,9
3.03	Sitzungszimmer	12,5	9,7	6,2	9,4	7,3	0,9
3.04	Schalterhalle, Empfang	7,1	5,5	3,5	10,4	8,1	2,5
4.01	Schulzimmer	11,0	8,6	5,5	14,5	11,3	1,8
4.02	Lehrerzimmer	7,5	5,8	3,7	8,7	6,8	0,7
4.03	Bibliothek	5,9	4,6	2,9	8,9	6,9	1,5
4.04	Hörsaal	9,8	7,6	4,9	16,6	12,9	3,4
4.05	Schulfachraum	11,0	8,6	5,5	14,5	11,3	1,8
5.01	Lebensmittelverkauf	14,9	11,6	7,5	59,9	46,6	29,9
5.02	Fachgeschäft	14,9	11,6	7,5	59,9	46,6	29,9
5.03	Verkauf Möbel, Bau, Garten	12,0	9,3	6,0	47,9	37,3	23,9
6.01	Restaurant	5,9	4,6	2,9	15,5	12,0	3,3
6.02	Selbstbedienungsrestaurant	5,3	4,1	2,6	8,2	6,4	1,8
6.03	Küche zu Restaurant	12,5	9,7	6,2	30,7	23,9	10,7
6.04	Küche zu SB-Restaurant	9,8	7,6	4,9	18,6	14,5	7,6
7.01	Vorstellungsraum	7,0	5,4	3,5	20,9	16,3	10,4
7.02	Mehrzweckhalle	7,0	5,4	3,5	20,7	16,1	7,0
7.03	Ausstellungshalle	13,9	10,8	6,9	47,1	36,6	19,4
8.01	Bettzimmer	6,8	5,3	3,4	10,5	8,2	2,7
8.02	Stationszimmer	12,5	9,7	6,2	71,6	55,7	28,3
8.03	Behandlungsraum	18,8	14,6	9,3	36,0	28,0	10,7
9.01	Produktion (grobe Arbeit)	7,0	3,8	2,8	28,9	15,5	4,7
9.02	Produktion (feine Arbeit)	11,6	6,3	4,7	19,5	10,5	2,6
9.03	Laborraum	12,8	9,9	6,4	17,0	13,2	2,7
10.01	Lagerhalle	7,3	3,9	2,9	30,1	16,2	4,9
11.01	Turnhalle	11,3	8,8	5,6	25,3	19,7	5,0
11.02	Fitnessraum	6,4	5,0	3,2	20,0	15,5	4,0

Tabelle 15 Typische Werte für den jährlichen spezifischen Elektrizitätsbedarf Beleuchtung E_L in bestehenden Gebäuden (Bestand) für die Standardnutzungen gemäss SIA 2024 im Vergleich zu den Grenz- und Zielwerten (Fortsetzung)

Nr.	Raumnutzung	spezifische Leistung			spezifischer Elektrizitätsbedarf		
		Bestand	W/m ² Grenz- wert	Zielwert	Bestand	kWh/m ² Grenz- wert	Zielwert
11.03	Schwimmhalle	7,3	5,7	3,6	20,4	15,9	3,5
12.01	Verkehrsfläche	3,5	2,7	1,8	4,9	3,8	0,5
12.02	Verkehrsfläche 24 h	7,1	5,5	3,5	21,2	16,5	3,2
12.03	Treppenhaus	3,5	2,7	1,8	4,9	3,8	0,5
12.04	Nebenraum, Lager	3,0	2,3	1,5	4,2	3,3	0,4
12.05	Küche, Teeküche	5,1	4,0	2,5	4,2	3,3	0,3
12.06	WC, Bad, Dusche	6,0	4,7	3,0	5,0	3,9	0,4
12.07	WC	9,9	7,7	4,9	7,8	6,1	0,5
12.08	Garderobe, Dusche	5,7	4,4	2,8	4,8	3,7	0,4
12.09a	Parkhaus privat	1,4	0,7	0,6	2,2	1,2	0,4
12.09b	Parkhaus öffentlich	2,8	1,5	1,1	6,5	3,5	1,1
12.10	Wasch- und Trockenraum	8,5	6,6	4,2	9,3	7,2	1,0
12.11	Kühlraum	2,8	2,2	1,4	0,1	0,1	0,0
12.12	Serverraum	3,3	5,2	3,3	0,2	0,4	0,2

Anhang C (informativ) Beispiele von Elektrizitätsbilanzen

Die Elektrizitätsbilanzen und die Anforderungen sind nach der Methode 1 (Ziffern 3.2 und 3.3) gerechnet. Mit der Methode 2 (Ziffer 3.4) können sich abweichende Projektwerte und Anforderungen ergeben.

c.1 Beispiel Bürohaus

Bürohaus, achtgeschossig, mit Empfangshalle und Kantine im EG, mit Aufzug

Tabelle 16 Elektrizitätsbilanz Projektwerte (bestehend, vor Erneuerung)

Nutzung	Nettogeschossfläche m ²	Installierte Leistung kW	Volllaststunden h/a	Elektrizitätsbedarf MWh/a	Spezifischer Elektrizitätsbedarf kWh/m ²
Einzel-, Gruppenbüro	2000	25,0	1'240	31,0	15,5
Grossraumbüro	2000	19,6	1'740	34,2	17,1
Sitzungszimmer	200	2,5	680	1,7	8,5
Schalterhalle, Empfang	100	0,7	1'320	0,9	9,4
Nebenräume	100	0,3	1'260	0,4	3,8
Selbstbedienungsrestaurant	200	1,1	1'410	1,5	7,4
Küche zu SB-Restaurant	50	0,5	1'700	0,8	16,7
Verkehrsfläche	600	2,1	1'260	2,7	4,4
Parkhaus privat	1000	1,4	1'450	2,0	2,0
Gesamtergebnis	6250	53,2	1'413	75,2	12,0

Tabelle 17 Vergleich Projektwerte und Anforderungen (spezifischer Elektrizitätsbedarf)

Nutzung	Nettogeschossfläche m ²	Projektwerte kWh/m ²	Grenzwerte kWh/m ²	Zielwerte kWh/m ²
Einzel-, Gruppenbüro	2000	15,5	13,4	1,7
Grossraumbüro	2000	17,1	14,7	3,9
Sitzungszimmer	200	8,5	7,3	0,9
Schalterhalle, Empfang	100	9,4	8,1	2,5
Nebenräume	100	3,8	3,3	0,4
Selbstbedienungsrestaurant	200	7,4	6,4	1,8
Küche zu SB-Restaurant	50	16,7	14,5	7,6
Verkehrsfläche	600	4,4	3,8	0,5
Parkhaus privat	1000	2,0	1,2	0,4
Gesamtergebnis	6250	12,0	10,3	2,1

c.2 Beispiel Schulhaus mit Turnhalle

Schulhaus, zweigeschossig, 10 Schulzimmer à 60 m², 5 Übungsräume à 40 m²; Turnhalle eingeschossig

Tabelle 18 Elektrizitätsbilanz Projektwerte (bestehend, vor Erneuerung)

Nutzung	Nettogeschossfläche m ²	Installierte Leistung kW	Volllaststunden h/a	Elektrizitätsbedarf MWh/a	Spezifischer Elektrizitätsbedarf kWh/m ²
Schulzimmer	600	6,6	1'180	7,8	13,0
Schulfachraum	200	2,2	1'180	2,6	13,0
Turnhalle	200	2,3	2'020	4,6	22,8
Garderoben, Duschen	100	0,6	760	0,4	4,3
Verkehrsfläche	200	0,7	1'260	0,9	4,4
Gesamtergebnis	1300	12,4	1'319	16,3	12,5

Tabelle 19 Vergleich Projektwerte und Anforderungen (spezifischer Elektrizitätsbedarf)

Nutzung	Nettogeschossfläche m ²	Projektwerte kWh/m ²	Grenzwerte kWh/m ²	Zielwerte kWh/m ²
Schulzimmer	600	13,0	11,3	1,8
Schulfachraum	200	13,0	11,3	1,8
Turnhalle	200	22,8	19,7	5,0
Garderoben, Duschen	100	4,3	3,7	0,4
Verkehrsfläche	200	4,4	3,8	0,5
Gesamtergebnis	1300	12,5	10,8	2,0

c.3 Beispiel Hotel mit Restaurant

Hotel, fünfgeschossig, OG: 40 Doppelzimmer à 20 m² und 17 Einzelzimmer à 12 m², EG: Restaurant, Empfang und Hotelbüro

Tabelle 20 Elektrizitätsbilanz Projektwerte (bestehend, vor Erneuerung)

Nutzung	Nettogeschossfläche m ²	Installierte Leistung kW	Volllaststunden h/a	Elektrizitätsbedarf MWh/a	Spezifischer Elektrizitätsbedarf kWh/m ²
Hotelzimmer	1000	7,7	610	4,7	4,7
Restaurant	200	1,2	2'360	2,8	13,9
Küche zu Restaurant	50	0,6	2'210	1,4	27,6
Einzel-, Gruppenbüro	50	0,6	1'240	0,8	15,5
Empfang, Lobby	30	0,2	3'690	0,7	24,4
Verkehrsfläche	300	1,1	1'260	1,3	4,4
Parkhaus öffentlich	200	0,6	2'100	1,2	5,8
Gesamtergebnis	1830	11,9	1'079	12,8	7,0

Tabelle 21 Vergleich Projektwerte und Anforderungen (spezifischer Elektrizitätsbedarf)

Nutzung	Nettogeschoss- fläche m ²	Projektwerte kWh/m ²	Grenzwerte kWh/m ²	Zielwerte kWh/m ²
Hotelzimmer	1000	4,7	4,0	2,1
Restaurant	200	13,9	12,0	3,3
Küche zu Restaurant	50	27,6	23,9	10,7
Einzel-, Gruppenbüro	50	15,5	13,4	1,7
Empfang, Lobby	30	24,4	21,1	10,4
Verkehrsfläche	300	4,4	3,8	0,5
Parkhaus öffentlich	200	5,8	3,5	1,1
Gesamtergebnis	1830	7,0	5,9	2,2

c.4 Beispiel Warenhaus

Warenhaus, viergeschossig, EG und 3 OG: Warenhaus, UG: Lebensmittelabteilung

Tabelle 22 Elektrizitätsbilanz Projektwerte (bestehend, vor Erneuerung)

Nutzung	Netto- geschoss- fläche m ²	Installierte Leistung kW	Volllast- stunden h/a	Elektrizitäts- bedarf MWh/a	Spezifischer Elektrizitäts- bedarf kWh/m ²
Fachgeschäft	2000	29,9	4'000	119,6	59,8
Lebensmittelverkauf	500	7,5	4'000	29,9	59,8
Selbstbedienungsrestaurant	200	1,1	1'600	1,7	8,4
Küche zu SB-Restaurant	50	0,5	1'900	0,9	18,7
Einzel-, Gruppenbüro	100	1,3	1'240	1,6	15,5
Parkhaus öffentlich	500	1,4	2'100	2,9	5,8
Gesamtergebnis	3350	41,5	3'768	156,5	46,7

Tabelle 23 Vergleich Projektwerte und Anforderungen (spezifischer Elektrizitätsbedarf)

Nutzung	Nettogeschoss- fläche m ²	Projektwerte kWh/m ²	Grenzwerte kWh/m ²	Zielwerte kWh/m ²
Fachgeschäft	2000	59,8	46,6	29,9
Lebensmittelverkauf	500	59,8	46,6	29,9
Selbstbedienungsrestaurant	200	8,4	6,4	1,8
Küche zu SB-Restaurant	50	18,7	14,5	7,6
Einzel-, Gruppenbüro	100	15,5	13,4	1,7
Parkhaus öffentlich	500	5,8	3,5	1,1
Gesamtergebnis	3350	46,7	36,3	22,7

c.5 Beispiel Industriebetrieb

Produktionshallen für feine und grobe Arbeit plus Lagerhallen, Büro für Verwaltung

Tabelle 24 Elektrizitätsbilanz Projektwerte (bestehend, vor Erneuerung)

Nutzung	Nettogeschossfläche m ²	Installierte Leistung kW	Volllaststunden h/a	Elektrizitätsbedarf MWh/a	Spezifischer Elektrizitätsbedarf kWh/m ²
Produktion (grobe Arbeit)	3000	20,9	4'100	85,7	28,6
Produktion (feine Arbeit)	1500	17,4	1'700	29,6	19,7
Lagerhalle	1000	7,3	4'100	29,8	29,8
Einzel-, Gruppenbüro	200	2,5	1'400	3,5	17,5
Verkehrsfläche	500	1,8	1'400	2,5	4,9
Garderoben, Duschen	200	1,1	800	0,9	4,5
Gesamtergebnis	6400	51,0	2'981	151,9	23,7

Tabelle 25 Vergleich Projektwerte und Anforderungen (spezifischer Elektrizitätsbedarf)

Nutzung	Nettogeschossfläche m ²	Projektwerte kWh/m ²	Grenzwerte kWh/m ²	Zielwerte kWh/m ²
Produktion (grobe Arbeit)	3000	28,6	15,5	4,7
Produktion (feine Arbeit)	1500	19,7	10,5	2,6
Lagerhalle	1000	29,8	16,2	4,9
Einzel-, Gruppenbüro	200	17,5	13,4	1,7
Verkehrsfläche	500	4,9	3,8	0,5
Garderoben, Duschen	200	4,5	3,7	0,4
Gesamtergebnis	6400	23,7	13,1	3,7

Anhang D (informativ)

Planungshinweise

D.1 Tageslicht in Gebäuden

- D.1.1 Die Norm SN EN 17037 *Tageslicht in Gebäuden* ist seit April 2019 gültig. Sie definiert einen einheitlichen Standard für die Tageslichtplanung und fördert die Integration des Tageslichts in Gebäuden.
- D.1.2 Neben dem Sehen ist Tageslicht für gesundheitlich relevante Abläufe im Körper verantwortlich und fördert Wohlbefinden und Leistungsfähigkeit. Die Menschen der Industrienationen halten sich gemäss WHO bis zu 90% der Zeit in Innenräumen auf. Die Bereitstellung von genügend Tageslicht in Gebäuden ist deshalb eine wichtige Aufgabe der Architektur. Um Nachhaltigkeit und Energieeinsparungen entsprechend zu berücksichtigen, soll die künstliche Beleuchtung immer erst dann zum Einsatz kommen, wenn Tageslicht nicht in ausreichender Menge vorhanden ist.
- D.1.3 Bisherige Normen behandeln das Tageslicht nur indirekt. Eine direkte Beurteilung und damit eine Verbesserung oder Förderung der Tageslichtsituation ist dank der neuen Norm nun möglich. Sie wird auf Wohn- und Nichtwohngebäude angewendet. Diese Tageslichtnorm ist bei Neubauten grundsätzlich immer anzuwenden und bildet dabei den Stand der Technik, wobei immer der Nutzer im Zentrum steht. Bei Sanierungen und Umbauten sind die darin enthaltenen Zielsetzungen zu berücksichtigen, soweit diese technisch umsetzbar sind.
- D.1.4 Die Norm behandelt dabei vier Bewertungskriterien:
- Tageslichtversorgung bzw. Tageslichtautonomie via Tageslichtquotient,
 - Sichtverbindung zum Aussenraum; Ausblick und Aussenbezug,
 - Zugang zum direkten Sonnenlicht; Sonnenlicht-Exposition,
 - Vermeidung von Blendung; Blendschutz.
- D.1.5 Die Norm bezweckt, dass der integrative Einsatz von Tageslicht zu einer besseren Gebäudequalität führt. Einerseits steigert Tageslicht die Gesundheit und das Wohlbefinden der Nutzer, andererseits kann mit der richtigen Tageslichtplanung bei der Heizung, der Kühlung und der Beleuchtung viel Energie gespart werden.
- D.1.6 Die Norm ermöglicht es, das Tageslicht von Anfang an in die Gebäudeplanung miteinzubeziehen. Sie ist deshalb ein wichtiger Schritt zur Förderung eines gesunden Innenraumklimas und zu energieeffizienten Gebäuden. Zudem unterstützt sie die Umsetzung der gesetzlichen Anforderungen bzgl. dem Tageslichtanteil und der Sicht ins Freie an Arbeitsplätzen.
- D.1.7 Eine gute Tageslichtplanung ist deshalb essenziell und schafft Mehrwerte in der Liegenschaftsbewertung wie auch im visuellen, nicht-visuellen und damit biologisch gesundheitlichen Bereich. Das Ziel dabei ist, erst nach einer optimierten Tageslichtplanung mit bestem Aussenbezug die Kunstlichtplanung und die Steuerung anzugehen.

D.2 Beleuchtung von Arbeitsstätten in Innenräumen

- D.2.1 Die Norm SN EN 12464-1 definiert die Anforderungen an die Beleuchtung von Innenräumen in Arbeitsstätten und berücksichtigt dabei sowohl den Sehkomfort wie auch die Sehleistung von Menschen mit normalem Sehvermögen. Dabei lässt die Norm die technische Umsetzung der Beleuchtungsanlage offen und ermöglicht somit auch den Einsatz innovativer Technologien. Erhöhte Ansprüche an die Sehaufgabe oder die Tätigkeit können dabei erhöhte Anforderungen an die Hauptmerkmale der Beleuchtung nach sich ziehen. Die erhöhten Anforderungen an die Beleuchtungsstärke werden durch die modifizierte Beleuchtungsstärke berücksichtigt. Es wird empfohlen, den Wartungswert der Beleuchtungsstärke zu erhöhen, wenn die Sehbedingungen von den üblichen Annahmen abweichen (Kontextmodifikatoren in 4.3.2.3). Für Arbeitsplätze gelten die in der Wegleitung des SECO zum Art. 15 ArGV 3 «Beleuchtung» genannten und von dieser Norm abgeleiteten Richtwerte. Weitere Voraussetzung für eine gute visuelle Kommunikation und Erkennung von Objekten in einem Raum ist, dass das Raumvolumen, in dem sich Personen bewegen oder arbeiten, beleuchtet sein muss. Dies wird durch die Bereitstellung einer angemessenen mittleren zylindrischen Beleuchtungsstärke E_z im Raum erfüllt.
- D.2.2 In SIA 387/4 werden lediglich die erforderlichen Wartungswerte der Beleuchtungsstärke gemäss den Aufgaben- und Tätigkeitsbereichen in SN EN 12464-1 abgebildet und der jeweiligen gemäss SIA 2024 definierten Raumnutzung zugeordnet. Für nicht vorhandene oder nicht eindeutig zuordenbare Raumnutzungen sind die Aufgaben- und Tätigkeitsbereiche von SN EN 12464-1 massgebend.
- D.2.3 Weiter werden folgende für die Beleuchtungsplanung relevanten Werte in SN EN 12464-1 definiert:
- Gleichmässigkeit der Beleuchtungsstärke U_0 ,
 - allgemeiner Farbwiedergabeindex R_a ,
 - Grenzwert der Blendungsbegrenzung R_{UGL} ,
 - Wartungswert der Beleuchtungsstärke an Wänden $E_{vm,Wand}$,
 - Wartungswert der Beleuchtungsstärke an Decken $E_{vm,Decke}$.

D.3 Einsatz von dimmbaren Vorschaltgeräten

- D.3.1 Beleuchtungsanlagen mit herkömmlichen Lichtquellen (vor allem Halogen- und Leuchtstofflampen) konnten nur mit grösseren Verlusten gedimmt werden. Die notwendigen Betriebsgeräte waren zudem kostspielig. Bei neuen LED-Lichtquellen ist die Regulierung der Helligkeit weitgehend verlustfrei möglich, die notwendigen Betriebsgeräte kaum teurer als nicht dimmbare.
- D.3.2 In der Praxis sind viele neue LED-Beleuchtungsanlagen überdimensioniert. Besitzt die Leuchte ein regulierbares Vorschaltgerät, kann die Beleuchtungsstärke nach der Inbetriebnahme auf die richtige Beleuchtungsstärke einjustiert und so in manchen Fällen viel Energie eingespart werden.
- D.3.3 Bei der Planung von LED-Leuchten mit dimmbaren Betriebsgeräten (meist DALI-Standard) sind folgende Punkte zu beachten:
- Dimmbare Betriebsgeräte sind kaum teurer als nicht dimmbare.
 - Ein Betriebsgerät mit hybrider Dimmung (Pulsweitenmodulation PWM im oberen Dimmbereich und Stromdimmung im unteren Dimm-Bereich) sichert die höchste Qualität – weitgehend verlustfrei.
 - Flicker (Flimmern der Lichtquelle) ist bei dimmbaren Betriebsgeräten von minderer Qualität eine grosse Schwachstelle, die verhindert werden muss; also unbedingt Qualitätsprodukte einsetzen.
 - Damit eine Beleuchtungsanlage nach der Inbetriebnahme in praktischer Weise auf die richtige maximale Beleuchtungsstärke einjustiert werden kann, sollten die Leuchten untereinander vernetzt sein, z. B. durch Dali oder Bluetooth. Ohne Vernetzung ist die Nachjustierung von Leuchten sehr zeitintensiv.

D.3.4 Wird eine Leuchte bei der Inbetriebnahme auf eine feste maximale Beleuchtungsstärke herunterreguliert, kann im Energienachweis nach SIA 387/4 die maximale Leistungsaufnahme der Leuchten reduziert eingegeben werden. Wird zum Beispiel eine Leuchte mit einer maximalen Leistung von 36 Watt auf 70% Lichtstrom begrenzt, kann im Energienachweis eine Leistung von 25,2 Watt eingesetzt werden; es wird 30% Energie eingespart. Die installierte Leistung in kW sowie die spezifische elektrische Leistung für Beleuchtung in W/m² sinken proportional zur Leistungsaufnahme der einzelnen Leuchten – ebenso die mittlere Beleuchtungsstärke im Raum. Leuchten-Leistungsanpassungen müssen nachvollziehbar dokumentiert werden.

D.4 Vernetzte Sensor-Leuchten

D.4.1 Bei der optimalen Lichtlösung ist die Beleuchtung nur dort eingeschaltet, wo sie effektiv benötigt wird. Bereiche ohne Anwesenheit von Personen oder mit genügend Tageslicht müssen nicht künstlich beleuchtet werden. Vor allem in Verkehrsflächen (Korridoren, Parkhäusern) oder wenig benutzten Nebenräumen (Lagern usw.) können vernetzte Leuchten mit integrierten Sensoren bis zu 95% Energie einsparen.

D.4.2 Eine optimale Lichtlösung beinhaltet folgende Funktionen:

- Jede Leuchte, oder eine kleine Leuchtengruppe von ca. vier Stück, besitzt einen eignen Präsenz- und Tageslichtsensor.
- Die Leuchten sind untereinander vernetzt, so dass die umliegenden Leuchten die Sensor-Informationen der Nachbarleuchten erhalten.
- Bewegt sich eine Person im Erfassungsbereich eines Sensors, schalten sich die in unmittelbarer Nähe befindenden Leuchten auf Volllicht – sofern nicht genügend Tageslicht vorhanden ist. Die umliegenden Leuchten in Fortbewegungsrichtung schalten auf Orientierungslicht (10% des Volllichts).
- Kurze Zeit nachdem der Erfassungsbereich des Sensors verlassen wird (z.B. nach 1 Minute), wird das Licht wieder auf Orientierungslicht heruntergedimmt. Nach einigen Minuten wird es ganz abgeschaltet.
- Das Kunstlicht folgt in einem Schwarm den anwesenden bzw. sich bewegenden Personen – ausserhalb leuchtet ein Orientierungslicht oder es ist dunkel.

D.4.3 Auf diese Weise konzipierte Beleuchtungsanlagen sparen deutlich mehr Energie ein als herkömmliche Sensorsteuerungen. Im Energienachweis (Tabelle 6) steht für vernetzte Sensor-Leuchten ein eigener Funktionstyp zur Verfügung.

D.5 Qualitätskriterien für LED-Leuchten in Planung und Ausschreibung

D.5.1 Damit eine Beleuchtungsanlage analog der vorausgegangenen Planung richtig ausgeführt werden kann, ist es wichtig, dass die Qualitätskriterien der eingesetzten LED-Beleuchtungskörper einheitlich definiert werden. Alle Qualitätsmerkmale einer LED-Leuchte müssen sich immer auf das komplette Leuchtensystem, bestehend aus LED-Chip, Gehäuse, Optik und Betriebsgerät, beziehen.

- D.5.2 Folgende Qualitätskriterien für LED-Beleuchtungskörper sind in Planung und Ausschreibung zu definieren:
- Elektrische Leistungsaufnahme P , in Watt (W)
 - Lichtstrom Φ_v , in Lumen (lm)
 - Leuchten-Lichtausbeute $\eta_{v,Lo}$, in Lumen pro Watt (lm/W)
 - ähnlichste Farbtemperatur CCT, in Kelvin (K)
 - Farbwiedergabeindex CRI
 - Farbkonsistenz SDCM in MacAdam-Ellipsen
 - Lebensdauer L_x in Stunden (h), wobei x im Ausdruck L_x den prozentualen Restlichtstrom einer Leuchte nach Ablauf der angegebenen Lebensdauer angibt. $L_{80} = 50'000$ h heisst: die Leuchte gibt nach 50'000 h noch mindestens 80 % ihres Anfangslichtstroms ab
 - Blendungsbewertung nach UGR für die Blickrichtungen C0 und C90
 - Lichtstärke-Verteilungskurve für die Ebenen C0/180° und C90/270°
 - Typ der Betriebsgeräte
 - Dimmbarkeit
 - Möglichkeit zur Vernetzung (z. B. IoT oder Bluetooth)
- D.5.3 Bei speziellen Anwendungen kann es sinnvoll sein, weitere Qualitätskriterien zu definieren:
- Umgebungstemperatur T_a , in °C
 - photobiologische Sicherheit: Risikogruppe (RG) 0 (kein Risiko) bis RG 3 (hohes Risiko)
- D.5.4 Stimmen die beschriebenen Qualitätskriterien der eingesetzten LED-Beleuchtungskörper mit denen aus der Planung überein, wird die LED-Beleuchtungsanlage mit grosser Wahrscheinlichkeit die qualitativen Anforderungen der Beleuchtungsplanung erfüllen.

Anhang E (informativ) Publikationen

Dieser Anhang verweist auf Publikationen zum Thema der vorliegenden Norm.

E.1 Publikationen des SIA

Norm SIA 380/1	Heizwärmebedarf
Norm SIA 416	Flächen und Volumen von Gebäuden
Norm SIA 500	Hindernisfreie Bauten
Merkblatt SIA 2025	Begriffe in Bauphysik, Energie- und Gebäudetechnik

E.2 Schweizerische Verordnung

EnV	Energieverordnung, SR 730.01
-----	------------------------------

E.3 Europäische Richtlinien und Verordnungen

2009/125/EG	EU-Richtlinie zur Schaffung eines Rahmens für die Festlegung von Anforderungen an die umweltgerechte Gestaltung energieverbrauchsrelevanter Produkte
2017/1369/EU	Verordnung zur Festlegung eines Rahmens für die Energieverbrauchskennzeichnung
2019/2020/EU	Verordnung zur Festlegung von Ökodesign-Anforderungen an Lichtquellen und separate Betriebsgeräte gemäss der Richtlinie 2009/125/EG des Europäischen Parlaments und des Rates
2019/2015/EU	Verordnung in Bezug auf die Energieverbrauchskennzeichnung von Lichtquellen

E.4 Internationale Normen

CIE 117	Psychologische Blendung in der Innenraumbeleuchtung (Discomfort glare in interior lighting)
IEC 60364-8-1	Low voltage electrical installations – Part 8-1: Functional aspects – Energy efficiency

E.5 Richtlinien der Schweizer Licht Gesellschaft

SLG 101:1997	Innenraumbeleuchtung mit Tageslicht
SLG 102:2004	Natürliche und künstliche Beleuchtung von Schulen
SLG 104:2014	Alters- und sehbehindertengerechte Beleuchtung im Innenraum
SLG 501:2019	Messen und Beurteilen von Licht und Beleuchtungsanlagen – Teil 1: Generelle Betrachtungen
SLG 502:2019	Messen und Beurteilen von Licht und Beleuchtungsanlagen – Teil 2: Spezifische Anwendungen

Anhang F (informativ) Verzeichnis der Begriffe

Tabelle 26 Alphabetisches Verzeichnis der in Kapitel 1 definierten Begriffe

Deutsch	Französisch	Italienisch	Ziffer
Beleuchtung	Éclairage	Illuminazione	1.1.2.1
Beleuchtungsstärke	Éclairement lumineux	Illuminamento	1.1.2.2
Beleuchtungssteuerung	Commande de l'éclairage	Regolazione dell'illuminazione	1.1.2.13
Beleuchtungssteuerung nach Präsenz	Commande de l'éclairage selon la présence	Regolazione dell'illuminazione in funzione della presenza	1.1.2.15
Beleuchtungssteuerung nach Tageslicht	Commande de l'éclairage selon la lumière diurne	Regolazione dell'illuminazione in funzione della luce diurna	1.1.2.16
Blendungsbegrenzung	Limitation de l'éblouissement	Limitazione dell'abbagliamento	1.1.2.8
Elektrizitätsbedarf	Demande en électricité	Fabbisogno elettrico	1.1.1.14
Elektrizitätsbilanz	Bilan électrique	Bilancio elettrico	1.1.1.17
Energie-Effizienz-Index	Indice d'efficacité énergétique	Indice di efficienza energetica	1.1.1.20
Geschossfläche	Surface de plancher	Superficie del piano	1.1.1.1
Glasanteil	Taux de surface vitrée	Quota di vetro	1.1.2.11
Glasflächenzahl	Facteur de surface vitrée	Fattore di superficie vetrata	1.1.2.10
Grenzwert	Valeur limite	Valore limite	1.1.1.3
Leuchten-Lichtausbeute	Efficacité lumineuse des luminaires	Efficienza luminosa delle lampade	1.1.2.4
Lichtreflexionsgrad	Facteur de réflexion lumineuse	Fattore di riflessione luminosa	1.1.2.7
Lichtstrom	Flux lumineux	Flusso luminoso	1.1.2.3
Manuelle Schaltung	Commande manuelle	Azionamento manuale	1.1.2.14
Nettogeschossfläche	Surface nette de plancher	Superficie netta	1.1.1.2
Nutzungsbedingungen	Conditions d'utilisation	Condizioni di utilizzo	1.1.1.8
Nutzungsstunden	Heures d'utilisation	Ore di utilizzo	1.1.1.9
Objektwerte	Valeurs de l'objet	Valori dell'oggetto	1.1.1.7
Projektwerte	Valeurs du projet	Valori di progetto	1.1.1.6
Raumgruppe	Groupe de locaux	Gruppo di locali	1.1.1.10
Raumindex	Indice du local	Indice del locale	1.1.2.5
Raumnutzung	Type d'utilisation	Tipologia di utilizzo	1.1.1.11
Raumwirkungsgrad	Utilance	Rendimento del locale	1.1.2.6
Risikogruppe	Groupe de risque	Gruppi di rischio	1.1.2.18
Sonnenschutzsteuerung	Commande de la protection solaire	Regolazione della protezione solare	1.1.2.17
Spezifische elektrische Leistung	Puissance électrique spécifique	Potenza elettrica specifica	1.1.1.16
Spezifischer Elektrizitätsbedarf	Demande en électricité spécifique	Fabbisogno elettrico specifico	1.1.1.15
Standardannahmen	Hypothèses standard	Assunti standard	1.1.1.13

Tabelle 26 Alphabetisches Verzeichnis der in Kapitel 1 definierten Begriffe (Fortsetzung)

Deutsch	Französisch	Italienisch	Ziffer
Standardnutzung	Utilisation standard	Condizioni standard di utilizzo	1.1.1.12
Transmissionsgrad	Facteur de transmission	Trasmittanza	1.1.2.12
Vergleichsprojekt	Projet de référence	Progetto comparativo	1.1.1.5
Volllaststunden	Heures à pleine charge	Ore a pieno carico	1.1.1.18
Wartungsfaktor Beleuchtung	Facteur de maintenance pour l'éclairage	Fattore di manutenzione dell'illuminazione	1.1.2.9
Wirkungsgrad	Rendement	Rendimento	1.1.1.19
Zielwert	Valeur cible	Valore mirato	1.1.1.4

In der Kommission SIA 387 vertretene Organisationen

ABTIE	Association des Bureaux Techniques d'Ingénieurs en Électricité
AHB	Amt für Hochbauten der Stadt Zürich
BFE	Bundesamt für Energie
EIT.swiss	Verband Schweizerischer Elektro-Installationsfirmen
electrosuisse	Fachverband für Elektro-, Energie- und Informationstechnik
EnFK	Energiefachstellenkonferenz
FHNW	Fachhochschule Nordwestschweiz
HSLU	Hochschule Luzern
SIA BGT	Berufsgruppe Technik des SIA
SIA KGE	Kommission für Gebäudetechnik- und Energienormen des SIA
SLG	Schweizer Licht Gesellschaft
swissgee	Verein von Gebäude-Elektroingenieuren
Swissolar	Schweizerischer Fachverband für Sonnenenergie

Kommission SIA 387

		Vertreter von
Präsident	Volker Wouters, dipl. El.-Ing. HTL/SIA, Horw	SIA KGE, HSLU, Planung
Mitglieder	Jürg Bichsel, Prof. Dr., dipl. El.-Ing. ETH/SIA, Gipf-Oberfrick Olivier Brenner, dipl. Ing. HTL/HLK, Bern Roger Dumont, dipl. El.-Ing. HES, Plan-les-Ouates Kevin Furrer-Meier, BSc Gebäudetechnik FHZ, Zürich Stefan Gasser, dipl. El.-Ing. ETH/SIA, Zürich Beat Keller, dipl. Elektroinstallateur, Fehraltorf Martin Ménard, dipl. Masch.-Ing. ETH/SIA, Zürich Markus Simon, dipl. Energietechniker HF, Zürich Peter Toggweiler, El.-Ing. HTL, Zürich Daniel Tschudy, MSc ETH/SIA Arch, MBA, Zollikerberg Werner Ulrich, Saillon Beat Willi, eidg. dipl. Elektroinstallateur, Zürich	SIA BGT, FHNW EnFK ABTIE, Planung Planung SIA KGE, Planung electrosuisse SIA KGE, Planung AHB Stadt Zürich Swissolar SLG, Planung Planung EIT.swiss

Arbeitsgruppe SIA 387/4

		Vertreter von
Vorsitz	Stefan Gasser, dipl. El.-Ing. ETH/SIA, Zürich	Planung
Mitglieder	Olivier Brenner, dipl. Ing. HTL/HLK, Bern Roger Dumont, dipl. El.-Ing. HES, Plan-les-Ouates Eva Geilinger, dipl. Umweltingenieurin ETH, Bern Kevin Furrer-Meier, BSc Gebäudetechnik FHZ, Zürich Markus Simon, dipl. Energietechniker HF, Zürich Daniel Tschudy, MSc ETH/SIA Arch, MBA, Zollikerberg Werner Ulrich, Saillon Volker Wouters, dipl. El.-Ing. HTL/SIA, Horw	EnFK ABTIE BFE, Leiterin Beleuchtung Planung AHB Stadt Zürich SLG, Planung Planung SIA KGE, Planung

Sachbearbeitung Sandra Strebel, BSc Gebäude-Elektroengineering FH, Olten

Verantwortliche SIA-Geschäftsstelle Hager Al Laham, MSc ETH IBS/SIA, Zürich

Genehmigung und Gültigkeit

Die Zentralkommission für Normen des SIA hat die vorliegende Norm SIA 387/4 am 8. Juni 2023 genehmigt.

Sie ist gültig ab 1. August 2023.

Sie ersetzt die Norm SIA 387/4 *Elektrizität in Gebäuden – Beleuchtung: Berechnung und Anforderungen*, Ausgabe 2017.

Copyright © 2023 by SIA Zurich

Alle Rechte, auch die des auszugsweisen Nachdrucks, der auszugsweisen oder vollständigen Wiedergabe und Speicherung sowie das der Übersetzung, sind vorbehalten.