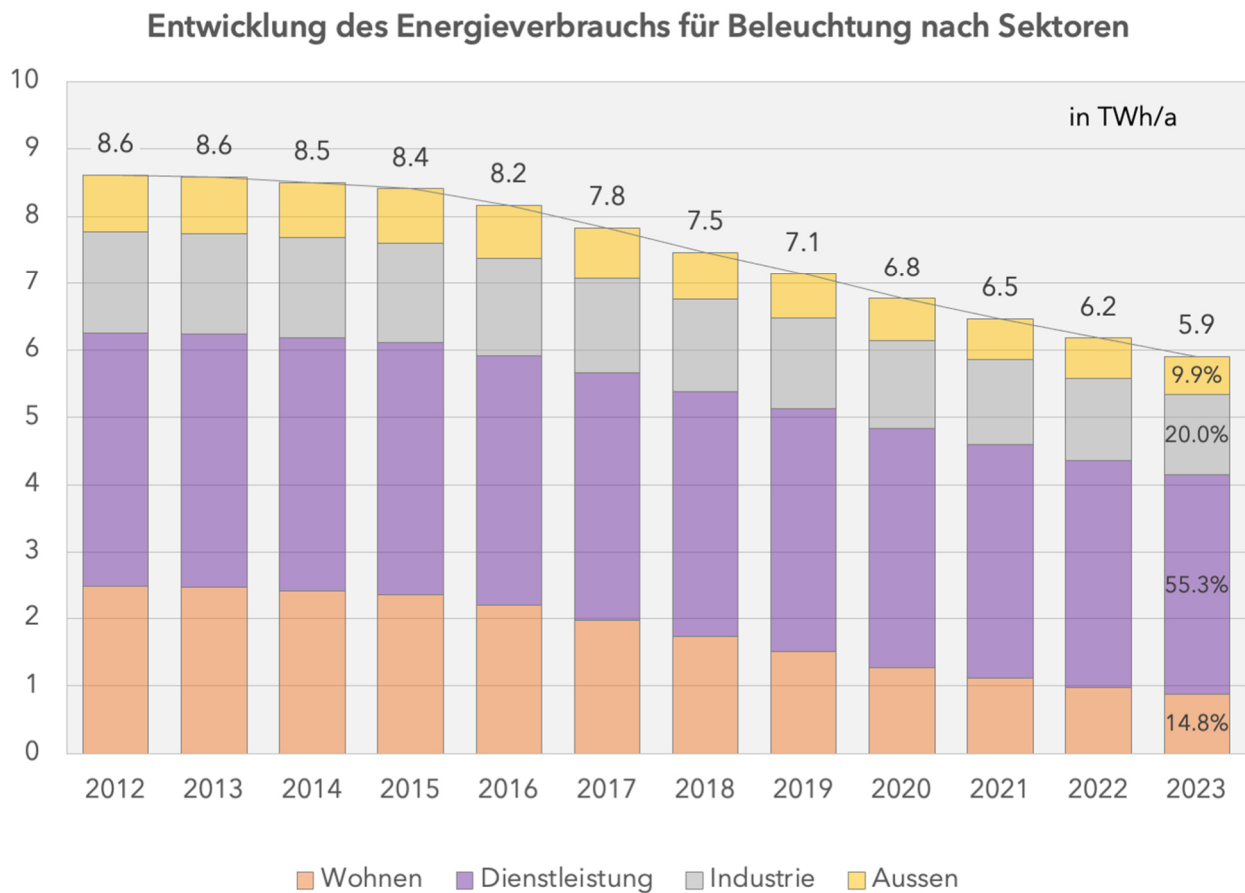


Energiemonitoring Beleuchtung, 16.9.23, rev. 7.10.24

Stromverbrauch für Beleuchtung in der Schweiz 2012 bis 2023

Kurzbericht



Inhalt

1 Ausgangslage.....	3
2 Konzept.....	4
3 Energiestudien der SLG	5
3.1 Verkaufte Lichtquellen	5
3.2 Bestand an Lichtquellen	6
3.3 Energiebilanz aus den Lichtmarkt-Studien	7
4 Neues Energiebilanz-Modell für Beleuchtung.....	8
5 Beleuchtung im Innenraum	9
5.1 SIA-Merkblatt 2024	9
5.2 SIA-Norm 387/4	9
5.3 Gebäudeparkmodell und Flächen-Mix	10
5.4 Leuchten-Datenbanken der Industrie	12
5.5 Entwicklung der Energieeffizienz von Minergie-Leuchten	13
5.6 Sensor-Studien SLG	14
5.7 Energienachweise SIA 387/4	16
6 Aussenbeleuchtung.....	18
6.1 Strassenbeleuchtung	18
6.2 Sportplatzbeleuchtung	18
6.3 Diverse Aussenbeleuchtung	18
6.4 Energieverbrauch für Aussenbeleuchtung	19
7 Energiebilanz Beleuchtung	20
7.1 Elektrizitätsverbrauch 2023	20
7.2 Energieverbrauchsentwicklung 2012 bis 2023	21
7.3 Abschätzung des Sparpotentials	22

Autor

Stefan Gasser, Schweizer Licht Gesellschaft SLG, Römerstrasse 7, 4600 Olten

Experten

- Philippe Kleiber, SLG
- Martin Jakob und Giacomo Catenazzi, TEP Energy GmbH
- Andreas Kemmler, Prognos AG

Diese Studie wurde im Auftrag von EnergieSchweiz erstellt.
Für den Inhalt sind allein die Autoren verantwortlich.

1 Ausgangslage

Basierend auf der «Lichtvereinbarung von Davos» im September 2018 hat die SLG zusammen mit zahlreichen Partnern das Umsetzungsprogramm «energylight» lanciert. Im Rahmen von «energylight» sollen Projekte realisiert werden, die einen Beitrag zur Ausschöpfung des grossen Energiesparpotentials bei der Beleuchtung (3.5 TWh/a) leisten.

Die Steigerung der Energieeffizienz ist einer der wichtigen Pfeiler der Energiestrategie 2050 des Bundes. Die Beleuchtungsbranche kann im Strombereich einen wesentlichen Beitrag leisten. Verschiedene Studien quantifizieren den Verbrauchsanteil der Beleuchtung in der Schweiz mit 10 bis 15% des Gesamtstromverbrauchs und das Einsparpotential ist bei der Beleuchtung ungleich höher als bei anderen Verbrauchern. Allein durch den Ersatz von herkömmlichen Leuchtmitteln durch LED und die korrekte Inbetriebnahme der Beleuchtungsanlagen sind Einsparungen von über 50% möglich. Würden in allen Neuanlagen konsequent die heute verfügbaren Steuerungskomponenten installiert und richtig eingestellt, könnte die Verbrauchsreduktion gegenüber alten Installationen mehr als 80% betragen.

Eine solide Datenbasis ist Voraussetzung für die Definition von wirksamen Massnahmen, mit denen sich das Ziel, die Halbierung des beleuchtungsrelevanten Stromverbrauchs, erreichen lässt. Eine flächendeckende messtechnische Erfassung des Stromverbrauchs für Beleuchtung ist nicht möglich. Der Verbrauch kann jedoch durch diverse Berechnungsmodelle, statistische Auswertungen und Expertenwissen annähernd ermittelt werden.

Seit einigen Jahren ist der Beleuchtungsmarkt in rasantem technologischem und strukturellem Umbruch. Sowohl die ex-post Analysen von TEP und Prognos i.A. des BFE, welche den Beleuchtungsbereich nur relativ grob abbilden als auch das reine Monitoring via Lichtmarktstudie der SLG stossen damit an ihre Grenzen. Gründe dafür sind:

- Rückgang des Anteils standardisierter Leuchtmittel
- Verkaufszunahme von Leuchten mit integrierten, nicht standardisierten LED-Modulen
- zunehmender Einfluss der Sensorik und Steuerung auf den Stromverbrauch
- die Erneuerungsrate des Beleuchtungsbestandes kann nicht mehr direkt mit der Lebensdauer von Leuchtmitteln verknüpft werden.

Im vorliegenden Bericht kommt ein neues Monitoring-Modell zur Anwendung, welches die verschiedenen Grundlagen kombiniert und daraus eine Energiebilanz für Beleuchtung für die Jahre 2020 bis 2024 ableitet.

Der vorliegende, gegenüber 2022 gekürzte Bericht bezieht sich auf das Jahr 2023.

2 Konzept

Die Grundlage des neuen Energiebilanzmodells für Beleuchtung bilden die Lichtmarkt- und Energiestudien der Schweizer Licht Gesellschaft (SLG) aus den Jahren 2014 bis 2022. Diese liefern ein recht genaues Bild über die gesamte Energieverbrauchsentwicklung der Beleuchtung, ermöglichen aber wenig Aussagen zum Verbrauch in den einzelnen Nutzungen wie Wohnen Büro, Schule, Verkauf, Industrie, etc.

Die ex-post-Analysen von Prognos/Tep Energy/Infras modellieren den gesamten Energieverbrauch der Schweiz und differenzieren nach Branchen und Nutzungen. Im Bereich der Beleuchtung ist die Methode relativ rudimentär.

Zusammen mit weiteren Quellen, wie dem Rechenmodell der SIA-Norm 387/4 (Elektrische Energie im Gebäude für Beleuchtung), dem SIA-Merkblatt 2024 (Standardnutzungen), Produktdatenbanken der Leuchtenhersteller und Energienachweisen von Minergie und den Bundesförderprogrammen von ProKilowatt lässt sich eine differenzierte Energiebilanz für Beleuchtung erstellen.

Als Referenzbilanz wurde das Jahr 2020 genommen, für welches die Energiestudien der SLG und die ex-post-Analysen weitgehend aufeinander abgestimmt werden. Das neu entwickelte Energiebilanzmodell für Beleuchtung fliesst in die Weiterführung der ex-post-Analysen ein.

Auf der Basis des Modells von 2020 werden die Energiebilanzen für 2021 bis 2024 aktualisiert.

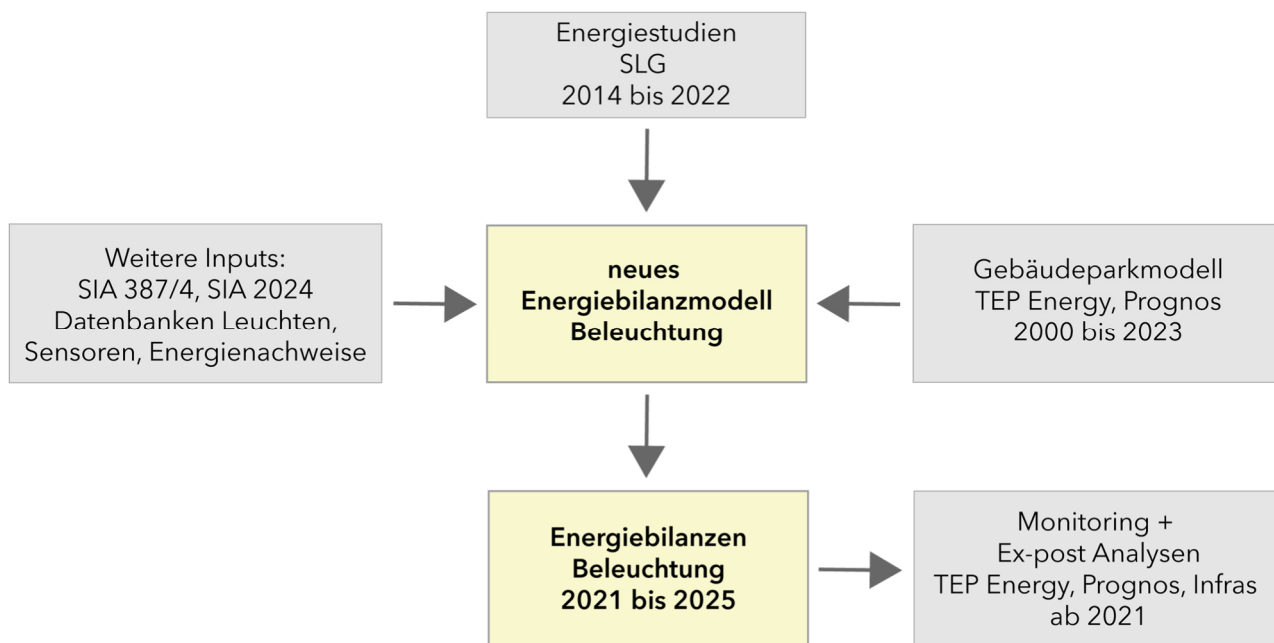


Abbildung 1: Workflow für das neue Energie-Bilanz-Modell für Beleuchtung

3 Energiestudien der SLG

3.1 Verkaufte Lichtquellen

Die Schweizer Licht Gesellschaft (SLG) führte zwischen 2014 und 2022 Erhebungen zu Verkaufszahlen der Beleuchtungsbranche durch und wertete diese im Auftrag des Bundesamtes für Energie aus. Die Analyse zeigt die Marktentwicklung der verkauften Lichtquellen und insbesondere den Übergang von herkömmlicher Technologie (Temperaturstrahler und Entladungslampen) zu LED.

In Abbildung 2 sind die jährlich verkauften Lichtquellen nach Typen ab dem Jahre 2012 dargestellt. Deutlich erkennbar ist der starke Rückgang der Temperaturstrahler (Halogenglühlampen), der moderate Rückgang an Leuchtstofflampen sowie der Anstieg der verschiedenen LED-Lichtquellen. Aufgrund der deutlich längeren Lebensdauer der LED-Lichtquellen nimmt das Total der verkauften Lichtquellen (Lampen und LED-Leuchten) insgesamt ab, nämlich von rund 38 Mio. Lichtquellen im Jahre 2014 auf ca. 20.7 Mio. Lichtquellen im Jahre 2023. Im Berichtsjahr 2023 waren 81% der verkauften Lichtquellen auf LED-Basis.

Da im Jahre 2023 keine Erhebung der Verkaufszahlen der Beleuchtungsbranche durchgeführt werden konnte, sind die Zahlen für dieses Jahr aufgrund der bekannten Marktentwicklung geschätzt.

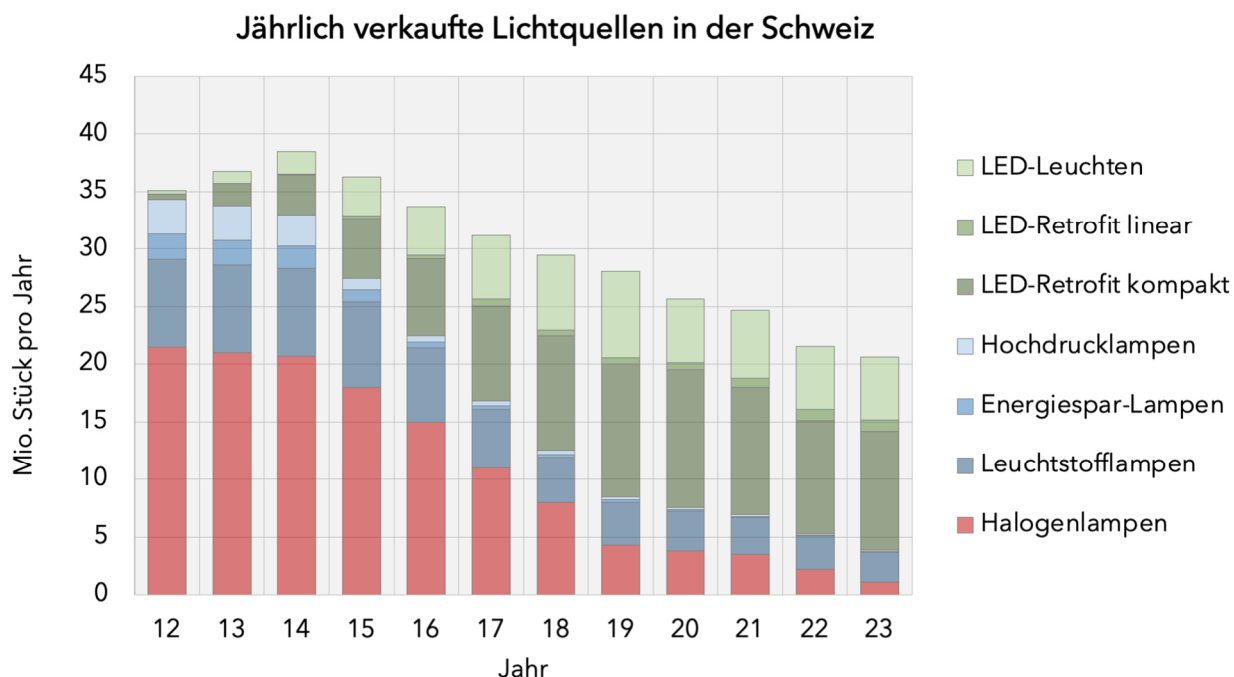


Abbildung 2: jährlich verkaufte Lichtquellen in der Schweiz ab 2012

Abbildung 2 berücksichtigt, dass zwischen dem Verkauf einer Lichtquelle und der effektiven Inbetriebnahme eine gewisse Zeit vergehen kann (z.B. durch Lagerhaltung); dies führt zu kleinen Abweichungen gegenüber den veröffentlichten Lichtmarktstudien. Über den gesamten Zeitraum sind die Stückzahlen identisch.

3.2 Bestand an Lichtquellen

Über die Lebensdauer der Lichtquellen lässt sich der Erneuerungszyklus ableiten und so der Bestand an installierten Lichtquellen ermitteln. Die Lebensdauer ist vom Typ der Lichtquelle abhängig. Bei den herkömmlichen Lampen ist diese aufgrund der Standardisierung recht genau bekannt. Bei LED-Leuchten wird die Standard-Lebensdauer nach SIA für Anlagen der Gebäudetechnik von 15 Jahren angenommen.

Der Bestand an Lichtquellen ist seit dem Jahre 2012 von rund 134 Mio. auf 152 Mio. Stück gestiegen. Das Wachstum beträgt also rund 1.1 % pro Jahr. In Abbildung 3 kann man den Rückgang der bisherigen Technologien und das Wachstum der LED-Lichtquellen gut erkennen – analog den Verkaufszahlen. Wegen der längeren Lebensdauer der LED-Lichtquellen sind nur wenige der bisher installierten LEDs ausgefallen. Der Anteil an LED-Installationen im Berichtsjahr beträgt 60-65%. (LED-Leuchten und LED-Retrofit, kompakt und linear).

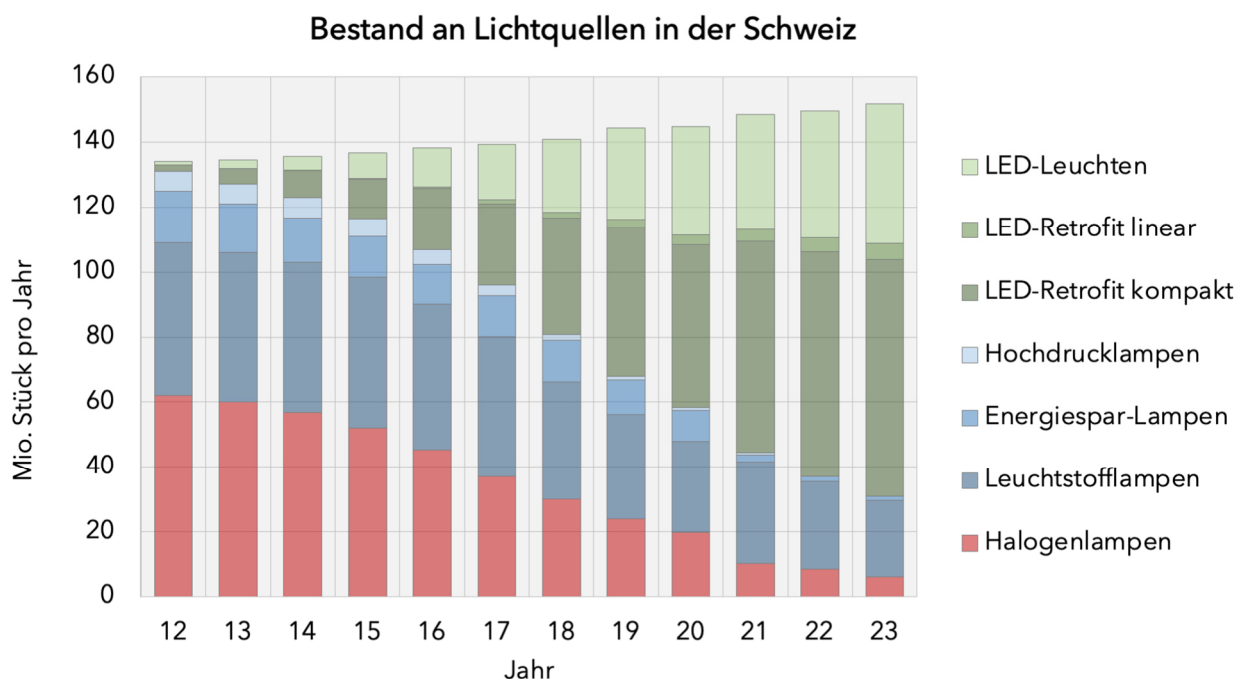


Abbildung 3: Bestand an Lichtquellen in der Schweiz ab 2012

3.3 Energiebilanz aus den Lichtmarkt-Studien

Aus dem Bestand an Lichtquellen lässt sich der gesamtschweizerische Energieverbrauch für Beleuchtung durch Multiplikation der mittleren Leistungen der verschiedenen Lampen- bzw. Leuchtentypen und deren jährlichen Betriebsstunden berechnen. Die Werte für typische Leistungen von Lichtquellen ergeben sich aus den Datenbanken der Hersteller.

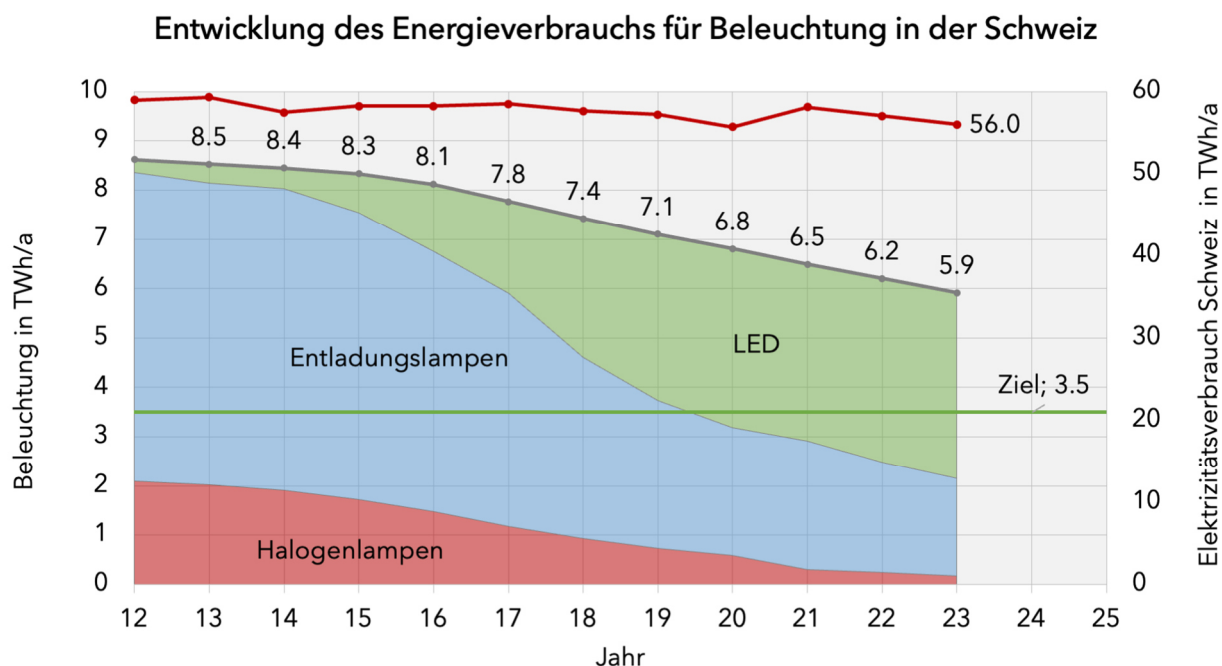


Abbildung 4: Entwicklung des Energieverbrauchs für Beleuchtung in der Schweiz

Der Energieverbrauch für Beleuchtung war zwischen 2012 und 2015 leicht rückläufig – vorher leicht steigend. Die Effizienzgewinne der herkömmlichen Leuchtmittel (Leuchtstofflampen, Halogenlampen) wurden durch das Wachstum der Lichtpunkte kompensiert. Die Effizienz der wenigen LED-Leuchten vor 2015 war nur wenig besser als die der herkömmlichen Leuchten. Die Trendwende beim Energieverbrauch für Beleuchtung begann 2015, als Effizienz und Menge der neuen LED-Lichtquellen dominant wurden.

Im Jahre 2023 lag der Elektrizitätsverbrauch der Beleuchtung bei 5.9 TWh/a. Das sind 31.4 % weniger als im Jahr des höchsten Verbrauchs (2012). Im Jahr 2023 lag der Stromverbrauch für Beleuchtung 2.7 TWh unter dem Wert von 2012. Verglichen mit dem Gesamtstromverbrauch der Schweiz sank der Beleuchtungsanteil von 14.6 % (2012) auf 10.6 % (2023).

	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Beleuchtung	8.6	8.5	8.4	8.3	8.1	7.8	7.4	7.1	6.8	6.5	6.2	5.9
Andere Verbraucher	50.3	50.8	49.0	49.9	50.1	50.7	50.2	50.1	48.9	51.6	50.8	50.1
Gesamtverbrauch	59.0	59.3	57.5	58.2	58.2	58.5	57.6	57.2	55.7	58.1	57.0	56.0
Anteil Beleuchtung (%)	14.6	14.4	14.7	14.3	13.9	13.3	12.9	12.4	12.2	11.2	10.9	10.6

Tabelle 1: Entwicklung des Stromverbrauchs der Schweiz und Anteil Beleuchtung

4 Neues Energiebilanz-Modell für Beleuchtung

Das Energie-Monitoring für Beleuchtung basiert auf mehreren Untersuchungen und Methoden, die zu einem Gesamtmodell zusammengefügt werden. Die einzelnen Elemente sind in Abbildung 5 dargestellt und werden in den nachfolgenden Kapiteln beschrieben.

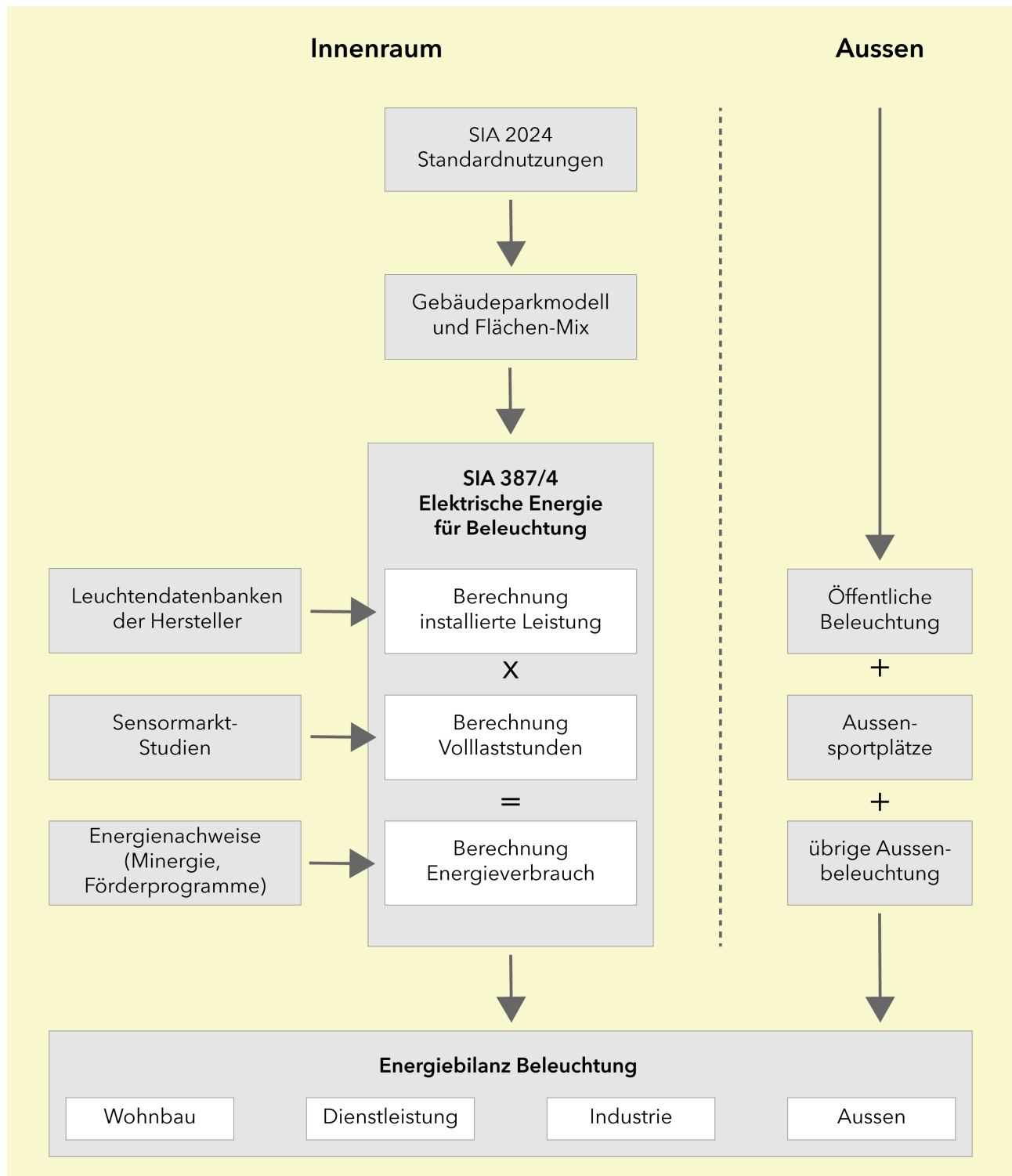


Abbildung 5: Überblick zu den Inputdaten für das Energiebilanz-Modell Beleuchtung

5 Beleuchtung im Innenraum

5.1 SIA-Merkblatt 2024

Im SIA-Merkblatt 2024 (Raumnutzungsdaten für Energie- und Gebäudetechnik) werden für 48 verschiedene Nutzungen (z.B. Büro, Schulzimmer, Verkaufsfläche, Produktion, Verkehrsfläche, etc.) und für verschiedene Anlagen (Heizung, Lüftung, Klima, Beleuchtung, Geräte, Prozesse, u.a.) standardisierte Raumdaten definiert.

Für die Beleuchtung werden für jede Nutzung folgende Angaben gemacht:

- Vermassung der typischen Räume (Länge, Breite, Höhe)
- Reflexionsgrade der Räume
- Fenstergrössen bzw. Glasanteil
- Jährliche Nutzungsstunden (pro Tag, in der Nacht, Jahresarbeitstage)
- Nutzungsintensität (normal, sporadisch, dauernd)
- Geforderte Beleuchtungsstärken (entsprechend EN 12464-1)

Mit den im Merkblatt 2024 definierten Bedingungen können für die einzelnen Standardnutzungen installierte Leistungen, Volllaststunden und Energieverbrauchswerte für alle Stromverbraucher berechnet werden. Für die Beleuchtung werden die Standardnutzungen mit der SIA-Norm 387/4 synchronisiert.

Gegenüber SIA 2024 werden ein paar Nutzungen zusätzlich differenziert (Produktion, Parking). Die vollständige Liste der Nutzungen ist in Tabelle 2 ersichtlich.

5.2 SIA-Norm 387/4

Die SIA-Norm 387/4 «Elektrische Energie in Gebäuden – Teil Beleuchtung» stellt ein Berechnungsverfahren zur Ermittlung des Energiebedarfs von Beleuchtungsanlagen in Zweckbauten zur Verfügung. Die Norm wurde 2023 erneuert, die Anforderungen verschärft. Das hier verwendete Modell basiert auf der Version von 2017.

Die SIA-Norm wird bei Minergie, dem behördlichen Vollzug der Kantone (MuKEn 2014) und im Rahmen der Förderprogramme von ProKilowatt angewendet. Das Modell ist auch für Wohnbauten anwendbar. Der Energiebedarf wird aus der Multiplikation von installierter Leistung und Volllaststunden ermittelt. Für alle 48 Nutzungen aus SIA 2024 werden auf Basis definierter Grundannahmen Grenz- und Zielwerte festgelegt.

Die SIA-Norm 387/4 bildet die Basis für die jährliche Berechnung des Energieverbrauchs für Beleuchtung im neuen Energiebilanzmodell: Für jede Nutzung (vergleiche Tabelle 2) wird der spezifische Energiebedarf berechnet und mit der schweizweiten Fläche dieser Nutzung multipliziert. Die Addition aller Energieverbrauchswerte der 48 Nutzungen ergibt den Gesamtstromverbrauch für Innen-Beleuchtung in Schweizer Gebäuden.

5.3 Gebäudeparkmodell und Flächen-Mix

Die Firma TEP Energy GmbH hat im Rahmen der ex-post-Analysen des Bundesamtes für Energie ein Modell entwickelt, welches den Gebäudepark der Schweiz strukturiert und die Entwicklung von Gebäudeflächen quantifiziert. Das Modell wird für alle Energieverbraucher in Dienstleistungsbetrieben angewendet (Wärme und Elektrizität) und fließt zusammen mit analogen Auswertungen der Partnerfirma Prognos AG in die Ex-post-Analysen des Bundes ein.

Im Gebäudeparkmodell werden die Energiebezugsflächen nach Branchen jährlich erfasst. Insgesamt werden 44 verschiedenen Branchen unterschieden.

Damit die Energieverbräuche der Beleuchtung für die Standardnutzungen nach SIA 2024 berechnet werden können, müssen zuerst die Energiebezugsflächen der Branchen aus dem Gebäudeparkmodell durch Definition eines Flächen-Mixes auf Nettoflächen der Standardnutzungen umgelegt werden. Jede Branche hat eine bestimmte Zusammensetzung an Standardnutzungen aus SIA 2024. Das Rechenschema dieser Umlegung von Flächen aus dem Gebäudeparkmodell (GPM) in die Standardnutzungen nach SIA 2024 ist in Abbildung 6 dargestellt.

GPM SIA 2024		44 Branchen: Energiebezugsflächen in m²								
		1	2	3	4				43	44
48 Standardnutzungen: Nettoflächen in m²	1				↓					
	2				↓					
	3	←			%					
	4				↓					
					↓					
		←			%					
					↓					
	47	←			%		Flächen-Mix GPM - SIA 2024			
	48									

Abbildung 6: Schema für die Berechnung der Flächen aus dem GPM in die Nutzungen SIA 2024

Nr.	Nutzung	Wohnen	Dienstleistung	Industrie	Total
1.1	Wohnen MFH	284.0	0.8		284.8
1.2	Wohnen EFH	195.7			195.7
2.1	Hotelzimmer		3.1		3.1
2.2	Empfang, Lobby		1.9	0.1	2.0
3.1	Einzel-, Gruppenbüro		22.8	6.5	29.2
3.2	Grossraumbüro		14.3	3.0	17.3
3.3	Sitzungszimmer		3.1	0.5	3.5
3.4	Schalterhalle, Empfang		3.8	0.5	4.2
4.1	Schulzimmer		11.5		11.5
4.2	Lehrerzimmer		0.7		0.7
4.3	Bibliothek		1.9		1.9
4.4	Hörsaal		3.1		3.1
4.5	Schulfachraum		2.1		2.1
5.1	Lebensmittelverkauf		3.3		3.3
5.2	Fachgeschäft		7.8		7.8
5.3	Verkauf Möbel, Bau+Garten		4.0		4.0
6.1	Restaurant		2.9		2.9
6.2	Selbstbedienungsrestaurant		2.6		2.6
6.3	Küche zu Restaurant		0.9		0.9
6.4	Küche zu SB-Restaurant		1.6		1.6
7.1	Vorstellungsraum		0.6		0.6
7.2	Mehrzweckhalle		2.9		2.9
7.3	Ausstellungshalle		1.1		1.1
8.1	Bettzimmer		3.5		3.5
8.2	Stationszimmer		0.9		0.9
8.3	Behandlungsräume		2.1		2.1
9.1	Produktion (grob, 1-Schicht)		1.0	5.8	6.8
9.1	Produktion (grob, 2-Schicht)			5.8	5.8
9.2	Produktion (fein, 1-Schicht)			8.3	8.3
9.2	Produktion (fein, 2-Schicht)			8.3	8.3
9.3	Laborraum		0.1	2.0	2.1
10.1	Lagerhalle		18.1	14.6	32.7
11.1	Turnhalle		3.9		3.9
11.2	Fitnessraum		0.9		0.9
11.3	Schwimmhalle		0.5		0.5
12.1	Verkehrsfläche		19.6	0.4	20.0
12.2	Verkehrsfläche 24h Spitäler		1.2	0.3	1.5
12.3	Treppenhaus	31.9	0.2		32.1
12.4	Nebenräume		3.7	0.2	3.9
12.5	Küche, Teeküche		0.8		0.8
12.6	WC, Bad, Dusche		1.3		1.3
12.7	WC		2.1	0.1	2.2
12.8	Garderoben, Duschen		1.9		1.9
12.9	Parkhaus (privat)*	12.3	4.1	4.1	20.5
12.9	Parkhaus (öffentlich)*		20.5		20.5
12.1	Wasch- und Trockenraum	3.2	0.2		3.4
12.11	Kühlraum		2.1	2.4	4.5
12.12	Serverraum		2.0	0.2	2.2
	Total	527.1	187.4	63.0	777.5

Tabelle 2: Nettoflächen (in Mio. m²) in Schweizer Gebäuden nach Nutzungen SIA 2024 (2023)

*) die Parkflächen sind im Gebäudeparkmodell nicht enthalten

5.4 Leuchten-Datenbanken der Industrie

Die Hersteller von Leuchten, aber auch die Softwarefirma Relux (www.relux.com) sowie die Zertifizierungsstelle für Minergieleuchten (www.toplicht.ch/minergie/leuchtenliste) verfügen über eine grosse Anzahl von Messdaten, welche Anschlussleistungen und Energieeffizienz-Werte von professionell ausgemessenen Leuchten beinhalten.

Zur Ermittlung der typischen Energieeffizienz der verkauften Leuchten für das Jahr 2023 stehen rund 11'500 Leuchten-Daten des Herstellers Zumtobel zur Verfügung. Wertet man die Daten strukturiert nach dem Erfassungsraster der SLG-Lichtmarkt-Studien aus, ergeben sich je nach Leuchtenkategorie typische Energieeffizienz-Werte gemäss Abbildung 7.

Gewichtet mit der Anzahl verkaufter Leuchten liegt der Gesamtwert der Leuchteneffizienz im Jahr 2023 bei 127 lm/W.

Anmerkung: Dieser Wert liegt höher als die Annahme für den Zielwert nach SIA-Norm 387/4 mit 100 lm/W (Version 2017). In der neuen Norm (Version 2023) werden Nutzungsabhängig für den Zielwert 130 (Büro, Schule, Verkauf, etc.) bzw. 160 lm/W (Industrie) angenommen.

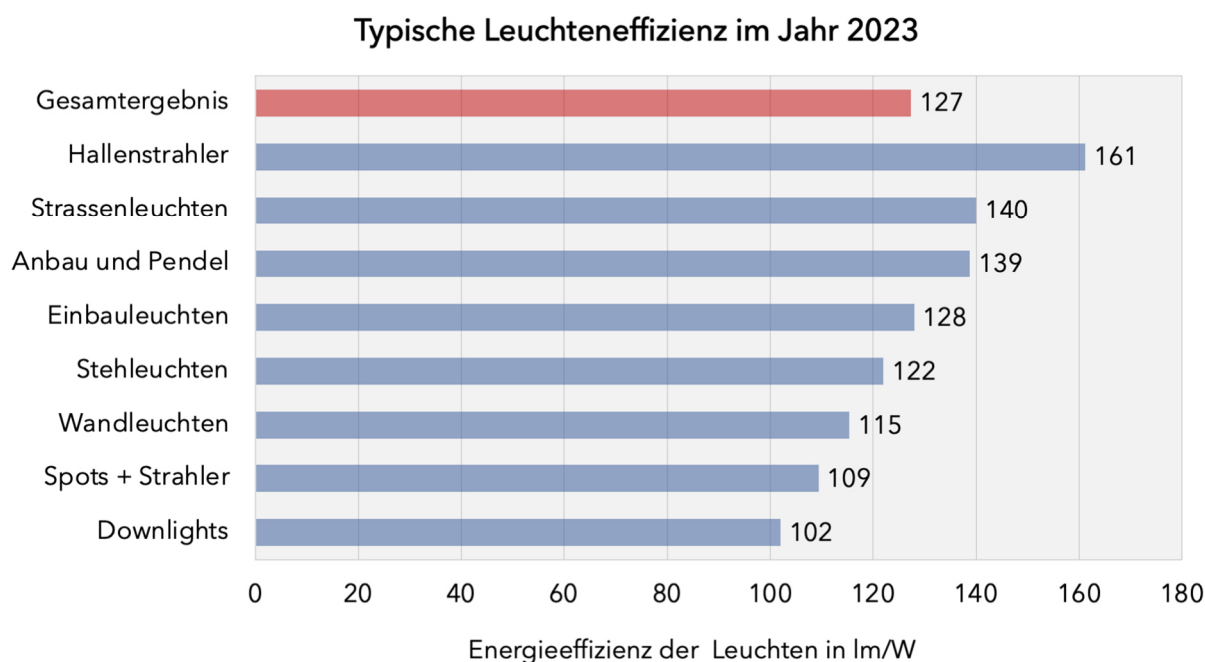


Abbildung 7: Mittlere Energieeffizienz von professionellen Leuchten im Jahr 2023

Die verkauften Leuchten teilen sich wie folgt auf:

- Anbau- und Pendelleuchten: 42.8 %
- Downlights: 13.8 %
- Einbauleuchten: 8.9 %
- Strahler und Spots: 8.2 %
- Stehleuchten: 6.4 %
- Wandleuchten: 5.6 %
- Weitere Kategorien: 14.3 % (Hallenstrahler, Strassenleuchten, diverse)

5.5 Entwicklung der Energieeffizienz von Minergie-Leuchten

Eine weitere Quelle zur Beobachtung der Entwicklung der Energieeffizienz von professionellen Leuchten bildet die Datenbank für Minergieleuchten auf www.toplicht.ch. Minergieleuchten zeichnen sich neben einer hohen Effizienz auch durch die umfassende Deklaration von (für die qualitativ hochstehende Planung) wichtigen technischen Daten aus: Blendwerte, Farbwiedergabe, Farbtoleranzen, Farbtemperatur, Lebensdauer, Standby-Leistungen, u.a.

Während die Effizienz-Anforderungen für Minergieleuchten zu Beginn der Lancierung (2007) so angelegt waren, dass ca. 20% der angebotenen Leuchten diese erreichen konnten, wurden sie nach der Umstellung auf ausschliesslich LED-Leuchten im Jahre 2016 nicht mehr verschärft. Das bedeutet, dass der mittlere Wert für konventionelle Leuchten um 2010 tiefer war als die in der Abbildung angegebenen 67 lm/W (schätzungsweise 50 lm/W), während die neusten Zahlen von 2023) eher dem allgemein typischen Wert von neuen Leuchten entsprechen.

Die Anforderungen an Minergieleuchten werden im Jahre 2024 grundsätzlich überarbeitet.

In Abbildung 8 ist der Sprung der Energieeffizienz 2016 durch den Ausschluss der herkömmlichen Leuchtmittel deutlich erkennbar. Die Energieeffizienz der Leuchten erhöht sich jährlich um durchschnittlich 3 %. Neben dem immer grösser werdenden Anteil von LED-Lichtquellen im Bestand verstärkt dieser Effekt der Effizienzsteigerung der LED-Leuchten den Einspareffekt zusätzlich.

In der Abbildung ist auch die Entwicklung der maximalen Effizienzwerte dargestellt. Dieser wird v.a. für Halogenstrahler und Lichtbänder mit geringer Anforderung an die Blendbegrenzung erreicht.

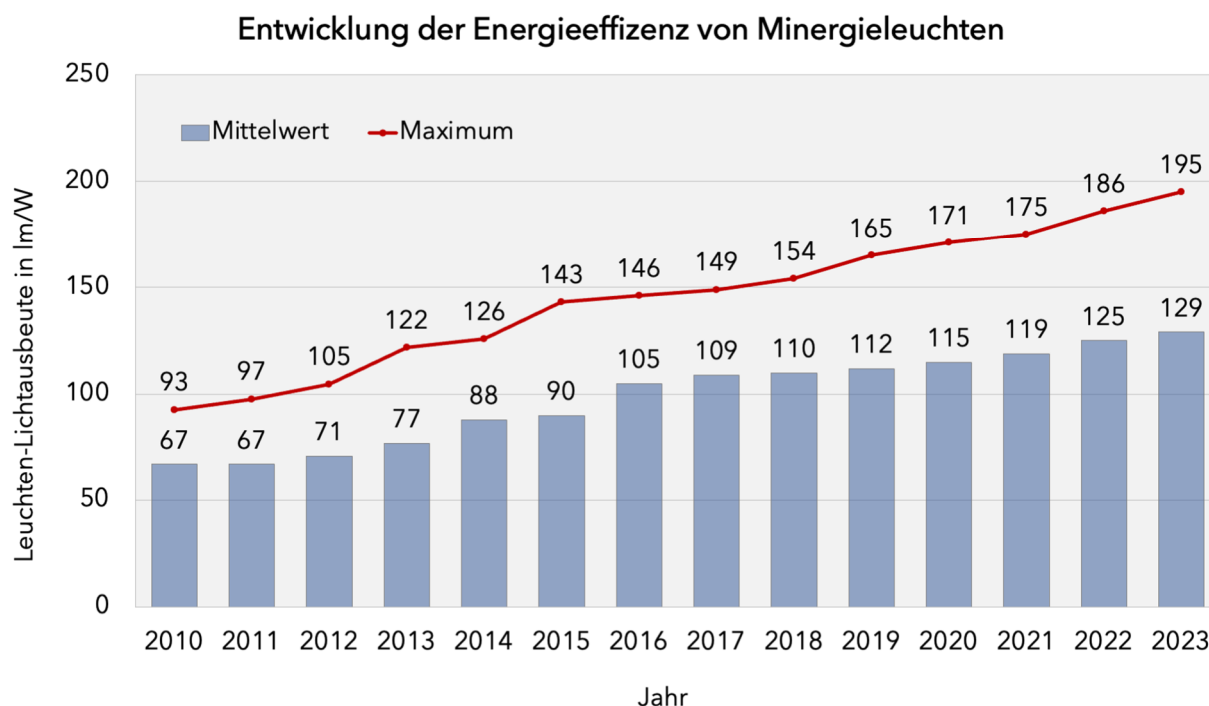


Abbildung 8: Entwicklung der Energie-Effizienz von Minergieleuchten

5.6 Sensor-Studien SLG

Seit 2018 führt die SLG analog zur Lichtmarktstudie für Lichtquellen eine zusätzliche Erhebung zu den verkauften Sensoren durch. Dabei wird nach Sensortypen und Innen- und Aussenanwendungen unterschieden.

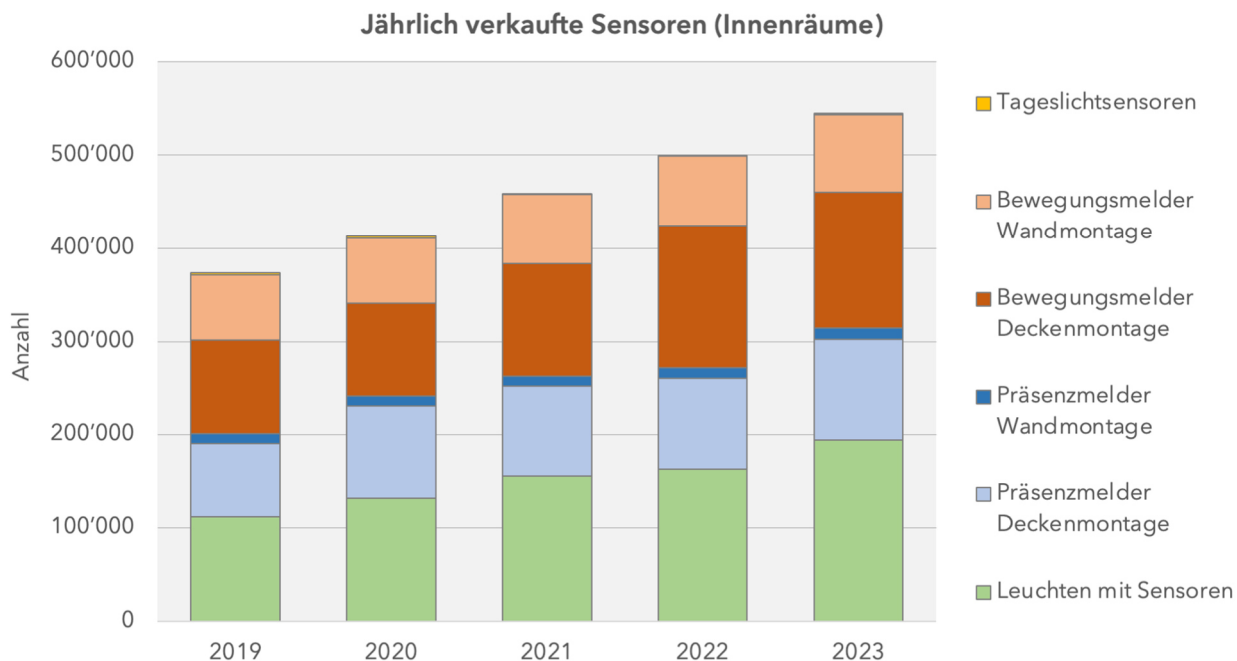


Abbildung 9: Entwicklung der Verkaufszahlen von Lichtsensoren

Insgesamt zeigt sich ein deutliches Wachstum bei den Verkaufszahlen von Licht-Sensoren für den Innenbereich: Im Jahre 2023 wurden rund 44% mehr Sensoren verkauft als 2019.

V.a. bei der Kategorie der Leuchten mit integrierten Sensoren zeigt sich ein starkes Wachstum. Auch die Steigerung der Bewegungsmelder für Deckenmontage ist deutlich. Weniger Wachstum verzeichnen die erfassungstechnisch deutlich besseren Präsenzmelder. Man muss davon ausgehen, dass der höhere Verkaufspreis Grund für die kleinere Verbreitung der Präsenzmelder gegenüber den Bewegungsmelder ist.

	2019	2020	2021	2022	2023
(reine) Tageslichtsensoren	2'184	1'969	1'294	382	991
Bewegungsmelder (Wand)	69'853	69'827	74'102	74'266	83'077
Bewegungsmelder (Decke)	100'731	99'931	120'941	152'579	145'960
Präsenzmelder (Wand)	10'348	10'531	10'466	11'515	12'271
Präsenzmelder (Decke)	79'200	99'727	97'469	97'447	107'421
Sensoren in Leuchten	111'281	131'165	154'923	163'184	194'691
Total	373'597	413'150	459'195	499'373	544'411

Tabelle 3: Entwicklung der Verkaufszahlen von Lichtsensoren nach Kategorien (Innenräume)

Die Zunahme der Sensoren im Aussenbereich ist relativ gering. 2023 wurden 183'000 Aussen-Sensoren verkauft; das sind 6% mehr als 2019.

Allerdings lässt der Vergleich des Energieverbrauchs der Aussenbeleuchtung (knapp 10% des gesamten Stromverbrauchs für Beleuchtung) mit dem Sensor-Anteil im Aussenbereich (25% aller verkaufter Sensoren im Jahre 2023) vermuten, dass der Anteil der sensorgesteuerten Leuchten im Aussenbereich höher ist als im Innenbereich.

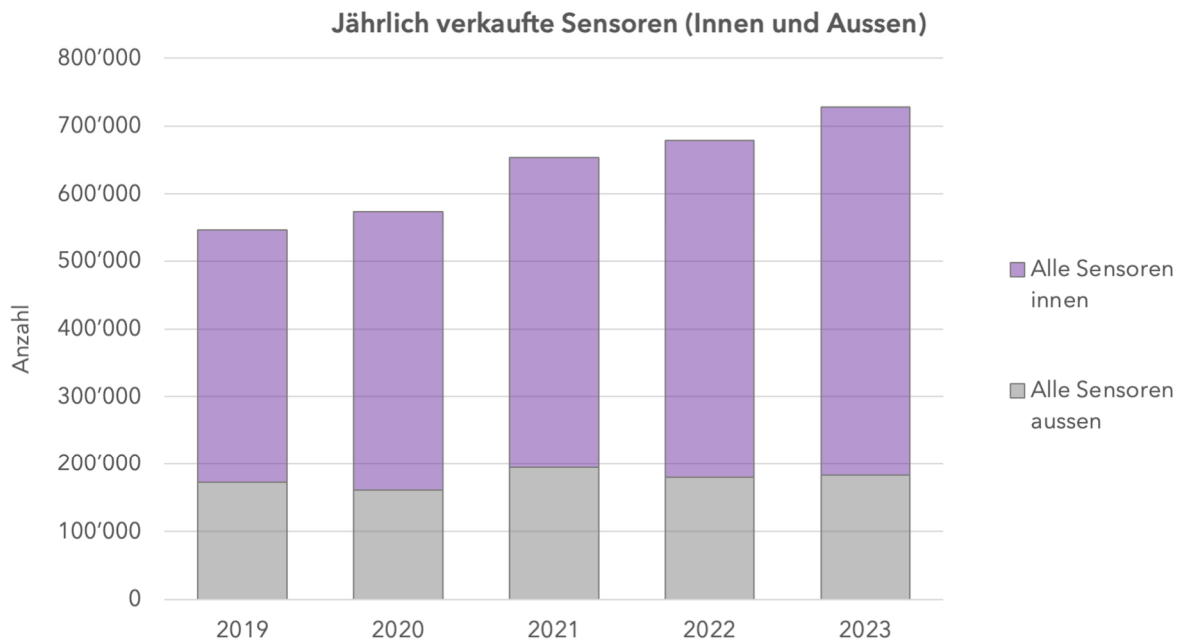


Tabelle 4: Entwicklung der Verkaufszahlen von Lichtsensoren im Innen- und Aussenbereich.

Von der Anzahl verkaufter Sensoren auf die Sensordichte, also den Prozentsatz der Beleuchtungsanlagen, welche sensorgesteuert sind, zu schliessen, ist unter Annahme folgender Parameter als grobe Abschätzung möglich.

Innenbeleuchtung

- Anzahl installierter Sensoren: ca. 5 Mio.
- Anzahl installierter Leuchten: ca. 100 Mio.
- Anzahl Leuchten pro Sensoren: 2
- -> Ca. 10% aller Innen-Leuchten sind sensorgesteuert.

Aussenbeleuchtung

- Anzahl installierter Sensoren: ca. 1.5 Mio.
- Anzahl installierter Leuchten: ca. 9 Mio.
- Anzahl Leuchten pro Sensoren: 1.5
- -> Ca. 25% aller Aussen-Leuchten sind sensorgesteuert.

5.7 Energienachweise SIA 387/4

Für die Berechnung des Energiebedarfs nach SIA-Norm SIA 387/4 wurde mehreren Software- und Online-Tools programmiert.

- ReluxEnergy (Anbieter: www.relux.com)
- www.lighttool.ch (Anbieter: Minergie, zurzeit kostenlose Anwendung)
- www.lightbank.ch (im Rahmen der Bundes-Förderprogramme von Prokilowatt)
- Calculight.xls (Excel-Tool des Bundesamtes für Energie, BFE)

Zahlreiche Energienachweise der Online-Tools sind in Datenbanken abgelegt. Die Auswertung zeigt, wie hoch der Leistungs- und Energiebedarf für Beleuchtung in realen Gebäuden in Neubauten und Erneuerungen liegt.

Die Abbildung 10 zeigt typische Projektwerte von Beleuchtungs-Erneuerungen aus dem Förderprogramm «Lightbank». Diese liegen häufig unter dem Zielwert der SIA-Norm 387/4:2017. In der neuen SIA-Norm 387/4:2023 sind die Anforderungen um rund 35% verschärft worden.

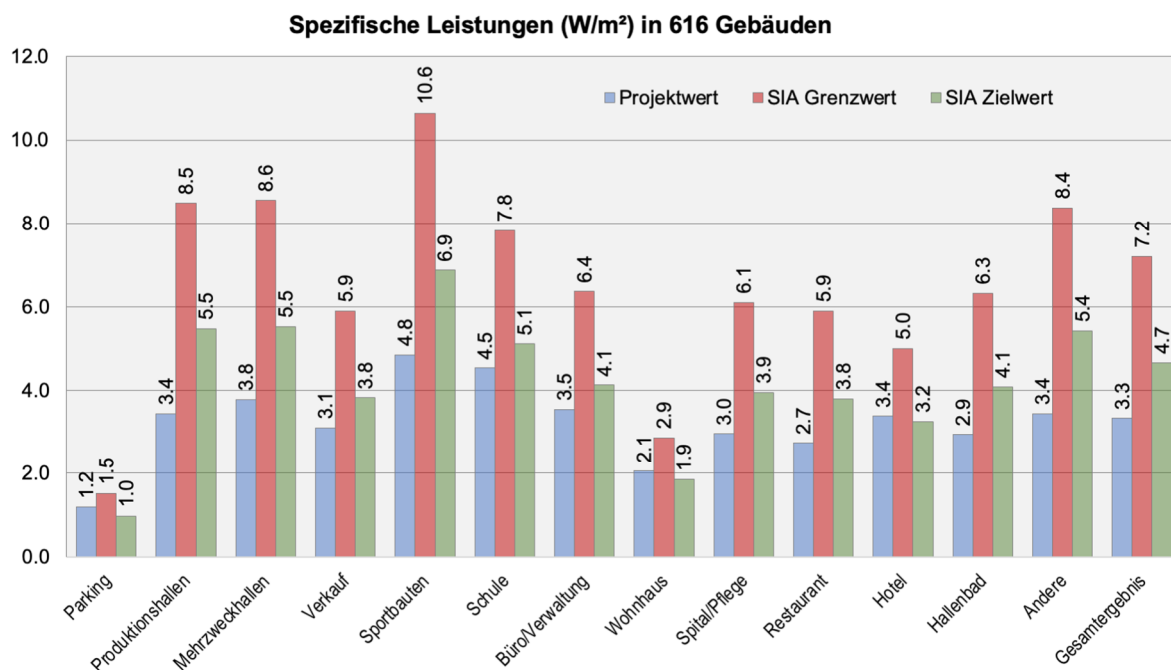


Abbildung 10: Spezifische Leistungen nach Gebäudekategorien (Quelle: Lightbank 2022 bis 2024)

Beim Energiebedarf zeigt sich grundsätzlich ein vergleichbares Bild wie bei der installierten Leistung. Weil aber die Regelungsdichte (also der Anteil der installierten Sensoren) in den Gebäuden mit knapp 11% im Jahre 2023 immer noch relativ gering ist – wird der Zielwert zwar häufig erreicht, aber nur in einigen Fällen unterschritten.

In Abbildung 11 **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.** ist der Energiebedarf für Beleuchtung in 616 erneuerten Gebäuden des Förderprogrammes «Lightbank» für 12 Gebäudetypen dargestellt. Der Vergleich zu den SIA-Grenz und Zielwerten basiert auf der Norm, Version 2017. In der neuen SIA-Norm 387/4:2023 sind die Anforderungen um rund 35% verschärft worden

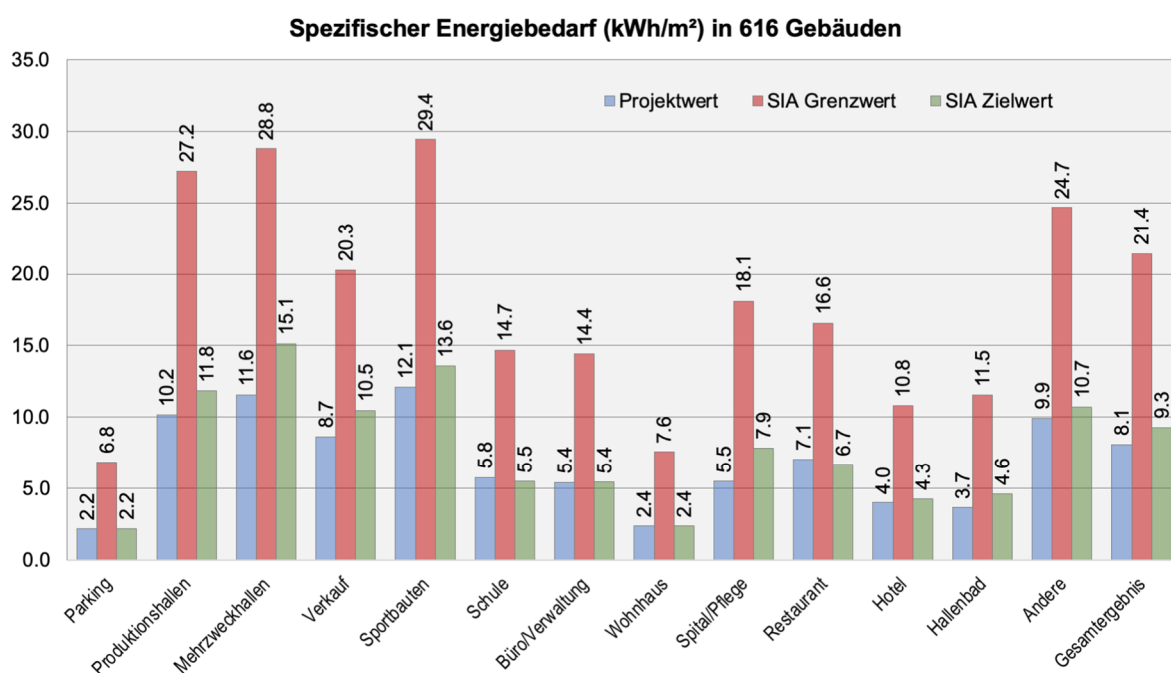


Abbildung 11: Spezifischer Energiebedarf nach Gebäudekategorien (Quelle: Lightbank 2022 bis 2024)

6 Aussenbeleuchtung

Die Aussenbeleuchtung kann in drei Bereiche unterteilt werden:

- Strassen (Öffentliche Beleuchtung ÖB) und Tunnels
- Sportplätze
- Andere Aussenbereiche

6.1 Strassenbeleuchtung

Der Energieverbrauch für die öffentliche Beleuchtung (ÖB) wird in der schweizerischen Elektrizitätsstatistik ausgewiesen. Der Input für die Auswertung des Bundes erfolgt durch die Betreiber der Anlagen, meist Elektrizitätswerke oder Gemeinden. Zum Teil werden die Verbräuche exakt gemessen, zum Teil sind es Berechnungen aufgrund der installierten Leistungen und der Betriebsstunden. Einige Strassenbeleuchtungen werden wahrscheinlich nicht erfasst und mittels Erfahrungswerten zur Gesamtbilanz hochgerechnet.

6.2 Sportplatzbeleuchtung

Die Sportplatzstatistik des Bundesamtes für Sport (www.baspo.admin.ch, Suchwort Statistik) gibt einen guten Überblick über Anzahl und Art der Schweizer Sportplätze. In Kombination mit den Kennzahlen aus dem Beleuchtungsförderprogrammen von Prokilowatt (effeSPORT) lässt sich eine gute Energiebilanz ableiten.

6.3 Diverse Aussenbeleuchtung

In den übrigen Aussenanwendungen sind meist nur geringe Beleuchtungsstärken gefordert, die Betriebszeiten können sehr unterschiedlich sein. Die Gesamtflächen sind kaum abschätzbar.

- Private Verkehrswege (z.B. Fussgängerbereiche in Wohnsiedlungen)
- Aussen-Parkplätze
- Industrieanlagen und Lager- und Logistikkbereiche
- Tankstellen
- Flughäfen
- Bahnhöfe und Bushaltestellen, u.a.

Die Anforderungen sind in der Norm SN EN 12464-2: Licht und Beleuchtung - Beleuchtung von Arbeitsstätten - Teil 2: Arbeitsplätze im Freien festgehalten. Unter Arbeitsplätzen im normativen Sinn werden praktisch alle beleuchteten Aussen-Anwendungen verstanden – ohne Sport und Strassen, wo andere Normen zur Anwendung kommen.

6.4 Energieverbrauch für Aussenbeleuchtung

Die Entwicklung des Energieverbrauchs für die gesamte Aussenbeleuchtung über die letzten Jahre basiert auf der Annahme, dass sich die Bereiche Tunnels, Sportplätze und übrige gleich entwickelt haben wie die Strassenbeleuchtung, die gemessen wird.

Der gesamte Stromverbrauch für die Aussenbeleuchtung ist um den Faktor 1.9-mal höher als der Verbrauch der Strassenbeleuchtung (öffentliche Beleuchtung ÖB gemäss Elektrizitätsstatistik).

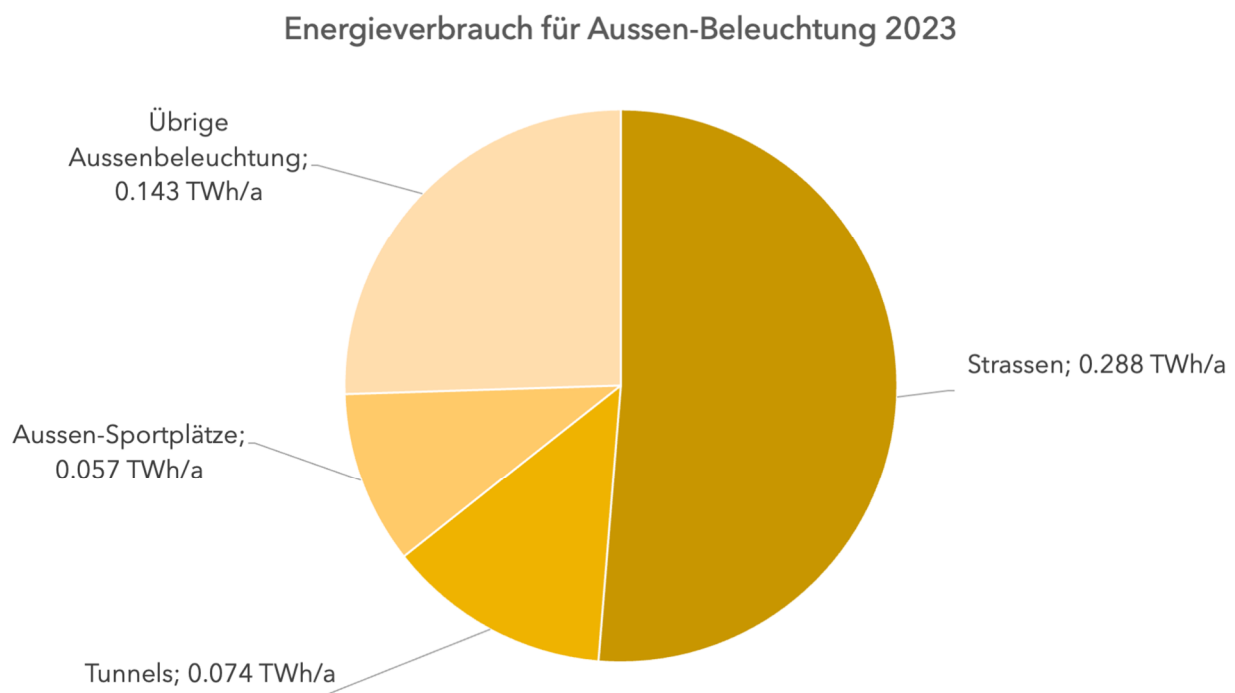


Abbildung 12: Aufteilung des Elektrizitätsverbrauchs für Aussenbeleuchtung (2023)

Energieverbrauch (TWh/a)	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Strassen (ÖB)	0.447	0.441	0.433	0.425	0.414	0.401	0.366	0.35	0.331	0.319	0.302	0.302
Tunnels	0.116	0.115	0.113	0.110	0.108	0.104	0.095	0.091	0.086	0.083	0.077	0.077
Aussen-Sportplätze	0.095	0.093	0.092	0.090	0.088	0.085	0.077	0.074	0.070	0.067	0.063	0.063
Übrige Aussenbel.	0.190	0.188	0.184	0.181	0.176	0.171	0.156	0.149	0.141	0.136	0.127	0.127
Total	0.848	0.837	0.822	0.806	0.785	0.761	0.694	0.664	0.628	0.606	0.569	0.569

Tabelle 5: Entwicklung des Elektrizitätsverbrauchs für Aussenbeleuchtung

7 Energiebilanz Beleuchtung

7.1 Elektrizitätsverbrauch 2023

Aus dem Energiebilanzmodell lässt sich der Energieverbrauch für die Beleuchtung in der Schweiz für die einzelne Branchen im Jahre 2023 berechnen. Das Total aller Branchen ergibt den gesamten Elektrizitätsverbrauch, welcher mit der SLG-Energiestudie (vergleiche Kapitel 3.3) übereinstimmt. Der Gesamtverbrauch im Jahr 2023 beträgt 5.9 TWh/a.

Die wichtigsten Sektoren (wie sie auch in der Energiestatistik des Bundes angewendet werden) ergibt eine Aufteilung gemäss Abbildung 13. Die grossen zwei Sektoren sind Zweckbauten mit Dienstleistungs- und Industriegebäuden; hier dominieren die professionellen Beleuchtungsinstallationen. Zusammen machen diese 2 Sektoren 75 % des Beleuchtungsstroms aus.

Die Beleuchtung in den Wohnbauten macht 15% des Beleuchtungsstroms aus. Ein kleiner Teil davon wird für die allgemeine Beleuchtung in Korridoren, Treppenhäusern und Nebenräumen verwendet (ca. ein Zehntel), der grössere Teil ist die Beleuchtung in den Wohnungen.

Die Aussenbeleuchtung, welche hauptsächlich durch die Strassenleuchten verursacht wird, verbraucht 10% der Elektrizität für Beleuchtung.

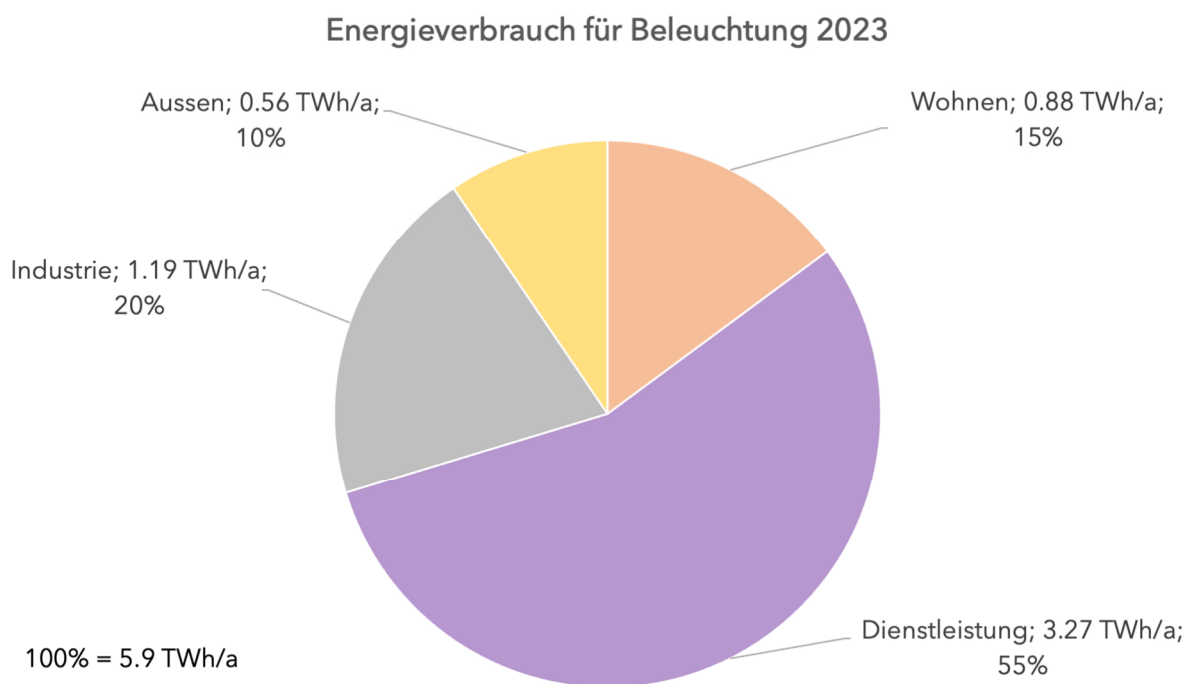


Abbildung 13: Elektrizitätsverbrauch Beleuchtung nach den 4 Hauptsektoren

7.2 Energieverbrauchsentwicklung 2012 bis 2023

Die Entwicklung des Energieverbrauchs für Beleuchtung der letzten 11 Jahre wird mit einem Kohorten-Modell nachgebildet. Für jedes Jahr werden Annahmen zu den massgebenden, den Energieverbrauch beeinflussenden, Faktoren getroffen. Die Annahmen basieren auf Industriedaten, Energienachweisen und zum Teil auf Einschätzungen von Experten.

Der Energie-Absenkpfad für Beleuchtung stimmt mit dem Modell der SLG überein.

Annahmen

- Erneuerungsrate: Je nach Nutzung werden unterschiedliche Lebensdauern angenommen: 5 Jahre (Wohnen), 10 Jahre (Verkauf und Gastronomie), 20 Jahre (Industrie), 15 Jahre (alle übrigen Anwendungen wie Büro, Schule, Spital...)
- Entwicklung Beleuchtungsstärke: In einigen Nutzungen bleiben die Beleuchtungsstärken konstant, in andern nehmen sie tendenziell zu (Verkehrsflächen, Industrie). Die Werte basieren auf Energienachweisen und Annahmen von Experten.
- Entwicklung Leuchtenlichtausbeute. Die Werte können recht gut auf Basis von Herstellerangaben und Kennzahlen von Minergieleuchten ermittelt werden.
- Entwicklung Sensordichte: Ein Input bildet die Sensormarktstudie der SLG. Die Spezifizierung auf einzelne Nutzungen basiert auf Energienachweisen und Annahmen von Experten. Im Bereich der Sensordichte sollten in Zukunft zusätzliche Instrumente zur Anwendung kommen (z.B. Befragungen).
- Flächenzunahme: Das Gebäudeparkmodell aus den ex-post-Analysen bildet eine sehr gute Grundlage.

Durch Anwendung des neuen Energiebilanzmodells auf die vergangenen Jahre lässt sich unter Anwendung der oben beschriebenen Annahmen eine Energieverbrauchsentwicklung der Beleuchtung ableiten, vergleiche Tabelle 6.

Energieverbrauch (TWh/a)	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Wohnbauten	2.49	2.48	2.42	2.36	2.20	1.98	1.74	1.50	1.28	1.12	0.98	0.88
Dienstleistungsbauten	3.77	3.77	3.76	3.76	3.72	3.69	3.65	3.63	3.56	3.48	3.38	3.27
Industriebauten	1.51	1.50	1.50	1.49	1.46	1.40	1.38	1.34	1.30	1.26	1.22	1.19
Aussenbeleuchtung	0.85	0.84	0.82	0.81	0.79	0.76	0.69	0.66	0.63	0.61	0.60	0.56
Total	8.61	8.58	8.50	8.41	8.17	7.83	7.46	7.14	6.77	6.47	6.18	5.90

Tabelle 6: Entwicklung des Elektrizitätsverbrauchs für die gesamte Beleuchtung

Die grafische Auswertung findet man auf der Titelseite dieses Berichtes.

7.3 Abschätzung des Sparpotentials

Der Energieverbrauch für Beleuchtung ist seit 2016 jährlich um rund 0.3 TWh/a gesunken – und dies trotz einer Zunahme der Gebäudeflächen von jährlich gut 1.3%. Aufgrund der weitgehenden Leuchtmittelverbote zwischen 2021 bis und 2023 sowie der immer noch leicht steigenden Leuchtenlichtausbeute der LED-Lichtquellen ist ab 2024 eine etwas stärkere Absenkung bei der Beleuchtung zu erwarten.

Ab dem Jahre 2026 wird der Energieverbrauch der Halogenlampen annähernd Null sein. Die Entladungslampen werden wohl ab 2028 in allen Beleuchtungsanlagen weitgehend verschwunden sein.

Mit einer deutlichen Erhöhung der Sensordichte könnte das Energieziel der Vereinbarung von Davos bis Ende 2028 erfüllt werden. Ohne zusätzliche Anstrengungen bei Sensorik und der intelligenten Vernetzung von Leuchten dürfte sich der Energieverbrauch für Beleuchtung im Bereich von etwas unter 5 TWh/a stabilisieren.

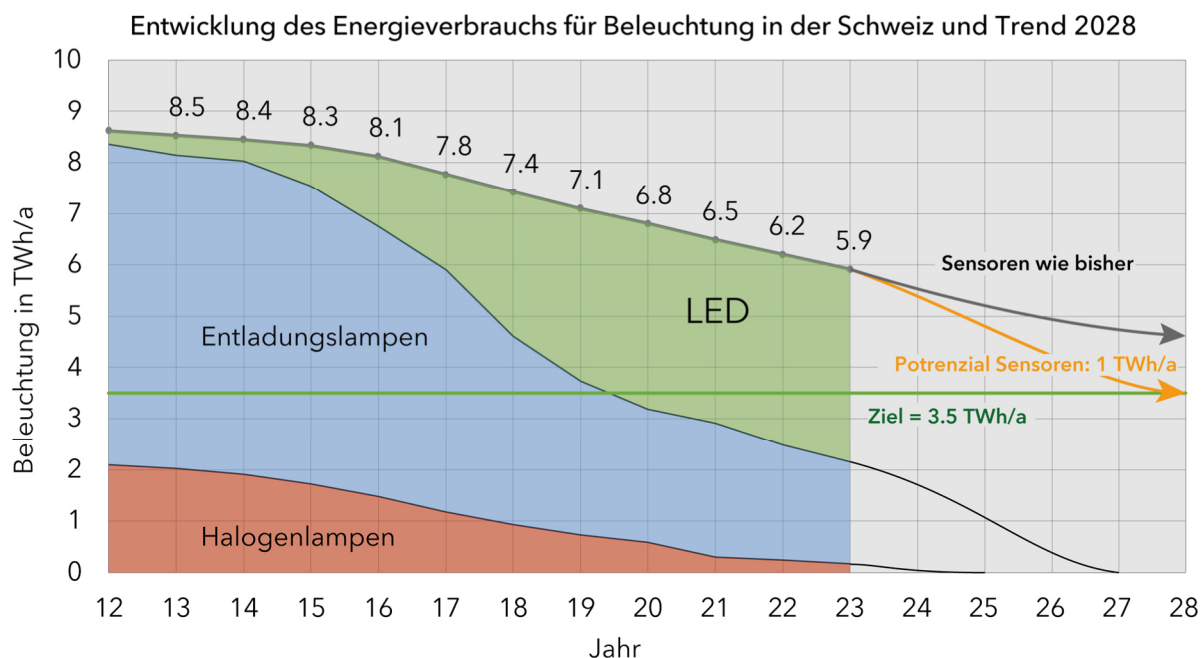


Abbildung 14: Mögliche Weiterentwicklung des Energieverbrauchs für Beleuchtung