

DALEC - Konzeptanalysetool für ganzheitliche Lichtplanung

Kunstlichtparameterstudie am Standort Erfurt

Oliver Ebert, Bert Junghans, Zumtobel Lighting GmbH, Dornbirn

David Geisler-Moroder, Bartenbach GmbH, Aldrans

Matthias Werner, Universität Innsbruck, Innsbruck

1 Einleitung

Die Fassade beeinflusst sehr stark den Energiebedarf eines Gebäudes. Vor allem der transparente bzw. transluzente Teil des Fassadensystems bestimmt den Tageslichteintrag aber auch den solaren Eintrag in ein Gebäude. Abhängig vom Tageslichteintrag im Innenraum muss Kunstlicht zugeschaltet werden. Der notwendige Kunstlichtbedarf erzeugt zum einen zusätzlichen Strombedarf und zum anderen eine interne Last, die bei Überhitzungsphasen zusätzlich herausgekühlt werden muss. Somit kann eine realitätsnahe Beurteilung von Fassaden- und Kunstlichtsystemen nur mit einer gekoppelten lichttechnischen- und thermischen Simulation erfolgen. Auf dem Markt gibt es eine Vielzahl an Fassadensystemen mit z.B. außenliegenden Raffstoren, Screens aber auch Tageslichtumlenklamellen, die unterschiedlich stark die oben genannten Aspekte beeinflussen. Viele dieser Systeme werden nach gewissen Kriterien unterschiedlich gesteuert. Lamellensysteme werden zum Beispiel bei Blendung bzw. aus Gründen des sommerlichen Wärmeschutzes geschlossen, was sich wiederum stark auf den Tageslichteintrag und den Kunstlicht- bzw. Klimatisierungsbedarf auswirkt. Die genannten Gesichtspunkte vereinen und bewerten zu können, stellt die Herausforderung eines Konzeptanalyseprogramms für Fassaden- und Kunstlichtsysteme dar.

In diesem Beitrag wird das frei zugängliche Online-Tool DALEC (www.dalec.net, Screenshot siehe Abbildung 1) vorgestellt, welches dem Nutzer ermöglicht ohne vertieftes Expertenwissen innerhalb von sehr kurzen Eingabe- und Berechnungszeiten eine Fassaden- und Kunstlichtbewertung hinsichtlich des energetischen Bedarfes (Kunstlicht, Heizung und Kühlung) durchzuführen. Neben den energetischen Gesichtspunkten werden ebenfalls Komfortbewertungen vorgenommen. Mittels dieses Tools werden in diesem Beitrag anhand von Fallbeispielen am Standort Erfurt der Einfluss verschiedener Kunstlicht Parameter auf den Energiebedarf von Heizung, Kühlung und elektrischer Beleuchtung aufgezeigt. Die hier untersuchten Parameter sind Wartungsbeleuchtungsstärke, Wartungsfaktor, Raumreflexionsgrade, Leuchteneffizienz, Lichtstromanteil des Direktanteils sowie Schaltzustand der Leuchten.

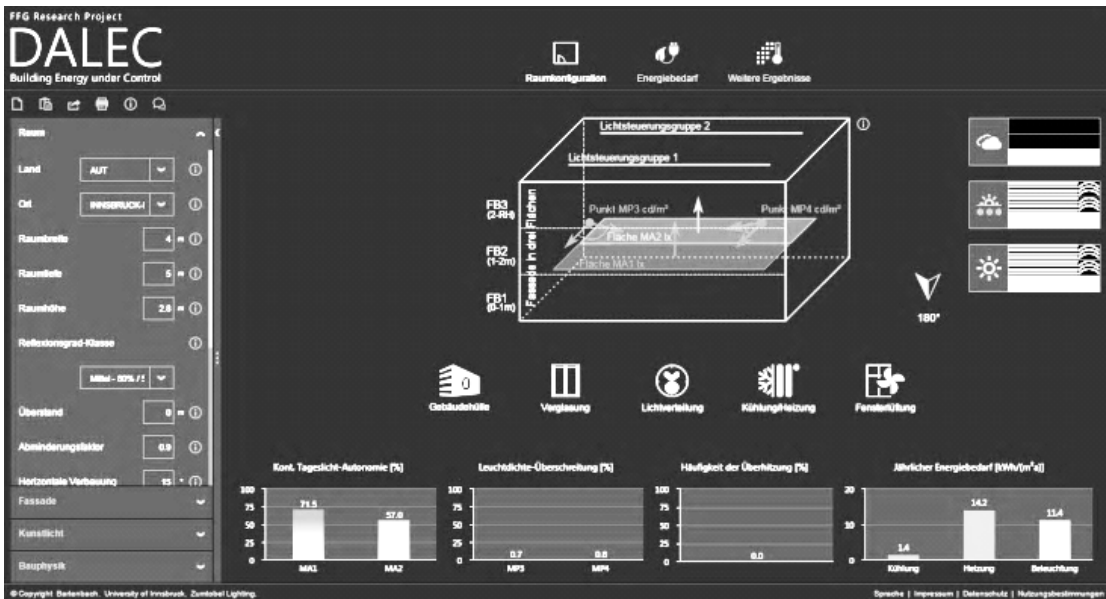


Abbildung 1: User-Interface DALEC-Tool (<http://www.dalec.net>)

1.1 Aufbau des Tools

Um die Wechselwirkung aus solarem Eintrag, Tageslicht und Kunstlichtbedarf richtig abbilden zu können, wurde der Programmcode des Tools in mehrere Module unterteilt. Der prinzipielle Programmablauf ist in Abbildung 2 dargestellt.

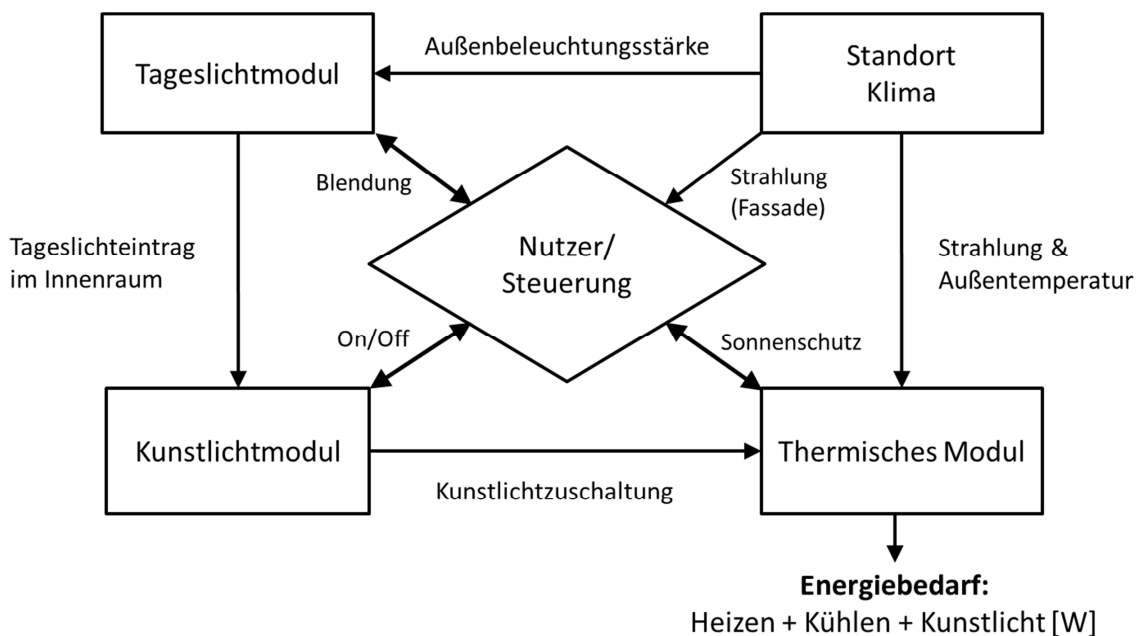


Abbildung 2: Programmablauf und Module

Auf Basis von stündlichen Wetterdaten kann das Klima für den jeweiligen Standort festgelegt werden. Mittels eines Tageslichtmoduls wird abhängig von verschiedenen Einflussgrößen (z.B. Raumgeometrie, Fensterflächenanteil, Lamellensystem, Überstand, etc.) der Tageslichteintrag im Innenraum berechnet [1].

Es können verschiedenste Kunstlichtlösungen betrachtet werden. So stehen dem Toolnutzer direkt und indirekt strahlende Leuchten zur Verfügung. Ebenfalls kann durch Anschlussleistung und Lichtstrom der Systeme die Effizienz festgelegt werden. Abhängig vom Tageslichteintrag und der gewählten Kunstlichtlösung kann der Bedarf der Kunstlichtzuschaltung berechnet werden, der wiederum für die weiteren Berechnungen der thermischen Simulation verwendet wird. Darüber hinaus erhält das thermische Modul die notwendigen Klimadaten aus dem Wetter-File. Mittels eines dynamischen Gebäudemodells (basierend auf der EN13790 [2]) wird dann der Heiz- und Kühlbedarf ermittelt.

Ein Steuerungsmodul bildet das Verhalten des Raumnutzers (Blendung) bzw. einer Sonnenschutzsteuerung der Fassade ab. Es wird in jedem Zeitschritt überprüft ob eine Leuchtdichteüberschreitung an der Innenseite der Fassade vorliegt. Ist dies vorhanden, kann von einer Blendungsgefahr ausgegangen werden und es wird eine verschattete Fassadenkonfiguration gewählt (z.B. Sonnenschutzsystem wird heruntergefahren). Der neue Fassadenzustand wirkt sich dann unmittelbar auf den Tageslicht- und den solaren Eintrag aus. Ebenfalls kann für die Sommermonate ein Grenzwert für Strahlung an der Außenfassade definiert werden. Falls dieser überschritten wird, wird die Fassadenkonfiguration auf einen verschatteten Zustand geändert. Der verminderte solare Eintrag und der geringere Tageslichteintrag werden dann in weiterer Folge ermittelt und wirken sich unmittelbar auf den Kunstlichtbedarf sowie auf den Heiz-, Kühlbedarf aus.

2 Ergebnisse

Im Folgenden werden die Auswirkungen einzelner Kunstlicht Parameter auf den Heiz- Kühl- bzw. Kunstlichtbedarf exemplarisch für den Standort Erfurt gezeigt. Die anschließende Tabelle 1 listet den in der Simulation verwendeten Referenzzustand auf:

Parameter	Wert
Raumgeometrie (Breite x Tiefe x Höhe)	4m x 5m x 2,8m
Brüstungshöhe	1m (opak)
Fensterhöhe (ab Brüstung)	1,8m
Fensterbreite	4m
Aktiver Fensterflächenanteil	75 %
Standort	Erfurt-Bindersleben
Fassadenorientierung	Süd
Bauweise	Neubaustandard
Fassadensystem Schwellwertüberschreitung	bei Außenraffstore 45°fix

Tabelle 1: Simulationsrandbedingungen

2.1 Parametervariation Wartungsbeleuchtungsstärke

Für die folgende Untersuchung wird die Wartungsbeleuchtungsstärke für den gesamten Raum von 100 lx bis 1000 lx variiert. Der Wartungsfaktor bleibt konstant bei 0,67. Wie in

Abbildung 3 ersichtlich kann der Heizbedarf hierbei stärker gesenkt werden als der Kühlbedarf zunimmt, während der Energiebedarf für das Kunstlicht natürlich stark zunimmt. Eine ausgewogene Gewichtung der einzelnen Energiebedarfe könnte man zwischen 300 lx und 500 lx Wartungsbeleuchtungsstärke einordnen.

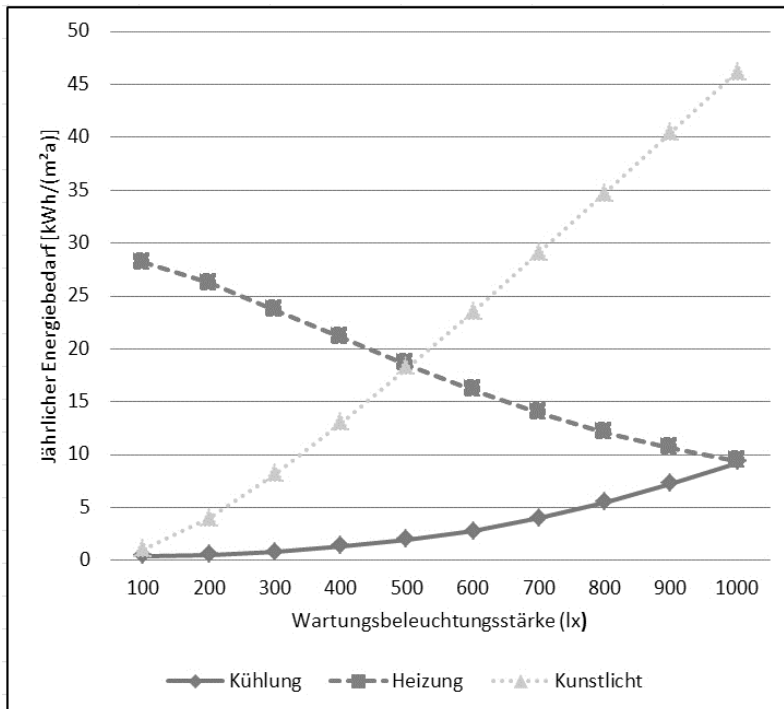


Abbildung 3: Jährlicher Energiebedarf bei variierenden Wartungsbeleuchtungsstärken

2.2 Parametervariation Wartungsfaktor

Hier wird der Wartungsfaktor für die Beleuchtungsanlage von 0,5 bis 1 variiert, während die Beleuchtungsstärke bei 500 lx gehalten werden soll. Wie in Abbildung 4 ersichtlich steigt der Heizbedarf in einem stärkeren Maße an als sich der Kühlbedarf reduziert, wenn der Wartungsfaktor erhöht wird. Durch die Erhöhung des Wartungsfaktors reduziert sich der Energiebedarf für die Kunstlichtlösung in der Berechnung.

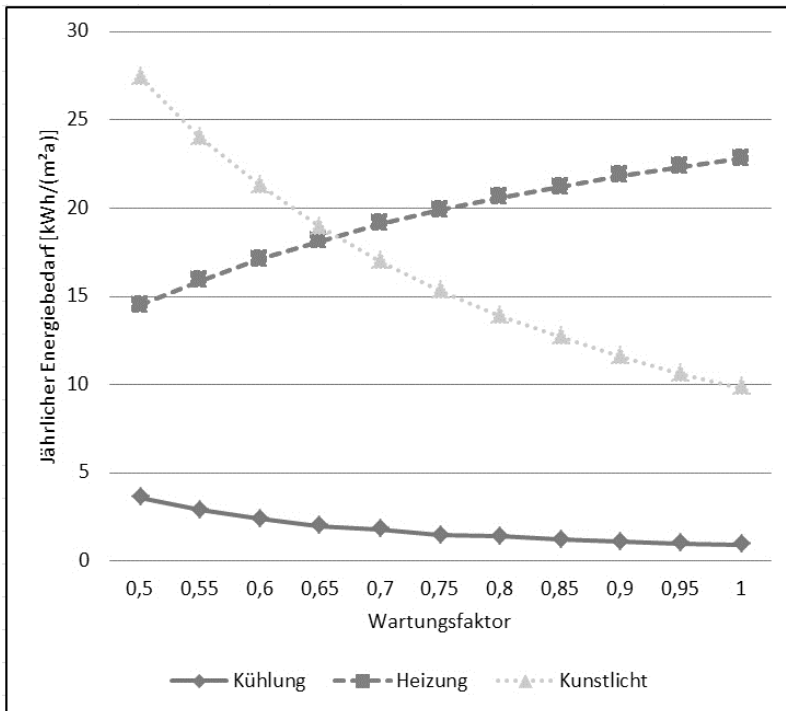


Abbildung 4: Jährlicher Energiebedarf bei variierendem Wartungsfaktor

2.3 Parametervariation Raumreflexionsgrade

In dieser Untersuchung werden die Raumreflexionsgrade von 70% für die Decke, 50% für die Wand und 20% für den Boden (Standard) auf 80/50/30 (mittel) und 90/60/40 (hell) variiert. Eine Aufhellung der Raumflächen wirkt sich positiv auf den Energiebedarf des Kunstlichts und der Kühlung aus, während sich der Heizbedarf erhöht (Abbildung 5).

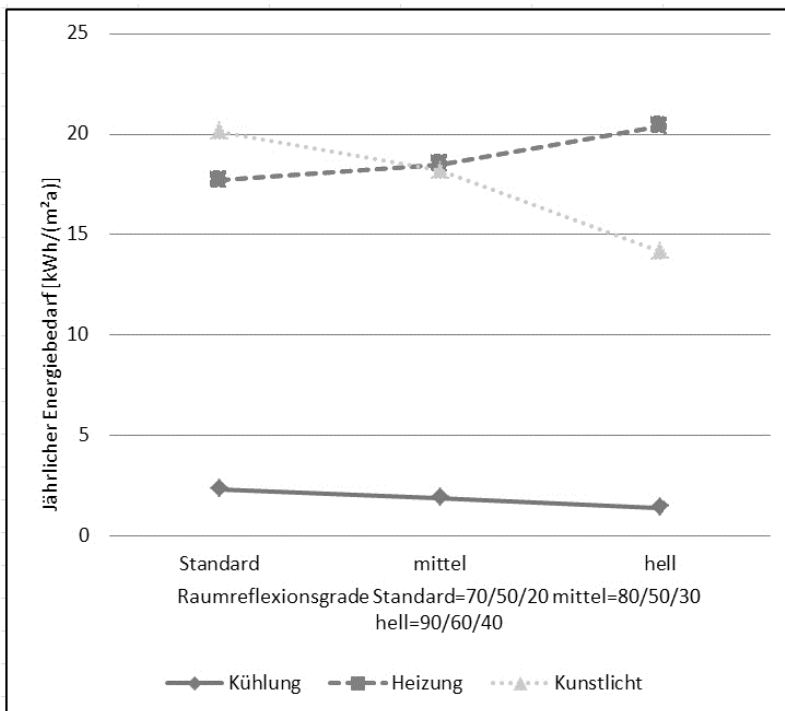


Abbildung 5: Jährlicher Energiebedarf bei variierendem Raumreflexionsgrad

2.4 Parametervariation Leuchteneffizienz

In dieser Parametervariation werden die Eingaben für den Lichtstrom pro Leuchte verändert, während die Anschlussleistung pro Leuchte konstant bleibt. Hieraus ergibt sich eine zwischen 50 und 140 Lumen pro Watt variierende Leuchteneffizienz (lm/W). In Abbildung 6 ist ersichtlich, dass in den Berechnungsergebnissen eine deutliche Reduzierung des Kunstlichtbedarfs mit einer Steigerung des Heizbedarfs einhergeht, während die Reduzierung beim Kühlbedarf gering ausfällt, wenn die Leuchteneffizienz steigt.

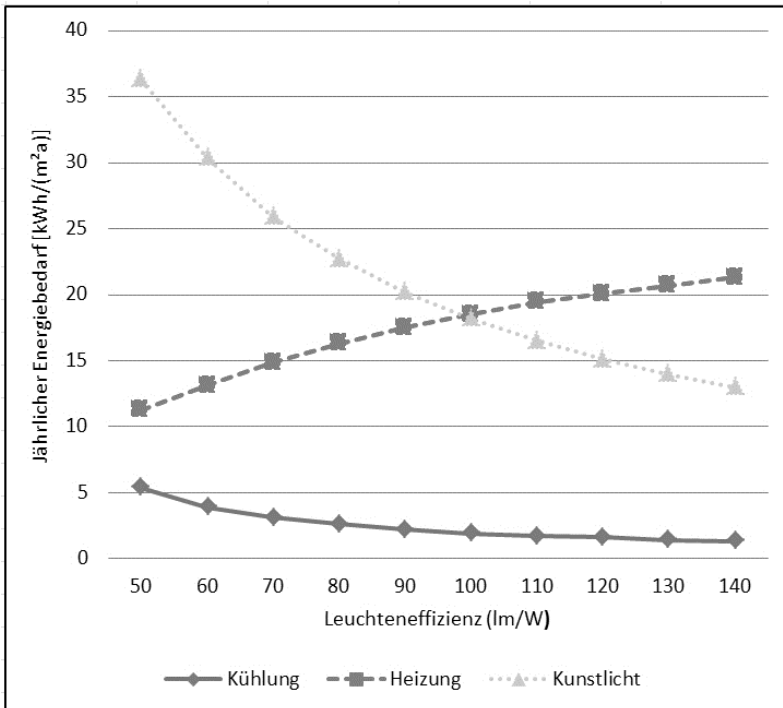


Abbildung 6: Jährlicher Energiebedarf bei variierender Leuchteffizienz

2.5 Parametervariation Faktor für Direktanteil am Leuchtenlichtstrom

Im DALEC Tool können Lichtverteilungskurven für eine direkte Lichtabstrahlung und eine indirekte Lichtabstrahlung kombiniert werden. Über einen Faktor von 0 bis 1 wird der Gesamtlichtstrom der Leuchte auf den Direktanteil bzw. Indirektanteil verteilt. In dieser Untersuchung wird der Direktanteil von 0 (kein Direktanteil) bis 1 (kein Indirektanteil) variiert. Wie Abbildung 7 veranschaulicht, zeigen die Berechnungsergebnisse eine Reduzierung des Kunstlichtbedarfs sowie einer Steigerung des Heizbedarfs, während die Reduzierung des Kühlbedarfs gering ausfällt, wenn der Direktanteil steigt.

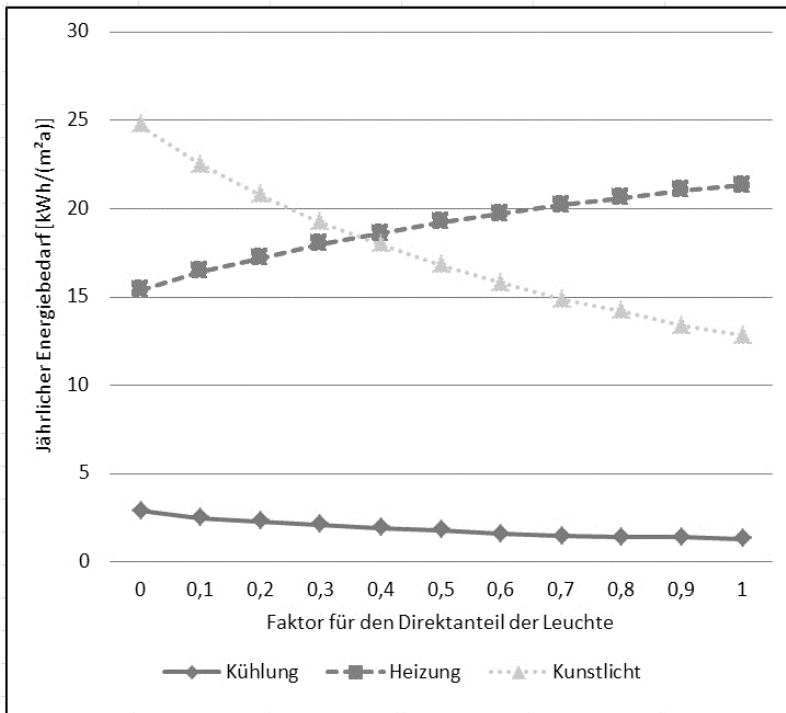


Abbildung 7: Jährlicher Energiebedarf bei variierendem Direktanteil

2.6 Parametervariation Schaltzustand

Im DALEC Tool können unterschiedliche Steuerungsstrategien der Kunstlichtlösung angewendet werden. Es kann zwischen tageslichtabhängiger Dimmung, tageslichtabhängiger Schaltung und einem ON/OFF Betrieb gewählt werden. Bei letzterem sind die Kunstlichtgruppen kontinuierlich angeschaltet während der Nutzungszeit. Das ausgewogenste Verhältnis der Energiebedarfe erscheint bei tageslichtabhängiger Dimmung erreicht (Abbildung 8).

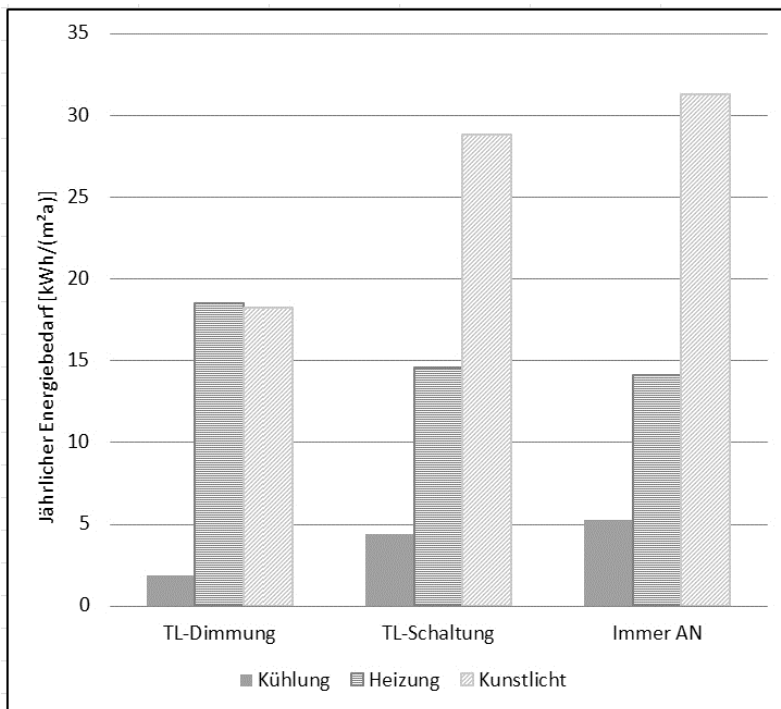


Abbildung 8: Jährlicher Energiebedarf bei variierendem Schaltzustand der Leuchten

3 Fazit

Mit dem Online-Tool DALEC ist es möglich, sich die Auswirkungen von verschiedenen Kunstlicht Planungsparametern darstellen zu lassen. Neben dem Heiz-, Kühl- und Kunstlichtbedarf können auch Komfortkriterien, wie zum Beispiel das Schließen der Fassade aufgrund von Blendung, berücksichtigt werden. Bereits in der frühen Planungsphase kann mit geringem Eingabeaufwand das Tageslicht- und Kunstlichtsystem gesamtheitlich bewertet und analysiert werden.

Quellen

- [1] M. Werner, D. Geisler-Moroder, O. Ebert, C. Bauer, R. Müller, B. Junghans, R. Weitlaner, "DALEC – Day- and Artificial Light with Energy Calculation - Konzeptanalysetool für ganzheitliche Lichtplanung," in *Licht 2014*, 2014.
- [2] Austrian Standards Institute, "ÖNORM EN ISO 13790 - Energieeffizienz von Gebäuden - Berechnung des Energiebedarfes für Heizung und Kühlung," 2008.