Passive Solargebäude im Spannungsfeld zwischen Winterwärmegewinn und sommerlichem Wärmeschutz – eine Untersuchung auf Basis der SIA 180:2014 Anhang C.1

William Logie[1]

[1]*Kuster + Partner AG, Via da Mezz 85, 7742 Poschiavo, +41 81 834 48 03, will.logie@kusterpartner.ch*

Kurzfassung

Seit der Energiekrise der 1970er Jahre bildet die passive Nutzung der Solarenergie einen wesentlichen Bestandteil energieeffizienter Gebäude. Klassische Entwurfsprinzipien wie eine bevorzugte Südausrichtung der Verglasung, thermische Speichermassen und geeignete Verschattungssysteme sind heute allgemein anerkannt. Moderne Gebäudesimulationen ermöglichen jedoch eine wesentlich differenziertere Bewertung der komplexen Wechselwirkungen zwischen winterlichem Solarwärmegewinn und sommerlichem Wärmeschutz.

Ausgangspunkt dieser Arbeit ist eine alternative Interpretation des Anhangs C.1 der SIA 180:2014. Die dort definierte Komfortbewertung für Räume mit «natürlicher Lüftung» wird nicht ausschliesslich als Nachweisverfahren für den sommerlichen Wärmeschutz betrachtet, sondern als mögliches Optimierungskriterium für den passiven Gebäudeentwurf. Mittels parametrischer Simulationen eines vereinfachten Einzonenmodells werden unterschiedliche Verglasungskonfigurationen hinsichtlich der Anzahl von Komfortverletzungen oberhalb und unterhalb des adaptiven Komfortbereiches untersucht.

Die Ergebnisse zeigen, dass sich unter dieser Zielsetzung teilweise deutlich andere Entwurfsstrategien ergeben als nach klassischen Faustregeln des passiven Solarbaus. Gleichzeitig wird deutlich, dass optimale Lösungen standortabhängig sind und sowohl winterliche als auch sommerliche Randbedingungen gemeinsam betrachtet werden sollten.

Einleitung

Seit der 1970er Jahre gehört die passive Nutzung der Solarenergie zu den grundlegenden Strategien energieeffizienten Bauens. Zahlreiche Forschungsarbeiten sowie praktische Demonstrationsprojekte haben gezeigt, dass sich der Heizenergiebedarf durch geeignete Gebäudeorientierung, Verglasungsflächen, thermische Speichermassen und wirksamen sommerlichen Sonnenschutz erheblich reduzieren lässt (Olgyay 1963, Mazria 1979, Balcomb 1992, Givoni 1998).

Neben wissenschaftlich fundierten Untersuchungen entstanden in den vergangenen Jahrzehnten jedoch auch zahlreiche Gebäude, deren Entwurf hauptsächlich auf planerischer Erfahrung oder intuitiven Annahmen beruhte. Die vollständige Vermeidung von Heiz- und Kühlenergie erwies sich dabei häufig als wesentlich schwieriger als ursprünglich angenommen. Insbesondere zeigte sich, dass die einzelnen Entwurfsparameter in komplexer Wechselwirkung miteinander stehen und deshalb selten unabhängig voneinander optimiert werden können.

Passives Solarbauen ist deshalb weniger eine Frage einzelner Entwurfsregeln als vielmehr eine mehrdimensionale Optimierungsaufgabe. Während grundlegende Prinzipien seit Jahrzehnten bekannt sind, ermöglichen moderne Gebäudesimulationsprogramme heute erstmals eine systematische Untersuchung grosser Parameterbereiche und unterschiedlicher Klimastandorte.

Die schweizerische Norm SIA 180 beschreibt im Anhang C.1 ein vereinfachtes Simulationsverfahren zur Bewertung des sommerlichen thermischen Komforts in Gebäuden mit natürlicher Lüftung (Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein 2014). Grundlage bildet der adaptive Kom-

fortansatz nach gleitender Aussentemperatur, wobei die operative Raumtemperatur innerhalb der in Figur 3 definierten Komfortgrenzen liegen soll.

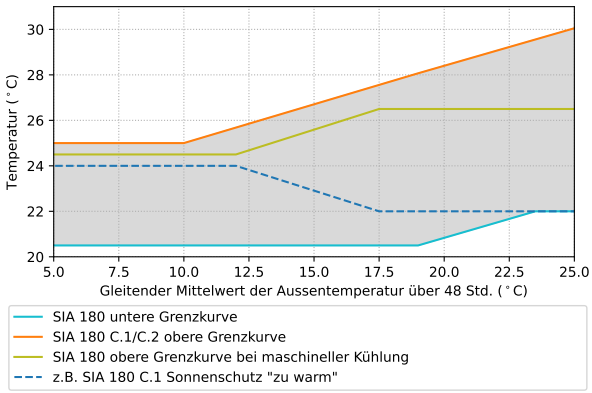


Abbildung 1: Schematische Darstellung des adaptiven Komfortbereiches nach SIA 180 Anhang C.1.

Die Bildunterschrift von Figur 3 beschreibt den zulässigen Bereich der empfundenen Temperatur in Räumen mit natürlicher Lüftung, während diese *weder beheizt noch gekühlt werden*. Gleichzeitig fordert der Normtext ausdrücklich, dass die untere Grenzkurve nicht unterschritten werden darf. Eine rein wörtliche Betrachtung dieses Bewertungsverfahrens legt daher die Frage nahe, ob sich der beschriebene Komfortbereich nicht ausschliesslich zur Bewertung sommerlicher Übertemperaturen, sondern auch als allgemeines Optimierungskriterium für passive Solargebäude verwenden lässt, insbesondere, wenn dadurch per Definition die tiefsten Wintermonate (16. Oktober – 15. April) ausgeschlossen werden, in denen das Heizen unvermeidbar ist.

Die vorliegende Arbeit erhebt ausdrücklich keinen Anspruch, die ursprüngliche Intention des Normungsgremiums wiederzugeben. Vielmehr wird untersucht, welche Entwurfsstrategien sich ergeben, wenn der adaptive Komfortbereich des Anhangs C.1 als *ganzjähriges* Optimierungsziel interpretiert wird. Im Mittelpunkt steht dabei nicht der Heiz- oder Kühlenergiebedarf, sondern ausschliesslich die Anzahl der Stunden, während derer die operative Raumtemperatur ausserhalb des zulässigen Komfortbereiches liegt.

Besonderes Interesse gilt dabei der Frage, ob die klassische Empfehlung einer möglichst grossen südorientierten Verglasung unter dieser Zielsetzung weiterhin optimal bleibt oder ob simulationsgestützte Optimierungen alternative Fassadenkonfigurationen nahelegen.

Stand der Forschung

Die wissenschaftlichen Grundlagen des passiven Solarbaus wurden bereits in den 1960er und 1970er Jahren entwickelt. Arbeiten von Olgyay, Mazria und später Balcomb zeigten, dass Gebäudegeometrie, Orientierung, Fensterflächen und Speichermassen gemeinsam betrachtet werden müssen, um winterliche Solarwärmegewinne optimal zu nutzen und gleichzeitig sommerliche Überhitzung zu vermeiden (Olgyay 1963, Mazria 1979, Balcomb 1992).

Mit zunehmender Rechenleistung verlagerte sich der Schwerpunkt von allgemeinen Entwurfsregeln hin zu simulationsgestützten Optimierungsverfahren. Dadurch wurde deutlich, dass optimale Gebäudeparameter stark vom lokalen Klima, der Nutzung sowie den zugrunde gelegten Bewertungsgrössen abhängen. Ein für einen Standort optimiertes Gebäude stellt deshalb nicht zwangsläufig auch für andere Klimaregionen die beste Lösung dar.

Die Weiterentwicklung des passiven Solarbaus führte zunehmend zu einer stärkeren Berücksichtigung des lokalen Klimas und der menschlichen Behaglichkeit. Bereits Givoni zeigte, dass der thermische Komfort nicht unabhängig vom Aussenklima betrachtet werden kann, sondern durch adaptive Prozesse sowie durch die Wechselwirkung zwischen Gebäude, Klima und Nutzer beeinflusst wird (Givoni 1998). Damit verschob sich der Schwerpunkt von rein energetischen Betrachtungen hin zu einer ganzheitlichen Bewertung klimatisch angepasster Gebäude.

Diese Entwicklung wurde durch adaptive Komfortmodelle weiter wissenschaftlich fundiert. Während frühere Komfortansätze häufig von konstanten Innenbedingungen ausgingen, zeigten Humphreys sowie de Dear und Brager, dass Nutzer in natürlich belüfteten Gebäuden eine Anpassungsfähigkeit an wechselnde Aussenbedingungen besitzen (Humphreys 1978, de Dear & Brager 1998). Der adaptive Komfortansatz bildet heute eine wesentliche Grundlage für die Bewertung thermischer Behaglichkeit in Gebäuden ohne aktive Klimatisierung und findet auch Eingang in europäische und schweizerische Bewertungsverfahren (CEN 2019).

Die Anwendung adaptiver Komfortmodelle stellt damit eine Verbindung zwischen den ursprünglichen Prinzipien des passiven Solarbaus und modernen simulationsgestützten Bewertungsverfahren her. Während klassische passive Solarkonzepte häufig auf qualitative Entwurfsregeln wie Orientierung und Verglasungsanteile zurückgriffen, ermöglichen heutige Simulationsverfahren eine quantitative Untersuchung dieser Zusammen-

hänge.

Für die Schweiz erfolgt die energetische Bewertung heute im Wesentlichen getrennt nach Winter- und Sommeraspekten. Während SIA 380/1 den Heizenergiebedarf beschreibt, behandelt SIA 180 den sommerlichen Wärmeschutz. Mit der Einführung von SIA 380/2 wurde die Bewertung sommerlicher thermischer Verhältnisse weiterentwickelt (Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein 2022). Eine gemeinsame simulationsgestützte Optimierung winterlicher Solarwärmegewinne und sommerlicher Komfortanforderungen ist jedoch gegenwärtig nicht Bestandteil dieser Verfahren.

Vor diesem Hintergrund untersucht die vorliegende Arbeit, welche Erkenntnisse sich ergeben, wenn die Komfortbewertung des Anhangs C.1 als alternative Zielfunktion einer parametrischen Optimierung verwendet wird.

Methodik

Die Untersuchung basiert auf einer parametrischen Gebäudesimulation mit dem Simulationsprogramm IDA ICE (EQUA Simulation AB 2026). Ziel war nicht die möglichst realitätsnahe Abbildung eines konkreten Gebäudes, sondern die systematische Untersuchung des Einflusses der Fassadenverglasung auf den thermischen Komfort eines stark vereinfachten Referenzgebäudes. Durch die Reduktion der geometrischen Komplexität können Unterschiede zwischen einzelnen Verglasungskonfigurationen unmittelbar auf deren solaren Einfluss zurückgeführt werden.

Simulationsmodell

Als Referenzmodell wurde ein rechteckiger Einzonenraum mit einer Nettogrundfläche von 48 m^2 gewählt. Das Gebäude besitzt eine Nord-Süd-Ausdehnung von 6 m, eine Ost-West-Ausdehnung von 8 m sowie eine lichte Raumhöhe von 2.5 m.

Um ausschliesslich den Einfluss der Fassaden zu untersuchen, wurden Dach und Boden als adiabate Begrenzungsflächen modelliert. Jede Fassadenrichtung besitzt genau ein Fenster, dessen Grösse unabhängig von den übrigen Fassaden variiert wurde.

Die übrigen Bauteile sowie die internen Lasten wurden für sämtliche Simulationen unverändert belassen.

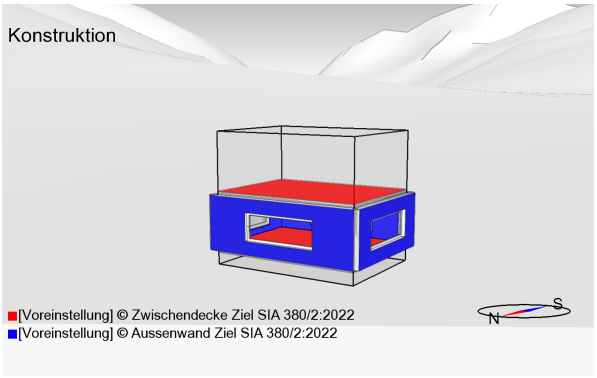


Abbildung 2: Visualisierung des untersuchten Referenzgebäudes mit OpenTopography zentriert auf Poschiavo Borgo.

Klimastandorte

Die Untersuchung wurde exemplarisch für zwei klimatisch deutlich unterschiedliche Schweizer Standorte durchgeführt. Aufgrund der jüngsten Anpassungen an zukünftige Klimaszenarien (MeteoSwiss & ETH Zurich 2025) wurde die Klimadatei «CH2018 2035 RCP8.5 DRY» (NCCS 2018) ausgewählt, um das aktuelle Wetter des Jahres «2023» darzustellen.

Luzern wurde als repräsentativer Standort des dicht besiedelten Mittellandes gewählt. Das dort vorherrschende Klima kann als typisch für einen grossen Teil des schweizerischen Gebäudebestandes angesehen werden.

Robbia im *val poschiavo* repräsentiert demgegenüber einen alpinen Randstandort. Aufgrund der Tallage, der geringeren Nebelhäufigkeit sowie der topographisch bedingten Einschränkung der direkten Sonneneinstrahlung ergeben sich dort andere Randbedingungen für den passiven Solarwärmegewinn als im Mittelland. Die Wahl beider Standorte erlaubt deshalb eine Untersuchung der Frage, inwieweit optimale Fassadenkonfigurationen vom jeweiligen Klima abhängig sind.

Parametrische Variation

Für jede Simulation wurden die Verglasungsanteile der vier Fassaden unabhängig voneinander variiert (Monte-Carlo). Die Fenstergrössen wurden innerhalb der zulässigen Randbedingungen zufällig gewählt, sodass ein grosser Lösungsraum unterschiedlicher Fassadenkombinationen untersucht werden konnte.

Dieses Vorgehen verfolgt bewusst keinen klassischen Optimierungsalgorithmus. Vielmehr soll zunächst sichtbar werden, welche Bereiche des

Parameterraums grundsätzlich günstige oder ungünstige Komforteigenschaften besitzen. Dadurch können sowohl erwartete als auch unerwartete Zusammenhänge zwischen Fassadenorientierung und thermischem Komfort identifiziert werden.

Bewertungskriterium

Im Gegensatz zu klassischen Untersuchungen des passiven Solarbaus steht nicht der Heiz- oder Kühlenergiebedarf im Mittelpunkt der Bewertung. Als Zielfunktion dient ausschliesslich die Anzahl der Stunden, während derer die operative Raumtemperatur ausserhalb des in Anhang C.1 der SIA 180 definierten adaptiven Komfortbereiches liegt.

Für jede Simulation wurden deshalb getrennt ermittelt:

- Anzahl Stunden oberhalb der oberen Komfortgrenze,
- Anzahl Stunden unterhalb der unteren Komfortgrenze,
- Gesamtzahl aller Komfortverletzungen.

Die Bewertung erfolgt damit ausschliesslich auf Grundlage der thermischen Behaglichkeit eines frei schwingenden Gebäudes ohne aktive Beheizung oder Kühlung.

Randbedingungen

Sämtliche Simulationen wurden ohne aktive Heiz- oder Kühlsysteme durchgeführt:

- Die automatische Sonnenschutzsteuerung erfolgte entsprechend den Vorgaben des Anhangs C.1 der SIA 180 mit einem Schwellenwert für *zu warm* gemäss Abbildung 1.
- Typische Gebäudekonstruktionen (Zwischenböden, Wände und Fenster) sind den Tabellen 2 und 3 der Norm SIA 380/2 «Zielwerte» entnommen.
- Für Robbia wurde das OpenTopography-Gelände implementiert, für Luzern wurde jedoch keine Geländedatei importiert.

Die hier vorgestellte Untersuchung versteht sich ausdrücklich nicht als alternative Interpretation der Normungsabsicht, sondern als simulationsgestützte Untersuchung einer anderen Optimierungsaufgabe. Während Anhang C.1 ursprünglich zur Bewertung sommerlicher Behaglichkeit entwickelt wurde, wird im Folgenden untersucht, welche Gebäudeparameter sich ergeben, wenn derselbe Bewertungsmassstab auf den «16. April – 15. Oktober» freien Temperaturverlauf angewendet wird.

Resultate

Die nachfolgenden Auswertungen (Abbildung 3) vergleichen die Ergebnisse der beiden Klimastandorte Luzern und Robbia.

Bei der Suche nach einer «optimalen Variante» wurden die Ergebnisse zunächst nach Varianten gefiltert, bei denen zu keiner Zeit die Temperaturen den oberen Grenzwert gemäss SIA 180, Figur 3, überschreiten, wobei gleichzeitig die Anzahl der Stunden, in denen die Temperaturen unter den unteren Grenzwert fallen, so gering wie möglich gehalten wurde. Für die beiden betrachteten Standorte sind diese ermittelten «optimalen Varianten» in Abbildung 3 identifiziert, und in Abbildung 4 sind Screenshots der 3D-Modelle zu sehen.

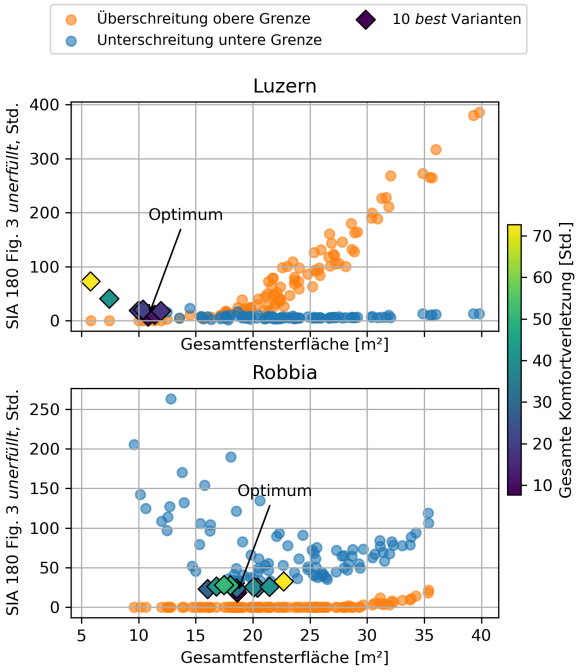
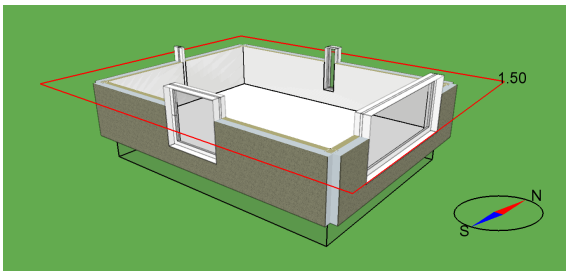


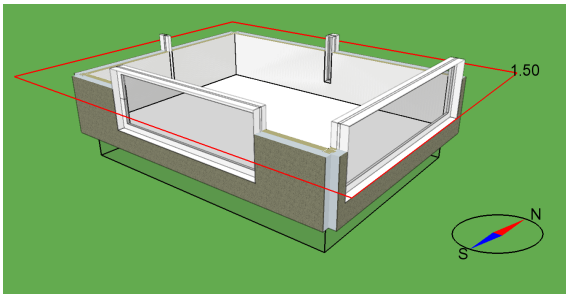
Abbildung 3: Simulationsergebnisse für Luzern und Robbia (2035 RCP8.5 DRY).

Representative optimum

Die resultierenden Varianten sind in Tabelle 1 zusammengefasst.



(a) Luzern: Variante mit minimaler Unterschreitung der unteren Komfortgrenze.



(b) Robbia: Variante mit minimaler Unterschreitung der unteren Komfortgrenze.

Abbildung 4: Darstellung der repräsentativen Varianten mit der geringsten Anzahl an Stunden unterhalb der unteren Grenzkurve (und keine Überschreitung der oberen) nach SIA 180:2014 Anhang C.1. Die unterschiedlichen Fensterverteilungen verdeutlichen den Einfluss des Standortklimas auf die optimale passive Solarstrategie.

Tabelle 1: Ausgewählte Varianten mit minimaler Unterschreitung der unteren Grenzkurve bei gleichzeitig keiner Überschreitung der oberen Grenzkurve nach SIA 180:2014 Anhang C.1.

	Süd m^2	Ost m^2	West m^2	Nord m^2	Gesamt m^2
Luzern	3.10	6.94	0.17	0.63	10.84
Robbia	8.15	9.93	0.17	0.39	18.64

Standort Luzern

Für Luzern wird die ausgewählte Variante durch eine vergleichsweise geringe Gesamtfensterfläche von 10.84 m^2 charakterisiert. Auffällig ist dabei die asymmetrische Verteilung der Verglasung. Die grösste Fensterfläche befindet sich nicht an der Südfassade, sondern an der Ostfassade (6.94 m^2), während die West- und Nordfassaden nahezu vollständig geschlossen bleiben.

Diese Verteilung unterscheidet sich von klassischen passiven Solarstrategien, welche häufig eine Maximierung der Südfensterflächen zur Erhöhung winterlicher Solarwärmegewinne anstreben. Die Ergebnisse weisen darauf hin, dass bei einer gleichzeitigen Begrenzung sommerlicher Überwärmung eine reine Südausrichtung nicht zwangsläufig die günstigste Lösung darstellt.

Eine mögliche Erklärung liegt darin, dass Ostverglasungen solare Gewinne während der kühleren Morgenstunden ermöglichen, während gleichzeitig die nachmittäglichen solaren Lasten der Westfassade vermieden werden. Eine detaillierte Analyse der zeitlichen solaren Gewinne und der Verschattung ist jedoch erforderlich, um diese Hypothese zu bestätigen.

Standort Robbia

Die ausgewählte Variante für Robbia weist mit 18.64 m^2 eine deutlich grössere Gesamtfensterfläche auf als diejenige für Luzern. Auch hier zeigt sich keine klassische ausschliessliche Südausrichtung. Die grössten Beiträge liefern die Ostfassade (9.93 m^2) und die Südfassade (8.15 m^2), während West- und Nordfassade praktisch geschlossen bleiben.

Die höhere zulässige Fensterfläche deutet darauf hin, dass das Standortklima eine stärkere Nutzung passiver Solarwärmegewinne ermöglicht, ohne dass die obere Komfortgrenze überschritten wird. Gleichzeitig zeigt die verbleibende Anzahl von 18.38 Stunden unterhalb der unteren Grenzkurve, dass auch diese Variante nicht alle winterlichen Komfortdefizite vermeiden kann.

Der Unterschied zwischen Luzern und Robbia unterstreicht die Bedeutung der Standortabhängigkeit passiver Solarstrategien. Obwohl beide Gebäudegeometrien identisch sind, ergeben sich unterschiedliche Fensterverteilungen und optimale Verglasungsflächen.

Diskussion

Die Ergebnisse erlauben folgende weiterführende Beobachtungen:

- Die Untersuchung bestätigt die grundsätzliche Bedeutung der Standortabhängigkeit passiver Solarstrategien. Eine universelle Empfehlung, beispielsweise eine maximale Südausrichtung der Verglasung, kann aus den Ergebnissen nicht abgeleitet werden.
- Für Luzern führt eine vergleichsweise moderate Fensterfläche mit Schwerpunkt auf der Ostfassade zur günstigsten Kombination aus winterlicher Nutzung solarer Gewinne und Vermeidung sommerlicher Überwärmung.
- Für Robbia ermöglicht das günstigere solare Potential eine deutlich grössere Gesamtverglasung. Die Kombination aus Ost- und Südfassade unterstützt eine stärkere Nutzung passiver Solarenergie, ohne sommerliche Komfortgrenzen zu überschreiten.
- Die Ergebnisse stehen teilweise im Gegensatz zu vereinfachten Regeln des klassischen passiven Solarbaus, bei denen häufig eine Maximierung südorientierter Verglasungen empfohlen wird. Sie zeigen vielmehr, dass Orientierung, Klima und sommerliche Begrenzungen gemeinsam betrachtet werden müssen.
- Die adaptive Komfortbewertung nach SIA 180 Anhang C.1 kann daher neben ihrer ursprünglichen Anwendung für sommerlichen Wärmeschutz auch als Bewertungsrahmen für die Wechselwirkung zwischen passiver Solarenergienutzung und thermischer Behaglichkeit interpretiert werden.
- Die zunehmende Bedeutung sommerlicher Überwärmung durch den Klimawandel verstärkt die Notwendigkeit einer integrierten Betrachtung von solaren Gewinnen und sommerlichem Wärmeschutz (NCCS 2018, MeteoSwiss & ETH Zurich 2025). Ein Beispiel hierfür ist die unterschiedliche Gewichtung von Strahlungsangebot und thermischer Situation bei der Sonnenschutzregelung (vgl. Sonnenschutzsteuerung in Anhang C der SIA 380/2 mit denen in SIA 180 C.1). Eine Regelung, welche primär auf solare Einstrahlung reagiert, kann zu Situationen führen, in denen winterliche solare Gewinne reduziert werden, obwohl diese energetisch und thermisch erwünscht wären.

Eine weiterführende Fragestellung ergibt sich aus der zunehmenden Verwendung des Begriffes «natürliche Kühlung». Die neue Definition unterscheidet zwischen aktiver Kühlung mittels Kältemaschinen und natürlicher Kühlung, bei welcher Umweltpotenziale wie Nachtluft, Erdsonden oder Gewässer mit geringem technischem Energieaufwand genutzt werden.

Eine konsequente Erweiterung dieser Betrachtungsweise würde jedoch auch die Frage nach einer entsprechenden Definition einer «natürlichen Heizung» aufwerfen. Solarwärmegewinne durch Fenster oder solarthermische Systeme könnten analog als Nutzung natürlicher Energiequellen verstanden werden.

Diese Betrachtungsweise verdeutlicht eine mögliche zukünftige Herausforderung für Normierungsprozesse: Während sommerliche Kühlung zunehmend differenziert betrachtet wird, erfolgt die Bewertung winterlicher Solarwärmegewinne und deren Einfluss auf den Heizenergiebedarf weiterhin weitgehend getrennt vom sommerlichen Wärmeschutz. Eine zukünftige integrierte Betrachtung könnte beide Aspekte gemeinsam optimieren.

Schlussfolgerungen

Die vorliegende Untersuchung zeigt, dass die Bewertung passiver Solarstrategien nicht unabhängig vom Standort erfolgen kann. Auf Basis einer Simulation nach SIA 180:2014 Anhang C.1 wurden Fensterflächen verschiedener Orientierung untersucht und hinsichtlich der Unterschreitung der unteren sowie der Überschreitung der oberen Komfortgrenze bewertet.

Die wichtigsten Erkenntnisse sind:

- Die optimale Fensterverteilung ergibt sich aus einem Kompromiss zwischen der Nutzung winterlicher Solarwärmegewinne und der Begrenzung sommerlicher Überwärmung.
- Die untersuchten Standorte Luzern und Robbia zeigen trotz identischer Gebäudegeometrie unterschiedliche günstige Verglasungsstrategien. Damit wird die Bedeutung einer frühzeitigen Berücksichtigung des Standortklimas im Entwurfsprozess bestätigt.
- Die Ergebnisse zeigen, dass klassische Regeln des passiven Solarbaus, insbesondere eine ausschliessliche Maximierung südorientierter Verglasungen, nicht für alle Klimasituationen optimal sein müssen.

- Die Grenzkurven des adaptiven Komfortmodells nach SIA 180 Anhang C.1 ermöglichen eine gemeinsame Betrachtung von sommerlichem Wärmeschutz und winterlicher Solarenergienutzung, auch wenn dieser Ansatz ursprünglich nicht als Optimierungsverfahren entwickelt wurde.
- Angesichts zukünftiger Klimaveränderungen erscheint eine stärkere Integration von sommerlichem Wärmeschutz, passiven Solarwärmegewinnen und Standortbedingungen in zukünftige Bewertungsverfahren sinnvoll.

Literatur

Balcomb, J. D. (1992), Passive solar buildings, Technical Report Task 13, International Energy Agency, Solar Heating and Cooling Programme.

CEN (2019), Energy performance of buildings – ventilation for buildings – part 1: Indoor environmental input parameters for design and assessment of energy performance of buildings addressing indoor air quality, thermal environment, lighting and acoustics, Technical Report EN 16798-1, European Committee for Standardization.

de Dear, R. J. & Brager, G. S. (1998), 'Developing an adaptive model of thermal comfort and preference', *ASHRAE Transactions* **104**(1), 145–167.

EQUA Simulation AB (2026), *IDA Indoor Climate and Energy*, EQUA Simulation AB, Stockholm, Sweden. Building performance simulation software.

Givoni, B. (1998), *Climate Considerations in Building and Urban Design*, John Wiley & Sons, New York.

Humphreys, M. A. (1978), 'Outdoor temperatures and comfort indoors', *Building Research and Practice* **6**(2), 92–105.

Mazria, E. (1979), *The Passive Solar Energy Book*, Rodale Press, Emmaus, Pennsylvania.

MeteoSwiss & ETH Zurich (2025), Climate CH2025 – Scientific Report, Technical report, Federal Office of Meteorology and Climatology MeteoSwiss, Zurich, Switzerland.

NCCS (2018), Ch2018 – climate scenarios for switzerland, Technical report, National Centre for Climate Services, Zurich.
URL: *https://www.nccs.admin.ch/nccs/en/home/climate-change-and-impacts/swiss-climate-change-scenarios.html*

Olgyay, V. (1963), *Design with Climate: Bioclimatic Approach to Architectural Regionalism*, Princeton University Press, Princeton, NJ.

Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein (2014), SIA 180:2014 Wärmeschutz, Feuchteschutz und Raumklima in Gebäuden, Technical report, SIA, Zürich.

Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein (2022), SIA 380/2:2022 Energiebedarf von Gebäuden – Raumluftkühlung, Technical report, SIA, Zürich.