

Technischer Bericht, 14. März 2019

Wärmeschutz und Kühlung von Büro- und Gewerberäumen



energieschweiz

Unser Engagement: unsere Zukunft.

Autoren

Hélène Rochat, Topten GmbH Zürich

Michèle Bättig, Standpunkt 21 GmbH, Zürich

Eric Bush, Topten GmbH, Zürich

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

Adresse

EnergieSchweiz, Bundesamt für Energie BFE
Mühlestrasse 4, CH-3063 Ittigen. Postadresse: 3003 Bern
Infoline 0848 444 444. www.energieschweiz.ch/beratung
energieschweiz@bfe.admin.ch, www.energieschweiz.ch

Inhalt

Zusammenfassung	5
Résumé	7
Riassunto	9
Summary	11
1 Ausgangslage und Aufgabenstellung	13
1.1 In der Schweiz wird es wärmer	13
1.2 Der Einsatz von Klimageräten nimmt zu.....	14
1.3 Grundlagen, Gesetze und Normen	15
1.4 Motivation und Ziel dieses Projektes	17
2 Methodik	18
3 Lösungsansätze	19
3.1 Sonnenschutz	19
3.1.1 Lamellenstoren.....	21
3.1.2 Rollladen	22
3.1.3 Fensterläden	23
3.1.4 Markisen (Sonnenstoren aus Stoff)	24
3.1.5 Sonnenschutz bei Dachfenstern	24
3.1.6 Innenliegende Lösungen und Sonnenschutzgläser	25
3.1.7 Sonnenschutz und Minergie	25
3.2 Fensterlüften und Kühlen	27
3.2.1 Empfehlungen zu «Fensterlüften im Sommer»	27
3.2.2 Bauliche Aspekte	28
3.2.3 Technische Möglichkeiten zum Lüften und Kühlen	30
3.3 Ventilatoren	31
3.3.1 Das Prinzip.....	31
3.3.2 Richtlinien und Anforderungen.....	32
3.3.3 Bauformen und Technologien.....	33
3.3.4 Wahl eines Ventilators	35
3.3.5 Nutzung des Ventilators.....	36

3.4	Vermeidung von Abwärme.....	37
3.4.1	Empfehlungen zur Auswahl von energieeffizienten Geräten und Beleuchtung	37
3.4.2	Nutzerverhalten.....	38
3.5	Verhalten	38
3.5.1	Organisatorisch-betriebliche Massnahmen.....	38
3.5.2	Persönliches Verhalten	39
3.6	Notwendigkeit einer Kühlung	40
3.7	Klimageräte	42
3.7.1	Klimageräte im Überblick: die Haupt-Typen	43
3.7.2	Das Klimagerät für das Heizen	45
3.7.3	Richtlinien zu Klimageräten	46
3.7.4	Richtige Dimensionierung	48
3.7.5	Anschaffung, Installation und Betrieb	48
3.7.6	Optimale Nutzung von Klimageräten	49
3.7.7	Wartung.....	50
3.7.8	Kältemittel	50
3.7.9	Baubewilligung	50
3.8	Klimagerecht Bauen.....	51
3.8.1	Gebäudetypologie	51
3.8.2	Latentspeicher-Materialien	52
3.8.3	Sonnenschutz	52
3.8.4	Sonnenschutzfenster und -gläser	52
4	Schlussfolgerungen und Fazit.....	54
4.1	Schlussfolgerungen und Empfehlungen	54
4.2	Fazit.....	57
5	Literatur.....	58
6	Anhang 1: Umsetzung der MuKE 2014 in den Kantonen zum Thema Kühlen	62

Zusammenfassung

Das Klima der Schweiz hat sich in den letzten Dekaden erwärmt und es wird erwartet, dass die Erwärmung weiter zunimmt. Damit werden auch Hitzewellen intensiver, häufiger und länger dauern. Hitze tritt vor allem im Sommer auf, in tiefen Lagen, hier wo ein Grossteil der Schweizer Bevölkerung lebt. In Agglomerationen und Städten wird die Hitze durch den Wärmeinseleffekt zusätzlich verstärkt. Im Arbeitsumfeld können Hitzebelastungen zu Leistungseinbussen führen und dadurch den Bedarf nach Kühlung erhöhen.

In den letzten Jahren haben in der Schweiz die Verkäufe von Klimageräten denn auch zugenommen. Klimageräte gelten zwar häufig als einfache Lösung, um Büro- und Gewerberäume zu kühlen. Gleichzeitig brauchen sie sehr viel Strom, insbesondere da ein Grossteil der Geräte äusserst ineffizient arbeitet. Im Weiteren sind die eingesetzten Kältemittel stark klimaschädlich.

Als alternative Sofortmassnahmen zur Kühlung von Büro- und Gewerberäumen empfehlen wir:

- Tagsüber einen Sonnenschutz nutzen: Ein aussenliegender Sonnenschutz ist die wichtigste und effektivste Massnahme, um Büro- und Gewerberäume im Sommer kühl zu halten.
- Hauptsächlich nachts und morgens lüften: Nachtlüften ist die effektivste Massnahme, um auch im Hochsommer noch frische, kühle Luft in die Räume zu bekommen. Tagsüber nur lüften, wenn es notwendig ist. Das Lüften idealerweise planen.
- Die Vorteile eines Ventilators nutzen: Ein Ventilator bewegt die Luft mechanisch und verhindert damit die Schichtung der Luft im Raum. Zudem erzeugt ein Ventilator einen Luftstrom und bewirkt dadurch ein kühlendes Gefühl auf der Haut.
- Energieeffiziente Geräte anschaffen und auf die Energieetikette achten: Energieeffiziente Geräte verursachen weniger interne Wärme. Die Energieetikette gibt Auskunft über die Energieeffizienz der Produkte und berücksichtigt auch den Standby-Verbrauch.
- Massnahmen auf organisatorisch-betrieblicher Ebene umsetzen: Dazu gehören die Arbeitszeitmodelle an die Hitze anpassen (z.B. am frühen Morgen oder am späteren Abend arbeiten), den Arbeitsrhythmus anpassen (z.B. Einführung mehrerer Pausen täglich, längere Mittagszeiten, Arbeiten an kühleren Orten), die körperlichen Belastung reduzieren, den Dress code lockern (z.B. kurze Ärmel erlauben, Krawattenzwang aussetzen) oder das Informieren über und planen von Massnahmen.
- Massnahmen auf persönlicher Ebene umsetzen: Dazu gehören lockere, leichte Kleidung tragen, mit Wasser kühlen (z.B. ab und zu kaltes Wasser über die Handgelenke laufen lassen), mindestens eineinhalb Liter Flüssigkeit pro Tag trinken und leichtes, bekömmliches Essen bevorzugen.

Unternehmen, welche sich trotz umgesetzter Sofortmassnahmen für ein Klimagerät entscheiden, sollten folgende Punkte beachten:

- Split-Klimageräte sind die wirksamsten Klimageräte: Sie werden fest installiert, wobei der Kondensationsteil samt Kompressor ausserhalb des Raumes liegen und somit keine Abwärme und weniger Lärm des Klimagerätes in den Raum gelangen.

- Klimageräte verbrauchen im Betrieb viel Strom: Deswegen ist es äusserst wichtig, beim Kauf auf die Energieeffizienz des Gerätes zu achten.
- Mobile Klimageräte sollten vermieden werden: Mobile Klimageräte sind ineffizient und liefern nicht die gewünschte Leistung.

Bei Neubauten oder Komplettsanierungen haben baulichen Massnahmen bei der Überwärmung von Innenräumen einen positiven Einfluss. Zu beachten sind dabei die Gebäudetypologie, Latentspeicher-Materialien, der Sonnenschutz und allenfalls Sonnenschutzfenster.

Résumé

Le climat en Suisse s'est réchauffé au cours des dernières décennies et l'on s'attend à ce que le réchauffement climatique continue d'augmenter. Cela signifie que les vagues de chaleur seront plus intenses, plus fréquentes et dureront plus longtemps. La chaleur se manifeste principalement en été, à basse altitude, où vit la majorité de la population suisse. Dans les agglomérations et les villes, la chaleur est encore intensifiée par l'effet d'îlot thermique. Sur le lieu de travail, le stress thermique peut entraîner une perte de performance et donc augmenter le besoin de refroidissement.

Ces dernières années, les ventes de climatiseurs en Suisse ont également augmenté. Les climatiseurs sont souvent considérés comme une solution simple pour refroidir les bureaux et les locaux commerciaux. En même temps, ils nécessitent beaucoup d'électricité, d'autant plus qu'une grande partie des appareils fonctionnent de manière extrêmement inefficace. De plus, les fluides frigorigènes utilisés sont très néfastes pour le climat.

Comme mesures alternatives immédiates pour le refroidissement des bureaux et des locaux commerciaux, nous recommandons:

- Empêchez l'entrée des rayons de soleil à l'intérieur avec une protection solaire pendant la journée: La protection solaire extérieure est la mesure la plus importante et la plus efficace pour garder les bureaux et les locaux commerciaux frais en été.
- Aérez principalement la nuit et le matin : L'aération de nuit est la mesure la plus efficace pour faire entrer l'air frais à l'intérieur, même en plein été. N'aérez pendant la journée que si cela est nécessaire. Aérez systématiquement selon un horaire établi.
- Profitez des atouts d'un ventilateur : Un ventilateur déplace l'air mécaniquement et empêche ainsi l'air de se stratifier dans la pièce. Avec ce flux d'air, le ventilateur crée une sensation de fraîcheur sur la peau.
- Procurez-vous des appareils efficaces sur le plan énergétique et portez attention à l'étiquette énergétique : Les appareils efficaces produisent moins de chaleur interne. Le label énergétique fournit des informations sur l'efficacité énergétique des produits et tient également compte de la consommation en mode veille.
- Mettez en œuvre des mesures au niveau organisationnel et opérationnel: Il s'agit notamment d'adapter les modèles de temps de travail en fonction de la chaleur (par exemple, travailler tôt le matin ou tard le soir), d'adapter le rythme de travail (par exemple, introduire plusieurs pauses par jour, des pauses repas plus longues, travailler dans des endroits plus frais), de réduire la fatigue physique, de relâcher le code vestimentaire (par exemple, autoriser les manches courtes, suspendre l'obligation de porter la cravate) ou d'informer sur les mesures à prendre et de les planifier.
- Mettre en œuvre des mesures sur le plan personnel : Cela comprend le port de vêtements amples et légers, le refroidissement avec de l'eau (par exemple faire couler de l'eau froide sur les poignets), boire au moins un litre et demi par jour et préférer une alimentation légère et digeste.

Si, malgré la mise en œuvre de mesures immédiates, une décision est prise en faveur d'un climatiseur, les points suivants doivent être considérés:

- Les climatiseurs split sont les plus efficaces. Leur installation est fixe et la partie extérieure comportant le condensateur et le compresseur est à l'extérieur, de sorte que la chaleur et le bruit du climatiseur soient à l'extérieur de la pièce.
- Les climatiseurs consomment beaucoup d'électricité. C'est pourquoi il est toujours important de faire attention à l'efficacité énergétique de l'appareil.
- Les climatiseurs mobiles doivent être évités. Ils sont inefficaces et ne donnent pas les résultats escomptés.

Dans le cas de nouvelles constructions ou de rénovations complètes, les mesures structurelles ont une influence positive sur la surchauffe des espaces intérieurs. La typologie du bâtiment, les matériaux de stockage latents, la protection solaire et, si nécessaire, les fenêtres de protection solaire doivent être considérés.

Riassunto

Il clima in Svizzera si è riscaldato negli ultimi decenni e si prevede che il riscaldamento globale continuerà ad aumentare. Ciò significa che le ondate di calore saranno più intense, più frequenti e dureranno più a lungo. Il caldo si manifesta soprattutto in estate, a basse altitudini, dove vive la maggior parte della popolazione svizzera. Negli agglomerati e nelle città, il calore è ulteriormente intensificato dall'effetto isola di calore. Nell'ambiente di lavoro, il calore può portare alla diminuzione delle prestazioni e quindi aumentare la necessità di raffreddamento.

Negli ultimi anni sono aumentate anche le vendite di impianti di climatizzazione in Svizzera. I condizionatori d'aria sono spesso considerati come una soluzione semplice per il raffreddamento di uffici e locali commerciali. Allo stesso tempo, richiedono molta elettricità, soprattutto perché una gran parte degli apparecchi funzionano in modo estremamente inefficiente. Inoltre, i refrigeranti utilizzati sono molto nocivi per il clima.

Come misure alternative e immediate per il raffreddamento di uffici e locali commerciali si consiglia:

- Durante il giorno, impedire che i raggi solari entrino all'interno con una protezione solare: la protezione solare esterna è la misura più importante ed efficace per mantenere freschi uffici e locali commerciali durante l'estate.
- Ventilare principalmente di notte e di mattina: La ventilazione notturna è la misura più efficace per portare aria fresca all'interno degli ambienti anche in piena estate. Ventilare durante il giorno, solo se è necessario. Idealmente pianificare la ventilazione.
- Sfruttare i vantaggi di un ventilatore: Un ventilatore muove meccanicamente l'aria e quindi impedisce all'aria di stratificarsi nell'ambiente. Inoltre, il ventilatore genera un flusso d'aria e crea una sensazione di raffreddamento sulla pelle.
- Acquisire dispositivi ad alta efficienza energetica e prestare attenzione all'etichetta energetica: I dispositivi ad alta efficienza energetica causano meno calore interno. L'etichetta energetica fornisce informazioni sull'efficienza energetica dei prodotti e tiene conto anche del consumo in standby.
- Attuare misure a livello organizzativo e operativo: Ciò include adattare i modelli di orario di lavoro al caldo (ad esempio, lavorare la mattina presto o la sera tardi), adattare il ritmo di lavoro (ad esempio, introdurre più pause giornaliere, pause pranzo più lunghe, lavorare in luoghi più freschi), ridurre lo sforzo fisico, allentare il dress code (ad esempio, consentire maniche corte, sospendere l'obbligo della cravatta) o informare sulle misure e la loro pianificazione
- Attuare misure a livello personale: Ciò include indossare abiti larghi e leggeri, rinfrescarsi con acqua (ad esempio occasionalmente scorrendo acqua fredda sui polsi), bere almeno un litro e mezzo al giorno e preferire cibi leggeri e digeribili.

Se, nonostante le misure immediate, viene presa una decisione a favore di un condizionatore d'aria, devono essere osservati i seguenti punti:

- I condizionatori d'aria split sono i più efficaci. Sono fissati e il condensatore e il compressore sono situati all'esterno del locale, in modo che il calore e il rumore del condizionatore non entri nel locale.
- I condizionatori d'aria consumano molta elettricità. Pertanto, è sempre importante prestare attenzione all'efficienza energetica dell'apparecchio.
- I condizionatori d'aria mobili andrebbero evitati. Sono inefficienti e non forniscono le prestazioni desiderate.

Nel caso di nuovi edifici o di ristrutturazioni complete, le misure strutturali hanno un'influenza positiva sul surriscaldamento degli interni. Devono essere presi in considerazione la tipologia dell'edificio, i materiali di stoccaggio latenti, la protezione solare e, se necessario, le finestre di protezione solare.

Summary

The climate in Switzerland has warmed up in recent decades and further warming is still expected. This means that heat waves will be more intense, more frequent and last longer. Heat occurs mainly in summer, at low altitudes, where the majority of the Swiss population lives. In agglomerations and cities, the heat is further intensified by the heat island effect. In the working environment, heat stress can lead to loss of productivity and thus increase the need for cooling.

In recent years, sales of air conditioning units in Switzerland have also increased. Air conditioners are often regarded as a simple solution for cooling offices and commercial premises. At the same time, they require a great deal of electricity, especially since the operation of a large proportion of appliances is extremely inefficient. Furthermore, the refrigerants strongly contribute to global warming.

As immediate alternative measures for cooling office and commercial premises we recommend:

- Use sun shading during the day: Outdoor sun shading is the most important and effective way of keeping offices and commercial premises cool in summer.
- Mainly air out during the night and in the morning: Night aeration is the most effective measure to get fresh, cool air into the rooms even in midsummer. Only ventilate during the day when necessary. Ideally plan ventilation according to a schedule.
- Benefit from the advantages of a fan: A fan moves the air mechanically and thus prevents air stratification in the room. In addition, a fan generates an air flow that creates a cooling sensation on the skin.
- Purchase energy-efficient equipment and pay attention to the energy label: Energy-efficient devices cause less internal heat. The energy label provides information on the energy efficiency of the products and also takes standby consumption into account.
- Implement measures at an organizational and operational level: This includes adapting the work-time models to the heat (e.g. working early in the morning or later in the evening), adapting the work rhythm (e.g. introducing several breaks a day, longer lunch times, working in cooler places), reducing physical strain, loosening the dress code (e.g. allowing short sleeves, suspending the tie obligation) or informing about and planning measures.
- Implement measures on a personal level: This includes wearing loose, light clothing, cooling with water (e.g. occasionally running cold water over the wrists), drinking at least one and a half liters a day and preferring light, digestible food.

If, despite immediate measures being implemented, a decision is made in favor of an air conditioner, the following points should be observed:

- Split air conditioners are the most effective air conditioners. They are permanently installed, and the condenser and compressor are located outside the room so that no waste heat and less noise from the air conditioner enters the room.
- Air conditioners consume a lot of electricity. Therefore, it is always important to pay attention to the energy efficiency of the appliance.

- Mobile air conditioners should be avoided. They are inefficient and do not deliver the desired performance.

In the case of new buildings or complete renovations, structural measures have a positive influence on the overheating of interiors. The building typology, latent storage materials, sun protection and, if necessary, sun protection glazing must be taken into account.

1 Ausgangslage und Aufgabenstellung

1.1 In der Schweiz wird es wärmer

Klimawandel und Wärmeinseleffekt

In der Schweiz haben sich seit 1901 die heissesten Tage und Wochen um ca. 2°C erwärmt, im gleichen Zeitraum hat sich die Anzahl der Temperaturextreme mehr als verdreifacht (Scherrer et al. 2016). Gleichzeitig wird erwartet, dass zukünftig Intensität, Häufigkeit und Dauer von Hitzewellen deutlich zunehmen (NCCS 2018).

Hitzewellen sind Perioden extremer Hitzebelastung (BAFU 2017, MeteoSchweiz 2014). Um Hitzebelastungen zu beschreiben, eignen sich die Anzahl der Hitzetage (Maximaltemperatur grösser oder gleich 30°C) und die Anzahl der Tropennächte (Minimaltemperatur grösser oder gleich 20°C) sowie deren Dauer. Wichtig ist auch die Luftfeuchtigkeit, da Hitze bei hoher relativer Luftfeuchtigkeit schlechter ertragen wird.

Änderung Anzahl Hitzetage

Ohne Klimaschutz erwartete Änderungen der Anzahl Tage mit Temperaturen über 30 Grad Celsius um 2060 gegenüber 1981-2010 (30-jährige Mittel). Werte zeigen die Norm 1981–2010 und den möglichen Bereich um 2060.

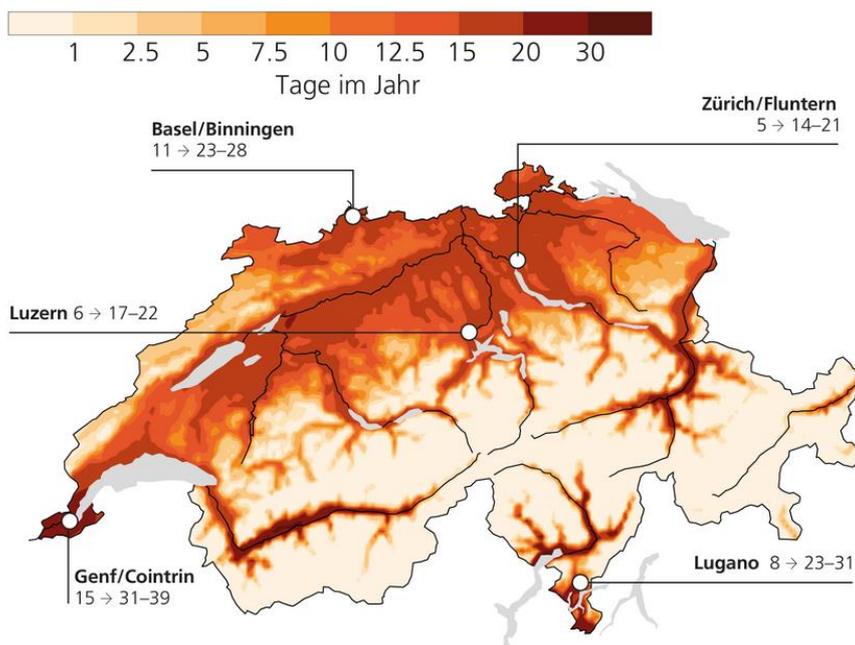


Abbildung 1: Mehr Hitzetage: Die tiefen Lagen mit den städtischen Ballungsräumen sind besonders von Hitze betroffen. Im Mittelland und in den Alpentälern steigt das Thermometer vermehrt über die 30-Grad-Marke, die einen «Hitzetag» kennzeichnet. (Quelle: NCCS 2018)

Hitze tritt vor allem im Sommer in tiefen Lagen auf, hier wo ein Grossteil der Schweizer Bevölkerung lebt. In den Alpenkantonen sind vor allem die tiefer gelegenen Täler betroffen, im Mittelland die grösseren Agglomerationen und Städte. In Agglomerationen und Städte wird die Hitzebelastung durch den Wärmeinseleffekt zusätzlich verstärkt. Der Wärmeinseleffekt beschreibt das spezielle

Mikroklima von grösserer Erwärmung tagsüber und reduzierter Abkühlung nachts. Ursachen sind eine eingeschränkte Luftzirkulation wegen dichter Bebauung, ein höherer Absorptionsgrad der Sonnenstrahlung aufgrund des hohen Anteils versiegelter Flächen und der verwendeten Baumaterialien, zusätzliche Abwärme von Verkehr, Industrie und Gebäuden sowie fehlende Grünflächen und Beschattung (BAFU 2017). Der Temperaturunterschied zwischen Städten und ländlicher Umgebung kann bis zu 10°C betragen und ist nachts am stärksten ausgeprägt (BAFU 2017).

Die Auswirkungen der Hitze

Die grösseren Hitzebelastungen führen gemäss BAFU 2017 unter anderem zu

- einer Beeinträchtigung der menschlichen Gesundheit (Dehydrierung, Überhitzung, erhöhter Puls, Schwäche, Müdigkeit, Schwindel, Kopfschmerzen, Übelkeit, Hitzschlag, Herzkreislaufprobleme bis hin zu Hitzetod),
- negative Hitzeauswirkungen auf Tiere und Pflanzen (Landwirtschaft)
- Leistungseinbussen bei der Arbeit (eingeschränktes Wohlbefinden, Schwächegefühl, Müdigkeit, Konzentrationsschwierigkeit, Leistungseinbussen) und
- einem zunehmenden Kühlenergiebedarf.

1.2 Der Einsatz von Klimageräten nimmt zu

Zunehmende Verkäufe von Klimageräten in den letzten Jahren

In Städten und Agglomerationen, wo die sommerliche Hitzebelastung durch den Wärmeinseleffekt noch verstärkt wird, sind die Arbeitenden besonders von hitzebedingten Leistungseinbussen betroffen. Personen, die in Gebäuden ohne zentrale Kühlung arbeiten, wollen während Hitzewellen oft möglichst rasch kühlende Massnahmen ergreifen. Neben einfachen Sofortmassnahmen wie Sonnenschutz, Lüften, Anpassung der Kleidung und der Arbeitszeiten, etc., entscheiden sich Unternehmen immer häufiger für kostengünstige Klimageräte (ab ca. CHF 300.-). Diese können zwar rasch installiert werden, verbrauchen jedoch viel Strom und kühlen gleichzeitig nicht effizient.

Dieses Verhalten ist beispielsweise aus dem Sommer 2003 dokumentiert. In einem Artikel von Swissinfo vom 11. August 2003 ist zu lesen: «Neben Rekordverkäufen der Bierbrauer, Mineralwasserhändler und Glaceverkäufer erzielen Einkaufszentren und Fachgeschäfte noch nie da gewesene Umsätze mit Ventilatoren und Klimaanlage. ... Sowohl Grossverteiler wie auch der Fachhandel können sich kaum mehr vor dem Ansturm auf Klimageräte und Ventilatoren wehren.»

Über den warmen Sommer 2018 ist im Spiegel online (10.08.2018) zur Situation in Deutschland zu lesen: «Der Fachverband Gebäude-Klima erwartet 2018 bundesweit mehr als 200'000 verkaufte Klimageräten zum Einbauen. Normalerweise verkaufe die Branche pro Jahr rund 150'000 bis 160.000 solcher Geräte an Verbraucher und kleine Unternehmen.»

Gemäss Proklima (Plattform für den Informationsaustausch und die Lösung von Zukunftsfragen unter Herstellern und Lieferanten von Produkten oder Systemen für die Klima- und Lüftungsbranche) und Schweizerischem Verband für Kältetechnik (SVK) werden in der Schweiz

jährlich rund 20'000 Klimageräte verkauft. Rückblickend auf die letzten 5 Jahre würden die grossen Händler von jährlichen Zuwachsraten von ca. 3 % sprechen.

Klimageräte verbrauchen viel Strom und Kältemittel

Betreffend Stromverbrauch von Klimaanlage ist in einem NZZ-Artikel vom 4. August 2018 zu lesen: «Heute verbrauchen Klimaanlage laut Schätzungen des BFE 1400 Gigawattstunden pro Jahr, was rund 2 Prozent des inländischen Stromverbrauchs ausmacht. Das sind bereits 10 Prozent mehr als noch im Jahr 2010. In Bezug auf den Energieverbrauch von Gebäuden insgesamt dürfte der Anteil für Raumkühlung hierzulande mit rund 1 bis 2 Prozent im europäischen Mittel liegen. Ihr Anteil werde indes weiter zunehmen, meint Kurt Bisang vom BFE.»

Klimageräte eignen sich primär für Einzelräume. Sie kühlen die Räume auf eine manuell einstellbare Raumtemperatur. Klimaanlage kühlen hingegen ganze Gebäude oder Raumgruppen. Sowohl Temperatur als auch Feuchte werden geregelt. Gleichzeitig belasten sie aber auch die Umwelt, im Speziellen das Klima: Der zusätzliche Stromverbrauch, besonders wenn der Strom mittels fossiler Brennstoffe erzeugt wurde, verstärkt den Klimawandel und führt letztlich zu noch mehr Kühlbedarf. Zudem sind gemäss deutschem Umwelt Bundesamt die verwendeten Kältemittel in über 95 Prozent der Klimaanlage äusserst klimaschädlich. Die Kältemittel bestehen aus teilfluorierten Kohlenwasserstoffen (HFKW), die entweder als Reinstoff oder als Stoffgemische zum Einsatz kommen und rund 2000-mal klimaschädlicher sind als CO₂. Bei durchschnittlichen Leckage-Raten von sieben Prozent entweichen signifikante Mengen HFKW in die Atmosphäre.

1.3 Grundlagen, Gesetze und Normen

Gesetzliche Grundlagen auf Ebene Bund und Kantone

Für den Erlass von Vorschriften im Gebäudebereich sind gemäss Bundesverfassung vor allem die Kantone zuständig (EnDK 2015). Die Kantone erfüllen ihren verfassungsrechtlichen Auftrag durch die gemeinsame Erarbeitung und Abstimmung von energierechtlichen Vorschriften im Gebäudebereich. Bei den aktuellen «Mustervorschriften der Kantone im Energiebereich» handelt es sich bereits um die vierte Auflage entsprechender energierechtlicher Mustervorschriften, den MuKE 2014 (EnDK 2015). Diese sollten von den Kantonen bis spätestens 2018 in den kantonalen Gesetzgebungen umgesetzt werden, so dass die Inkraftsetzung per 2020 erfolgen kann (EnDK 2015).

Für die Übernahme der MuKE-Module in die kantonale Gesetzgebung gilt folgende dringliche Empfehlung (EnDK 2015):

1. Basismodul: Die Übernahme des «Basismoduls» ist für alle Kantone zwingend.
2. Module 2-11: Bei der Übernahme dieser Module sind die Kantone frei. Wird ein Modul übernommen, muss es jedoch unverändert übernommen werden.

In den MuKE 2014 sind die beiden folgenden Artikel für das Thema «Kühlen» relevant:

Art. 1.8 Anforderungen und Nachweis sommerlicher Wärmeschutz (V)

¹ Der sommerliche Wärmeschutz von Gebäuden ist nachzuweisen.

² Bei gekühlten Räumen oder bei Räumen, bei welchen eine Kühlung notwendig oder erwünscht ist, sind die Anforderungen an den g-Wert, die Steuerung und die Windfestigkeit des Sonnenschutzes nach dem Stand der Technik einzuhalten.

³ Bei den anderen Räumen sind die Anforderungen an den g-Wert des Sonnenschutzes nach dem Stand der Technik einzuhalten.

Art. 1.21 Kühlen, Be- und Entfeuchten (V)

¹ Die Installation neuer Anlagen sowie der Ersatz bestehender Anlagen für Kühlung, Be- und Entfeuchtung ist immer zulässig, wenn der elektrische Leistungsbedarf für die Medienförderung und die Medienaufbereitung inklusiver allfälliger Kühlung, Befeuchtung, Entfeuchtung und Wasseraufbereitung 7 W/m^2 in Neubauten resp. 12 W/m^2 in bestehenden Gebäuden nicht überschreitet.

² Bei Anlagen für die Komfortkühlung, welche nicht unter Absatz 1 fallen, sind die Kaltwassertemperaturen und die Leistungszahlen für die Kälteerzeugung nach dem Stand der Technik auszulegen.

³ Bei Anlagen, welche nicht unter Absatz 1 fallen, müssen die Auslegung und der Betrieb einer allfälligen Befeuchtung nach dem Stand der Technik erfolgen.

Der Bericht «Stand der Energie- und Klimapolitik in den Kantonen 2018» (BFE 2018) zeigt, dass diverse Kantone bis Frühling 2018 die beiden oben genannten Artikel bereits umgesetzt hatten. Die entsprechende Übersicht findet sich im Anhang 1.

Detailregelungen zum Thema Kühlung finden sich auf Bundesebene in der «Verordnung über die Anforderungen an die Energieeffizienz serienmässig hergestellter Anlagen, Fahrzeuge und Geräte» (Energieeffizienzverordnung, EnEV).

Weitere Normen

Für das Thema «Kühlung von Büro- und Gewerberäumen» sind im Weiteren die folgenden SIA-Normen relevant:

- Norm SIA 382/1 «Lüftungs- und Klimaanlage – Allgemeine Grundlagen und Anforderungen», Ausgabe 2014
- Norm SIA 180 «Wärmeschutz, Feuchteschutz und Raumklima in Gebäuden», Ausgabe 2014

Die Thermische Behaglichkeit

Die Thermische Behaglichkeit ist ein zentraler Begriff der SIA 382 Norm. Der Begriff stammt aus der Behaglichkeitstheorie von O. Fanger (Thermal Comfort, 1970). Mit diesem Konzept wird das menschliche Wohlbefinden in Abhängigkeit von der Temperatur beschrieben. Die meisten Menschen fühlen sich bei Raumtemperaturen von 20° bis 22°C wohl. Die Behaglichkeit ist aber individuell und abhängig von Faktoren wie Temperatur der Luft, Temperatur Oberfläche, Strahlung, Aktivitätsniveau, Kleidung, Luftgeschwindigkeit und Luftfeuchtigkeit. Das Modell Predicted Mean Vote (PMV) zählt zu den anerkanntesten Modellen für den thermischen Behaglichkeit. Die thermische Behaglichkeit ist heute stark vom gekühlten Auto bestimmt, welches unsere Toleranzmarge reduziert hat.

In diesem Bericht wird die Behaglichkeit auch als «Komfort» bezeichnet.

1.4 Motivation und Ziel dieses Projektes

Wir sind überzeugt, dass im Bereich der Kühlung von Büro- und Gewerberäumen ein hohes Energieoptimierungs-Potenzial besteht, welches sich mit Blick auf den zunehmenden Klimawandel künftig noch vergrössern wird. Information und Sensibilisierung sind erste wichtige Schritte zur Nutzung dieses Potenzials und können die bestehenden Normen und Gesetze ergänzen.

Ziele dieses Projektes sind:

- Erarbeitung des Technischen Berichts, der die vorhandenen Systeme und Produkte beschreibt, Massnahmen zur Kühlung von Büro- und Gewerberäumen vorschlägt und Empfehlungen abgibt. Der Technische Bericht enthält alle Informationen, um die Bewertungen und Empfehlungen in der publizierten Broschüre nachvollziehen zu können.
- Erarbeitung der Broschüre «Cool bleiben», die praxistaugliche Lösungsansätze für Angestellte und Besitzer/innen von Büro- und Gewerberäumen aufzeigt.
- Umsetzung einer kleinen «Informationskampagne», die basierend auf der Broschüre «Cool bleiben», Angestellte und Besitzer/innen von Büro- und Gewerberäumen ohne zentrale Klimatisierung auf einfache Sofortmassnahmen zur Kühlung ihrer Räume aufmerksam macht.

Zielpublikum des zu erarbeitenden Leitfadens:

- Zielpublikum sind in erster Linie Personen, welche in Büros (vor allem im Dienstleistungssektor) oder Gewerberäumen (z.B. Coiffeur, Arztpraxen) arbeiten.
- Ebenfalls zum Zielpublikum gehören die Immobilienbesitzer/innen, da viele Massnahmen nicht von Mieter/innen ausgeführt werden können. Dabei fokussieren wir auf Bauten ohne zentrale Klimatisierung.
- Und schliesslich zählen auch Fachpersonen und Fachorganisationen (z.B. Gewerbeverband, SKO, Mieterverband, Hauseigentümergeverband, Branchenverbände) und Energieverantwortliche von Gemeinden und Kantonen zum Zielpublikum. Der Leitfaden richtet sich an sie als Multiplikatoren.

2 Methodik

Bei der Erarbeitung des vorliegenden Berichtes wurden folgende Methoden angewendet:

- Literatur- und Internetrecherche: Berichte, Studien, Online-Publikationen, etc.
- Produktrecherchen bei marktführenden Anbietern
- Auskunft per Telefon und/oder Mail bei ausgewählten Akteuren:
 - Proklima (Plattform für den Informationsaustausch und die Lösung von Zukunftsfragen unter Herstellern und Lieferanten von Produkten oder Systemen für die Klima- und Lüftungsbranche): Markus Maurer
 - Gebäude Klima Schweiz: Konrad Imbach
 - Schweizerischer Verband für Kältetechnik (SVK): Katrin Krummenacher
 - Minergie: Sabine von Stockar, Robert Minovsky
- Einbezug von Expertinnen und Experten:
 - Jürg Nipkow, ARENA, Zürich
 - Conrad U. Brunner, Impact Energy, Zürich
 - Und diverse weitere Expertinnen und Experten zu spezifischen Fragen
- Einbezug von Anbietern von raumklima-relevanten Geräten und Einrichtungen:
 - Fust
 - Schenker Storen
 - Griesser Storen
 - Kästli Storen
 - Velux

Der Aufbau des Berichtes entspricht dem logischen Vorgehen zur Komfortverbesserung im Sommer bzw. zur Vermeidung des unnötigen Einsatzes von Klimaanlage:

1. Flankierende Massnahmen wie Sonnenschutzmassnahmen, Hinweise zum Kühlen durch Lüften, Nutzung von Ventilatoren, Vermeidung von Abwärme sowie Anpassung des persönlichen Verhaltens.
2. Einsatz von Klimageräten, welche erst eingesetzt werden sollten, wenn alle anderen Vorkehren den Komfort nicht gewährleisten können.
3. Klimagerechtes Bauen zeigt bauliche Massnahmen auf, welche bei Neubauten oder Komplettsanierungen umgesetzt werden können und einen positiven Einfluss auf die Überwärmung von Innenräumen haben.

3 Lösungsansätze

Im Kapitel 3 präsentieren wir verschiedene Lösungsansätze zur Kühlung von Büro- und Gewerberäumen: Die Kapitel 3.1 bis 3.5 umfassen Sofortmassnahmen, die einfach, effektiv und kostengünstig umsetzbar sind. Das sind primär aussenliegender Sonnenschutz und gezieltes Lüften, aber auch der Einsatz von Ventilatoren, das Vermeiden interner Abwärme und diverse Verhaltensmassnahmen.

In gewissen Situationen reichen diese Sofortmassnahmen nicht aus, um Büro- und Gewerberäume während Hitzeperioden genügend zu kühlen und Leistungseinbussen bei der Arbeit zu verhindern. Im Kapitel 3.6 wird beschrieben, unter welchen Bedingungen eine Kühlung notwendig wird. Kapitel 3.7 gibt schliesslich einen Überblick der heute verfügbaren Klimageräte und was bei Beschaffung, Installation und Betrieb zwingend zu beachten ist. Kapitel 3.8 beschreibt abschliessend die wichtigsten Aspekte zum Thema «Klimagerecht Bauen».

3.1 Sonnenschutz

Sonnenschutz wird für Gewerbe- und Bürobauten immer wichtiger, um die solare Aussenlast während der warmen Sommerperiode zu vermindern. Bei der Wahl des Sonnenschutzes sind die folgenden Aspekte zu berücksichtigen (gemäss Brunner 2007 und 2008):

- Sonnenschutz-Wirkung
- Windfestigkeit
- Tageslichtnutzung
- Winterliche Solarwärme-Nutzung
- Ausblick ins Freie
- Ästhetik

Sonnenschutz ist am effizientesten, wenn er aussenliegend, hinterlüftet, stark reflektierend und beweglich ist.

Im Idealfall wird Sonnenschutz direkt als integraler Bestandteil in die Planung von Neubauten oder Gesamtanierungen einbezogen, vgl. Kapitel 'Klimagerecht Bauen'. Allerdings ist es meist möglich, bei bestehenden Bauten nachträglich gezielte Massnahmen zum Sonnenschutz zu ergreifen. Dieser Bericht konzentriert sich auf diese gezielten, nachträglichen Massnahmen.

Sonnenschutzsysteme sollten die Windwiderstandsklasse gemäss SIA 342 (Tabelle 1) erreichen, vgl. Empfehlungen in «Vollzug sommerlicher Sonnenschutz» (Minergie 2016). In dieser Tabelle wird die empfohlene Windwiderstandsklasse in Abhängigkeit von Windlastzone, Geländekategorie und Einbauhöhe angegeben. Die Windwiderstandsklasse sollte in den Produkteinformationen der Hersteller deklariert sein.

Windlastzone	Geländekategorie nach SIA 261	Einbauhöhe			
		6	18	28	50
Mittelland, bis 600 m ü.M. Täler, bis 850 m ü.M.	II Seeufer	5	5	5	6
	Ila grosse Ebene	4	5	5	5
	III Ortschaften, freies Feld	4	4	5	5
	IV grossflächige Stadtgebiete	3	4	4	5
Voralpen, bis 1100 m ü.M.	II Seeufer	5	6	6	6
	Ila grosse Ebene	5	5	5	6
	III Ortschaften, freies Feld	4	5	5	5
	IV grossflächige Stadtgebiete	4	4	5	5
Föhntäler, bis 850 m ü.M.	II Seeufer	6	6	6	> 6
	Ila grosse Ebene	5	6	6	6
	III Ortschaften, freies Feld	5	5	5	6
	IV grossflächige Stadtgebiete	4	5	5	6

Tabelle 1: Empfehlungen für Windwiderstandsklasse (Tabelle 7 aus SIA 342).

Tageslichtnutzung und Ausblick ins Freie sind wichtige Faktoren für die Arbeitsplatz- oder Wohnqualität. Lamellenstoren bieten hier sehr gute Lösungen.

Gerade für Büroarbeitsplätze werden Lamellenstoren besonders empfohlen. Idealerweise werden Lamellenstoren mit Arbeitsstellung eingesetzt (offene Lamellen-Senkstellung von rund 48 Grad), da damit eine komplette Abdunkelung verhindert werden kann. Gerade auch bei gesteuerten Anlagen werden die Mitarbeitenden durch die Arbeitsstellung weniger gestört.

Wesentlich ist zudem, dass die winterliche Solarwärme-Nutzung durch den Sonnenschutz nicht beeinträchtigt wird (BFE, 2018). Dies ist z.B. mit beweglichen Sonnenschutzelementen möglich, aber auch durch Trennung der Blendschutz-Funktion vom (sommerlichen) Sonnenschutz.

Ergänzend bleibt zu bemerken, dass mit aussenliegendem Sonnenschutz ein Kompromiss zwischen Komfort und Energieeffizienz gefunden werden muss. Gut funktioniert dieser Kompromiss mit gesteuerten Anlagen und Präsenzsensoren zur Erfassung von Anwesenheit im Raum. Bei Abwesenheit vom Arbeitsplatz kann so nach Energieeffizienz gesteuert werden, bei Anwesenheit nach Komfort.

Sonnenschutz spielt zunehmend eine Schlüsselrolle für das Erreichen der Energie-Einsparziele in Gebäuden (European Solar Shading Organization 2015). Es gibt eine Vielzahl von Möglichkeiten, Lamellenstoren, Rollläden, Markisen (Sonnenstoren aus Stoff), in diversen Formen für Fenster, Dachfenster, Terrassen und Balkone, mit Motor oder Handkurbel, Fernbedienungen oder Steuerungen. Sonnenschutzsysteme können in die Fassade integriert, beim Neubau direkt eingebaut oder nachträglich montiert werden. Aussenliegender Sonnenschutz sollte immer von einem spezialisierten Anbieter montiert und in Betrieb genommen werden. Selbstmontage sollte einzig bei einfachen Indoor-Produkten wie Vorhängen oder Plissés erfolgen. Sonnenschutz aussen montiert ist deutlich wirkungsvoller als im Innern des Gebäudes, weil auch bei guter Reflexion (von innen nach aussen) ein beträchtlicher Teil der Strahlung im Raum wirksam wird. Allerdings ist ein

aussenliegender Sonnenschutz nicht immer umsetzbar. Der Schutz innen schützt immerhin vor direkter Sonneneinstrahlung.

Ideal ist eine Kombination von aussenliegendem Sonnenschutz und innenliegendem Blendschutz. Bei diesen Objekten kann der aussenliegende Sonnenschutz rein nach Energieeffizienz gesteuert werden, während der innenliegende Blendschutz den Komfort liefert indem er die Blendung verhindert, die Energie aber in winterlichen Verhältnissen trotzdem in den Raum gelangen kann.

Die «European Solar-Shading Organization» ist der Dachverband der europäischen Organisationen der Sonnenschutzindustrie und fasst im Bericht «Sonnenschutz ist Technologie der Zukunft» (European Solar-Shading Organization 2015) die Bedeutung und Entwicklung der wichtigsten Technologien mit Fakten und Beispielen zusammen.



Abbildung 2: Varianten von Sonnenschutz (Schenker Storen und European Solar-Shading Organization 2015)

In der Schweiz vertritt der Verband Schweizerischer Anbieter von Sonnen- und Wetterschutz-Systemen (VSR) die Interessen der Industrie und gibt diverse Merkblätter heraus.

3.1.1 Lamellenstoren

Aussenliegende Lamellenstoren sind ausserordentlich wirkungsvoll für den Sonnenschutz bei gleichzeitiger Minimierung von unerwünschten Nebenwirkungen.

Lamellenstoren können je nach Situation montiert werden:

- Kassettenstoren auf Fassade montiert: eignen sich für nachträgliche Montage an bestehenden Bauten (vgl. Abbildung 4)
- Kassettenstoren in die Leibung montiert: eignen sich, wenn der Fenstersturz genügend hoch ist.
- Lamellenstoren können auch ohne Kasten, mithilfe von Rahmenträgern, direkt in den Sturz montiert werden.

Der Antrieb kann von Hand oder mit Motor sein, zudem gibt es elektronische Steuerungen.

Es gibt eine riesige Auswahl an Modellen für verschiedenste Situationen (vgl. entsprechende Firmen-Prospekte).

In Bürogebäude eignen sich vor allem Lamellenstoren mit Arbeitsstellung und 3 Endschalter Motor, da mit diesen Produkten eine Automatisierung ohne Dunkelphase und damit ohne Störung des Nutzers möglich ist.

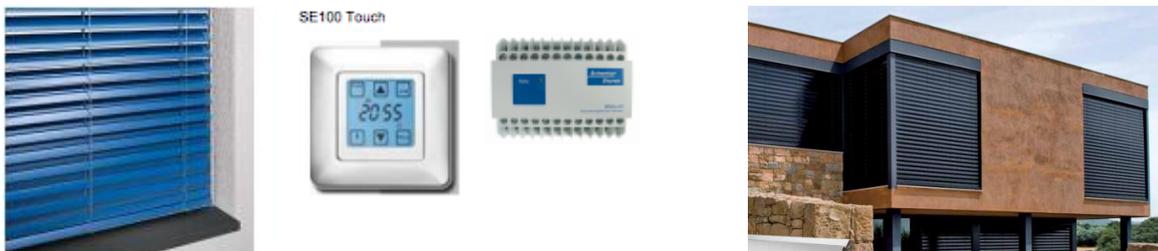


Abbildung 3: Beispiele von Lamellenstoren und elektronischer Steuerung (Bilder: Schenker Storen und Griesser)

3.1.2 Rollläden

Die Montagevarianten der Rollläden sind analog wie bei den Lamellenstoren. Wie Lamellenstoren können sie auch in den Sturz integriert werden. Rollläden sind jedoch stabiler und robuster als Lamellenstoren und können auch als Einbruchschutz eingesetzt werden (Sicherheitsrollläden). Ein zusätzlicher Vorteil von Rollläden gegenüber Lamellenstoren ist, dass sie zu 100% abdunkeln können, da seitlich kein Lichtschlitz vorhanden bleibt. Allerdings bieten sie weniger Komfort punkto Ausblick und Tageslichtnutzung, da die Stäbe nicht wie bei den Lamellenstoren schräg gestellt werden können.

Zudem können mit Hilfe von Rollläden im Sommer die Kühlanwendungen minimiert werden und im Winter die Heizkosten reduziert werden, da sich im geschlossenen Zustand zwischen Fenster und Rollläden eine Isolationsschicht aus stillstehender Luft bildet und als eine Wärmedämmung fungiert.

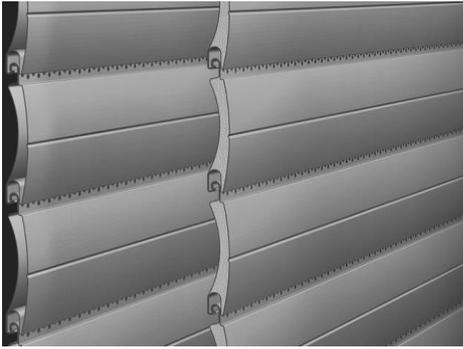


Abbildung 4: Rollladen (Schenker Storen)



Abbildung 5: Einbau-Rollladen und Vorbau-Sicherheitsrollladen (Griesser und Schenker Storen)

3.1.3 Fensterläden

Fensterläden sind die Klassiker des Sonnen- und Wetterschutzes. Es gibt sie modern und traditionell in diversen Materialien als Klapp-, Schiebe- und Faltschiebeläden. Fensterläden mit beweglichen Lamellen ermöglichen eine gewisse Aussicht und Tageslichtnutzung. Eine nachträgliche Montage ist jedoch selten möglich, würde u.U. eine Baubewilligung erfordern. Fensterläden gibt es für ein höheres Komfort auch in motorisierter Ausführung.



Abbildung 6: Moderne und klassische Fensterläden (Bild: Schenker Storen und Griesser)

3.1.4 Markisen (Sonnenstoren aus Stoff)

Gelenkmarkisen können an der Wand oder an der (Balkon-)Decke montiert werden und sind in vielen Farben erhältlich. Textile Sonnenstoren können auch auf ein- oder angebauten Walzen ähnlich Rollläden angebracht werden. Damit können beispielsweise Vitrinen und Schaufenster gut beschattet werden.

Fassadenmarkisen werden vor dem Fenster auf die Fassade oder in die Leibung montiert. Sie bieten eine attraktive textile Optik bei gutem Sonnenschutz. Bei den Führungen wird zwischen Seilführung, Schienenführung, Fallarme, Ausstellarme und Zip-System unterschieden. Beim Zip-System wird der Stoff mit dem seitlich am Stoff angeschweissten Reissverschluss in den Schienen über die ganze Höhe geführt. Dieses System ermöglicht eine Beschattung grosser Flächen bei gleichzeitig hoher Windstabilität.

Für eine lange Lebensdauer ist hohe Robustheit gegenüber Regen, Wind, Verschmutzung und UV-Licht sowie eine stabile Konstruktion wesentlich. Sonnenschutz-Textilien sind mit präzise wählbaren spektralen Eigenschaften erhältlich (Wärme-, Licht-, Gesamtenergie-Durchlass, Reflexionseigenschaften).

Robustheit gegen Regen ist ein Konstruktionskriterium. Die meisten Markisen sind jedoch nicht dazu gedacht, als Regenschutz zu fungieren. Markisen sollten zur Erhaltung der Lebensdauer bei Regen eingefahren werden.



Abbildung 7: Gelenkmarkisen mit/ohne seitlichen Sonnenschutz (Schenker Storen)

3.1.5 Sonnenschutz bei Dachfenstern

Bei Dachfenstern ist der Sonnenschutz besonders wichtig. Mit Aussenstoren kann eine hohe Reduktion der Wärmeeinstrahlung erreicht werden. Ein Dachfensteraustausch benötigt etwa einen Tag Zeit. Prospekte und Homepages der Anbieter zeigen ein grosses Sortiment an Lösungen.

Für Dachfenster gibt es auch Innen-Storen, welche aber weit weniger gut gegen die Wärmeeinstrahlung schützen.



Abbildung 8: Aussenrolladen und Markisette für Dachfenster (Velux)

3.1.6 Innenliegende Lösungen und Sonnenschutzgläser

Innenliegende Lamellentoren (Jalousien), Rollos, Plissees und Flächenvorhänge eignen sich als Sichtschutz, gegen Blendung und direkte Einstrahlung, helfen aber kaum gegen die Erwärmung der Räume. Aussenliegender Sonnenschutz ist immer zu bevorzugen.



Abbildung 9: Horizontal- und Vertikal Indoor-Lamellenstoren (Schenker Storen)

Sonnenschutzglas oder Sonnenschutzfolien reduzieren die Sonneneinstrahlung und damit die Überhitzung nur ungenügend. Die Sonnenschutzfolien werden nachträglich aufgebracht und werden auf die Fenster geklebt. Sonnenschutzgläser müssen beim Bau oder der Sanierung installiert werden. Der Wärmeschutz ist an heißen Tagen erwünscht, hat aber den Nachteil, dass Tageslicht und Wärmegewinne im Winter eingeschränkt sind. Bewegliche aussenliegende Lamellenstoren sind daher die bessere Lösung, falls dies baulich möglich ist. Aus diesen Gründen werden Fenster mit Sonnenschutzgläsern und Sonnenschutzfolien nicht empfohlen, ausser bei Glasdächern.

3.1.7 Sonnenschutz und Minergie

Minergie-Bauten müssen definierte Kriterien einhalten, welche den sommerlichen Sonnenschutz sicherstellen. Beurteilung und Nachweis richten sich nach der Norm SIA 382/1. Minergie legt

insbesondere auf die folgenden Massnahmen Gewicht (gemäss «Sommerlicher Wärmeschutz für Wohnbauten», Minergie 2010):

- Äusserer, beweglicher Sonnenschutz
- Komfortable und einfache Bedienung des Sonnenschutzes
- Nicht zu hoher Verglasungsanteil des Gebäudes
- Genügend Speichermasse des Gebäudes
- Nachtauskühlung über Fenster oder Lüftungsanlage

Minergie-Modul Sonnenschutz

Minergie-zertifizierte Sonnenschutzsysteme (Produkt + kompatible Steuerung) müssen beweglich und automatisiert sein, um bei unterschiedlichen Jahreszeiten, Tageszeiten und Wetterverhältnissen optimal zu funktionieren. Nur aussenliegende Systeme werden zertifiziert, vgl. «Reglement Minergie-Modul Sonnenschutz» (Minergie 2014). Die Systemanbieter müssen für das Gesamtsystem mindestens 5 Jahre Garantie gewähren. Für Sonnenschutz-Produkte gilt:

- Die Standby-Verluste (für Antrieb + Steuerung) dürfen maximal 2 Watt betragen
- Es wird Windwiderstandsklasse 4 verlangt (Sekundenwert Wind von 60 km/h), bei einer Breite von mind. 2.50m.
- Die mechanische Lebensdauer muss mindestens 10'000 Auf/Ab-Zyklen und 20'000-mal Wenden erreichen
- Anforderungen an die automatische Steuerung (insbesondere zonenorientierte Licht-Sensorik und Zeitautomatik mit mindestens 2 Schaltzeiten)

Es werden zwei Modul-Typen definiert (Minergie 2014):

- Minergie-Modul Sonnenschutz Home (Wohnbauten): Hier sind die Anforderungen an den Blendschutz untergeordnet, da in den Räumen keine dauernd belegten Bildschirmarbeitsplätze geplant sind.
- Minergie-Modul Sonnenschutz Business (Nicht-Wohnbauten): Hier ist ein guter Blendschutz (z.B. wegen Bildschirmarbeitsplätzen), bessere automatische Steuerung mit Bedienungs-Priorität für den Benutzer und direkte Anfahrt der Beschattungsstellung sowie eine gute Tageslichtnutzung gefordert.

Sehr hilfreich ist die Liste der zertifizierten Systeme und Anbieter von Lamellen, Rollläden und Fassadenmarkisen (VSR 2018).

Insbesondere im Bereich automatische Steuerungen sind heute Lösungen bekannt, die über den Minergie-Standard hinausgehen. Funktionen, welche heute angeboten werden, sind:

- Lamellennachführung nach Sonnenstand
- Berücksichtigung der Verschattung durch Nachbargebäude
- Steuerung nach Globalstrahlung statt nach Helligkeit

Aber auch im Bereich Produktschutz (Wind/Frost) sind Strategien bekannt, welche die Verfügbarkeit der Sonnenschutzprodukte und damit auch Energieeffizienz und Komfort erhöhen.

Eine Kombination von Lamellenstoren mit einer hochwertigen Steuerung ermöglicht Energieeinsparungen von bis zu 40%.



Abbildung 10: Minergie-zertifiziertes Sonnenschutzsystem (Schenker Storen)

3.2 Fensterlüften und Kühlen

Voraussetzung für ein behagliches Raumklima und gute Raumluftqualität sind eine angepasste Raumtemperatur und eine ausreichende Lüftung. Dies gilt sowohl im Sommer als auch im Winter.

Im Sommer, wenn die Sonne lange scheint und es jeden Tag heisser wird, ist es gar nicht so einfach, den richtigen Zeitpunkt zum Fensterlüften zu finden. Idealweise wird mittels Fensterlüften der Büro- oder Gewerberaum gekühlt und nicht weiter erwärmt.

3.2.1 Empfehlungen zu «Fensterlüften im Sommer»

Zum Thema «Fensterlüften im Sommer» gibt es ein paar allgemeine Regeln, die nachfolgend beschrieben werden. Vor allem tagsüber sollte Fensterlüften auch auf das Behaglichkeitsempfinden der Personen in den Räumen abgestimmt werden:

- *Nachts und morgens lüften!*

Damit das Haus, das Büro oder der Gewerberaum sich regelmässig abkühlen kann, sollte während den heissen Sommermonaten nachts und/oder früh morgens gelüftet werden. Die Aussentemperatur sollte tiefer sein als die Innentemperatur, idealerweise $<20^{\circ}\text{C}$. Gelüftet wird während rund zwei bis vier Stunden pro Nacht (Brunner, Steinemann, Nipkow, 2007). Querlüften ist effektiver als einseitiges Fensterlüften. Nachtlüften ist die effektivste Massnahme, um auch im Hochsommer noch frische, kühle Luft in die Räume zu bekommen.

- *Tagsüber Sonnenschutz nutzen und nach Bedarf lüften!*

Werden tagsüber Fenster und Türen weitestgehend geschlossen gehalten, strömt keine warme Luft ein und die Räume können nicht übermässig aufgeheizt werden. Werden die

Fenster geöffnet, können sich die Räume aufheizen, sobald die Aussentemperatur höher ist als die Innentemperatur.

Tagsüber lüften ist z.B. notwendig, um die hygienisch erforderliche Frischluftzufuhr zu gewährleisten (Geruchs- oder Schadstoffe). Aber auch sonst kann das Bedürfnis nach frischer Luft oder einem kühlenden Luftzug entstehen. Ob der Aufenthalt in leicht kühleren Räumen mit geschlossenem Fenster oder in etwas wärmeren Räumen mit offenem Fenster angenehmer ist, empfinden verschiedene Personen unterschiedlich. Je nach Art eines äusseren Sonnenschutzes kann bei geöffnetem Fenster eine „Sonnenkollektor-Wirkung“ entstehen, was unbedingt zu vermeiden ist.

- *Fensterlüften planen!*

Wenn die Fenster über Nacht nicht offengelassen werden können, beispielsweise aus Sicherheitsgründen, lohnt sich eine Planung, wer am Morgen früh lüftet. Dabei können Mitarbeitende oder auch das Reinigungsteam einbezogen werden. Idealerweise wird zudem im Voraus vereinbart, um welche Zeit die Fenster tagsüber wieder geschlossen werden.

Auch mit einer automatischen Fensterlüftung kann nach Plan gelüftet werden. Eine solche Steuerung öffnet und schliesst die Fenster nach Zeitplan und ist mit einem Regensensor kombiniert.

- *Kühlenden Luftzug nutzen!*

Durch einen Luftzug wird die Luft über der Haut ausgetauscht. Das erleichtert die Transpiration, mehr Verdunstungskälte entsteht, der Körper wird besser gekühlt. Ein kühlender Luftzug kann entweder durch geöffnete Fenster oder mittels eines Ventilators erzeugt werden. Wird das Fenster tagsüber geöffnet, dringt die Hitze in die Räume ein und wärmt sie auf. Demgegenüber hat der Ventilator den Vorteil, dass er auch bei geschlossenen Räumen funktioniert. Aber auch hier sind die Bedürfnisse und das Empfinden der Menschen unterschiedlich und zu berücksichtigen.

3.2.2 Bauliche Aspekte

In Zusammenhang mit Fensterlüften sind verschiedene bauliche Aspekte zu beachten.

Öffenbare Flächen

Um mit einer nächtlichen Lüftung einen substanziellen Beitrag zum sommerlichen Wärmeschutz zu leisten, sind öffenbare Flächen – in der Regel Fenster – bei einseitiger Lüftung im Ausmass von 2% bis 3%, bei Querlüftung im Ausmass von 1% bis 2% der Bodenfläche notwendig. Bei einseitiger Lüftung reichen Kippfenster in der Regel nicht (Info aus Minergie 2010).

Automatische Fensterlüftung

Die automatische Fensterlüftung basiert auf einem motorischen Antrieb und wird mittels Zeitprogramm oder anhand der Raumluftqualität (Feuchte, CO₂) gesteuert. In jedem Raum sollte mindestens ein Fenster mit einem automatischen Antrieb ausgerüstet sein. In der Regel wird

empfohlen, drei- bis fünf Mal am Tag für etwa fünf bis 10 Minuten zu lüften. Dabei ist Querlüften effektiver als einseitiges Fensterlüften.

Soll das Büro oder der Gewerberaum mittels Fensterlüften gekühlt werden, muss die Aussentemperatur tiefer sein als die Innentemperatur. Die automatische Fensterlüftung eignet sich gut zur Nachtauskühlung während den heissen Sommermonaten. Nachtlüften soll rund zwei bis vier Stunden dauern und idealerweise bei Aussentemperaturen von $<20^{\circ}\text{C}$ durchgeführt werden. Das Zeitprogramm kann entsprechend angepasst werden. Ein eingebauter Regensensor schliesst die Fenster bei plötzlich einsetzendem Regen automatisch. Systeme zur automatischen Fensterlüftung können auch nachträglich montiert werden, entweder in den Rahmen integriert oder auf den Rahmen aufgesetzt. Heute verfügbare Systeme sind nicht einbruchssicher, d.h. Fenster im Erdgeschoss müssen beispielsweise mit Gittern versehen werden. Bei der Steuerung ist darauf zu achten, dass nur die tatsächlich notwendigen Funktionen integriert sind, da sie sonst rasch nicht mehr einfach zu bedienen ist. (Produkte siehe z.B. Velux, Steuerung siehe z.B. WindowMaster)

Gemäss der Minergie-Schriftenreihe «Standard Lüftungssysteme für Wohnbauten» (2009) verfügt die automatische Fensterlüftung über nachfolgende Vorteile (+) und Nachteile (-).

	Lufthygiene	Feuchte/Schadstoffe in der Raumluft	Schallschutz	Filter	Wetterlage
automatische Fensterlüftung	+ zur Nachtauskühlung geeignet. - Ungeeignet bei hoher Aussenluft-belastung (Feinstaub, NO_x).	+ Steuerung über die Raumluftqualität möglich.	- Einbussen beim Schallschutz. - Bei zu hoher Aussenlärmbelastung ungeeignet.	- Aussenluft wird nicht gefiltert.	- Thermischer Komfort ist eingeschränkt.

Tabelle 2: Möglichkeiten und Grenzen einer automatischen Fensterlüftung (Quelle: Minergie 2009).

Lüften bei Minergie-Bauten

Im Zusammenhang mit Minergie-Gebäuden wird immer wieder die Frage gestellt, ob die Fenster zum Fensterlüften geöffnet werden dürfen. Gemäss Minergie (z.B. Minergie 2009) dürfen die Fenster jederzeit geöffnet werden, auch bei einer Komfortlüftung.

Funktionsgläser - Sonnenschutzgläser

Funktionsgläser erzielen aufgrund ihrer Beschichtung, ihrer Beschaffenheit oder ihrer Dimensionierung, verschiedene Funktionen, wie z.B. Wärmedämmung, Sonnenschutz, Durchbruchhemmung, Schallschutz, etc.

Sonnenschutzgläser bieten optimalen Sonnenschutz. Der sommerliche Wärmeschutz wird durch die geringen g-Werte der Gläser gewährleistet - das Licht kommt hinein, aber solare Energie und damit die Hitze bleiben draussen. Dies bedeutet, dass sich die kosten- und energieintensive Klimatisierung erübrigt oder zumindest reduziert. In der kalten Jahreszeit sorgt der niedrige U_g -Wert von Sonnenschutzgläsern dafür, dass die langwellige Wärmestrahlung zurück in den Raum reflektiert wird. Gleichzeitig ist im Winter der solare Energiegewinn gering, der sonst mithilft zu heizen. Dies im Gegensatz zu Wärmeschutzfenstern, welche durch die Sonneneinstrahlung Heizenergie gewinnen.

Einbruchsicherung im Erdgeschoss und 1. Stock

Damit während Hitzeperioden nachts oder auch am frühen Morgen bedenkenlos gelüftet werden kann, wird in Räumen im Erdgeschoss und 1. Stock bei Bedarf eine Einbruchsicherung empfohlen (z.B. Fenstergitter, Fensterkippsicherung).

3.2.3 Technische Möglichkeiten zum Lüften und Kühlen

Das Lüften von Hand oder auch das automatische Lüften genügt nicht allen Bedürfnissen und Standards (z.B. Minergie). So verursacht ein zu häufiges oder falsches Lüften im Winter (z.B. Kippfenster) hohe Wärmeverluste, im Sommer unter Umständen unerwünschte Wärmegewinne. Wenn zu selten gelüftet wird, leidet die Luftqualität (Möglichkeit einer CO₂-Anzeige). Ergänzend zur Fensterlüftung sind folgende technische Möglichkeiten zum Lüften verfügbar.

Einfache Abluftanlage

Die einfache Abluftanlage wird vorwiegend in bestehenden Wohnbauten eingesetzt, bei denen der Einbau eines Kanalnetzes für die Zuluft sehr aufwändig oder gar unmöglich ist. Bereits bestehende Abluftsysteme in Nasszellen können kostengünstig verbessert werden (Minergie 2009). Mit einer einfachen Abluftanlage kann nicht gekühlt werden.

Einzelraumlüftungsgeräte

Einzelraumlüftungsgeräte dienen zur Be- und Entlüftung einzelner Räume. Die Geräte eignen sich jedoch nicht zur Kühlung von Räumen, da sie keinen Bypass zur Überbrückung der Wärmerückgewinnung haben. Sie sind primär für das Winterhalbjahr konzipiert.

Kühlung mit einer Komfortlüftung

Gemäss Minergie (2010) leistet eine Komfortlüftung in der Regel keinen grossen Beitrag zur Kühlung von Räumen. Die Lufterneuerung über eine Komfortlüftung ermöglicht eine Auskühlung, wenn es draussen kühler ist als drinnen, beispielsweise nachts. Der Nutzen einer Nachtauskühlung über Fenster ist jedoch um ein Vielfaches grösser. Falls aber eine Fensterlüftung nicht möglich oder nicht erwünscht ist, beispielsweise aufgrund von Lärm oder Allergie-Risiko, und zudem keine freie Kühlung über Bodenheizung oder Tabs (Thermoaktive Bauteilsysteme) verfügbar ist, dann sollte die Komfortlüftung so konzipiert werden, dass deren Kühlwirkung maximal ist. Das bedingt:

- Aussenluft-Fassung auf der Nordseite
- Sommer-Bypass zur Überbrückung der Wärmerückgewinnung
- Vorkühlung durch einen Erdreich-Wärmeübertrager (Lufterdregister oder Sole-Kreislauf)
- Allenfalls eine Erhöhung des Luftvolumenstroms um 30% im Vergleich zur Auslegung gemäss Merkblatt SIA 2023 zur Nachtauskühlung. Dies stellt allerdings wegen der Schallentwicklung grosse Anforderungen an die Dimensionierung. Denn die Anforderungen an den regulären Dauerbetrieb sind trotzdem zu erfüllen.

Von 1998 bis 2017 wurden insgesamt 46'166 Gebäude nach Minergie-Standard gebaut oder modernisiert. Davon werden 11.7% (oder 5'411) für «Dienstleistungen und Industrie» genutzt. Der Rest sind Wohnbauten (Minergie 2018).

Kühlung über Fussbodenheizung oder Tabs

Bei Erdsonden-Wärmepumpen kann das Erdreich entlang der Sonde zur Kühlung eingesetzt werden. Dabei wird dem Raum die Wärme über die Register der Fussbodenheizung oder der Tabs (Thermoaktive Bauteilsysteme) entzogen und über einen Wärmetauscher an das Erdreich abgegeben. Weil lediglich Elektrizität für die Umwälzpumpen notwendig ist, und nicht für einen Kompressor, ist diese Lösung sehr energieeffizient. Bei einer solchen Lösung ist zu beachten, dass der Fussboden nicht auf weniger als 18°C gekühlt werden darf, aus Gründen des Komforts und wegen Kondenswasserbildung. Dies bedeutet, dass die Räume auf diese Weise gekühlt, aber nicht klimatisiert werden. Decken- oder Wandheizung/kühlung ist viel wirksamer und ist nur durch eine Kondensationsgrenze beschränkt.

Kühlung über Wandheizung

In modernen Gebäuden, die betreffend Energieeffizienz und Wohnklima hohe Standards setzen, werden teilweise die Heizungsrohre in den Wänden verlegt. Ein solches Beispiel ist der SonnenparkPLUS in Wetzikon¹. Hier wurde an den Wänden zudem Lehm als Baustoff verwendet, welcher den Feuchtigkeitshaushalt reguliert, was in den trockenen Wintermonaten den Wohnkomfort deutlich verbessert. Im Sommer wird die Heizung zur Kühlung genutzt, indem statt warmes kaltes Wasser durch die Rohre fliesst.

3.3 Ventilatoren

Zur Begriffsklärung: Im Kontext dieses Berichtes geht es in erster Linie um Raum- oder Komfort-Ventilatoren (Leistungsaufnahme <125 W, Verordnung EU 206/2012); der grösste Teil des Elektrizitätsverbrauchs von Ventilatoren ist jedoch industriellen Ventilatoren und solchen in Lüftungs- und Klimaanlage zuzuordnen (Eingangleistung 125 W bis 500 kW, Verordnung EU 327/2011).

Das Konzept von Ventilatoren zu Kühlzwecken ist nicht neu: sie bewegen Luft und liefern damit ein kühlendes Gefühl. Es wird geschätzt, dass heute auf der Welt 2.6 Milliarden Ventilatoren in Gebrauch sind. Die Anzahl verkaufter Ventilatoren zur Raumkühlung verringert sich stetig, aufgrund der erhöhten Nachfrage nach Klimageräten. Ein Ventilator verbraucht lediglich zirka 10% der elektrischen Energie eines Klimagerätes für die gleiche Fläche (IEA, 2018).

3.3.1 Das Prinzip

Ein Ventilator bewegt mechanisch die Luft und verhindert damit die Schichtung der Luft im Raum. Durch diese Vermischung der Luft wird die kalte Luft, die am Boden liegt, nach oben gestossen. Durch die Bewegung der Luft wird auch die Oberfläche des Körpers besser gekühlt. Obschon die

¹ Siehe z.B. https://www.arento.ch/sonnenparkplus_1.htm oder https://www.arento.ch/cm_data/Zuercher_Oberlaender_SonnenparkPLUS_2018-08-13.pdf

Luft nicht abgekühlt wird, ermöglichen Ventilatoren dem menschlichen Körper durch den Luftzug eine bessere Verdunstung von Feuchtigkeit auf der Haut, was einen kühlenden Effekt hat. Eine direkte Gesichts- oder Körperanströmung kann sehr effektiv und für viele Personen angenehm sein. Ventilatoren haben daher nicht nur die Funktion zur vertikalen Homogenisierung der Raumlufthtemperatur.

Ist die Temperatur im Raum zu hoch (über zirka 32°C, entsprechend der Stirntemperatur), haben Ventilatoren keine wohltuende Wirkung mehr. Das Gleiche gilt, wenn die Luftfeuchtigkeit zu hoch ist. Je feuchter die Luft, desto weniger ist die Wohlfühlwirkung für die Nutzer. In solchen Anwendungsfällen wird von der Nutzung von Ventilatoren abgeraten.

3.3.2 Richtlinien und Anforderungen

Für Ventilatoren (auch Komfortventilatoren) wurden bis vor einigen Jahren keine energetischen Mindestanforderungen definiert. Ventilatoren mit einer elektrischen Leistungsaufnahme von weniger als 125 W, fallen in den Anwendungsbereich der europäischen Verordnung EU 206/2012 und die Hersteller solcher Ventilatoren müssen die folgende Information deklarieren. Die schweizerische Energieeffizienzverordnung (EnEV 2018) übernimmt die europäischen Informationsanforderungen der Verordnung EU 206/2016 Komfortventilatoren (Anhang 1.13).

Informationsanforderungen

Informationen zur Angabe des Modells/der Modelle, auf das/die sich die Informationen beziehen: (ggf. ausfüllen)			
Bezeichnung	Symbol	Wert	Einheit
Maximaler Volumenstrom	F	(x,x)	m ³ /min
Ventilator-Leistungsaufnahme	P	(x,x)	W
Serviceverhältnis	SV	(x,x)	(m ³ /min)/W
Leistungsaufnahme im Bereitschaftszustand	P_{SB}	(x,x)	W
Ventilator-Schalleistungspegel	L_{WA}	(x)	dB(A)
Maximale Luftgeschwindigkeit	c	(x,x)	m/s
Messnorm für die Ermittlung des Serviceverhältnisses	(Angabe der verwendeten Messnorm)		
Kontaktadresse für weitere Informationen	Name und Anschrift des Herstellers oder seines Bevollmächtigten		

Tabelle 3: Informationsanforderungen für Komfortventilatoren: Hersteller müssen diese Informationen angeben.

Für Ventilatoren mit einer elektrischen Eingangsleistung zwischen 125 W und 500kW wurden Ecodesign-Anforderung in der Verordnung EU 327/2011 definiert (Anhang 2.6, EnEV). Diese Geräte sind für die industrielle Nutzung und für lufttechnische Anlagen gedacht, und nicht für den Individualgebrauch (keine sog. Komfortventilatoren).

Aufgrund der oben erwähnten Produktdeklaration können Konsument/innen auf einer informierten Basis das beste Geräte (einschliesslich Überlegungen betreffen Energieverbrauch) wählen. Allerdings kommen in der Praxis nicht alle Hersteller ihrer Deklarationspflicht nach.

Die Energieeffizienz eines Ventilators wird anhand des Serviceverhältnisses definiert. Das Serviceverhältnis ist das Ergebnis der Messung des Volumenstroms pro Minute und pro Watt ($\text{m}^3/\text{min}/\text{W}$). Es gibt Auskunft darüber, wie viele Kubikmeter Luft pro Minute durch den Ventilator pro Watt Leistungsaufnahme verdrängt werden.

In Ermangelung von Energieeffizienzmindestanforderungen hat Topten (Topten 2018) auf der Basis des Serviceverhältnisses Auswahlkriterien pro Bauform definiert, um die Geräte untereinander vergleichen und voneinander abzugrenzen zu können.

Bauform (siehe Kapitel 3.3.3)	Serviceverhältnis ($\text{m}^3/\text{min}/\text{W}$)
Turmventilator	Minimum 0.45
Tischventilator	Minimum 0.50
Bodenventilator	Minimum 0.75
Standventilator	Minimum 1.00
Deckenventilator	Minimum 2.75

Tabelle 4: Auswahlkriterium von Topten.ch: Eine Marktanalyse zeigte, dass Geräte mit einem Serviceverhältnis höher als die oben angegebenen Minimal-Werte, zu den effizientesten Modellen auf dem Markt zählen.

3.3.3 Bauformen und Technologien

Es gibt verschiedene Bauformen von Ventilatoren, wobei jede Bauform mit eigenen Vor- und Nachteilen behaftet ist. Die Wahl des jeweiligen Gerätes hängt von den individuellen Bedürfnissen des Käufers ab.

Die folgenden Hauptbauformen können unterschieden werden:

**Tischventilator**

Tischventilatoren sind für Einzelpersonen geeignet, können jedoch nicht grössere Räume belüften. Tischventilatoren sind in der Regel nicht höhenverstellbar und man muss deshalb improvisieren, um die richtige Höhe einzustellen.

**Bodenventilator**

Bodenventilatoren – manchmal auch Zirkulatoren genannt – sorgen für eine angenehme Zirkulation der Luft in einem Raum. Sie sollten aufgrund ihres starken Luftstroms nicht direkt gegen eine Person gerichtet werden.

**Standventilator**

Standventilatoren sind ideal für Räume, in denen mehrere Personen arbeiten, da sie oft höhenverstellbar und drehbar sind und damit verschiedene Arbeitsplätze erreichen können.

**Turmventilator**

Turmventilatoren produzieren einen geringeren Luftstrom und sind weniger energieeffizient als Standventilatoren, der erzeugte Luftstrom ist aber angenehm und gleichmässig. Gegen aussen sind keine Rotorblätter sichtbar, was dem Sicherheitsempfinden gewisser Personen entspricht.

**Deckenventilator**

Aufgrund der grossen Rotorblätter sind sie sehr leistungseffizient und leise. Zudem gibt es Modelle mit integrierter Lampe. Deckenventilatoren müssen fix installiert werden und sind damit in der Einsetzbarkeit statischer.

Im Weiteren sind heute auch Evaporativ- oder Verdunstungs-Ventilatoren verfügbar, die draussen, z.B. auf Dachterrassen, aber auch in Innenräumen genutzt werden. Nebst der klassischen Luftverdrängung spritzen diese Ventilatoren einen feinen Sprühnebel, welcher die Umgebungsluft merklich abkühlt und damit die Kühlwirkung verstärkt. Werden diese Ventilatoren in Innenräumen genutzt, muss genug gelüftet wird, da es sonst zu feucht und schwül werden kann.

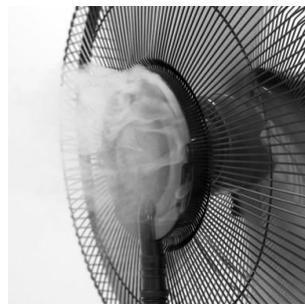


Abbildung 11: Ventilator mit Sprühnebel.

3.3.4 Wahl eines Ventilators

Bei der Beschaffung eines Ventilators sollten die folgenden Aspekte berücksichtigt werden:

- Das Gerät sollte einen möglichst hohen Volumenstrom und ein hohes Serviceverhältnis ausweisen.
- Die Anzahl der Rotoren und insbesondere die Gesamtrotorfläche bestimmt die Luftstromleistung eines Ventilators. Je grösser die Fläche, desto mehr Luft wird verdrängt.
- Langsam laufende Ventilatoren mit einem grösseren Durchmesser sind in der Regel angenehmer als (mehrere) kleinere Ventilatoren, da sie mit geringerer Luftgeschwindigkeit und weniger Geräusch arbeiten.
- Auch auf die Lautstärke des Gerätes sollte beim Kauf geachtet werden. Der deklarierte Schalleistungspegel entspricht dem Betrieb auf der höchsten Geschwindigkeitsstufe. Auf der höchsten Stufe können gewisse Ventilatoren sehr laut und damit schlecht einsetzbar sein. Es empfiehlt sich, die Lautstärke des Geräts noch vor dem Kauf im Laden zu testen, wobei sie wegen der Umgebungsgeräusche oft unterschätzt wird.

Deckenventilatoren

Obwohl sie in der Schweiz und in Nordeuropa nicht sehr verbreitet sind, sind Deckenventilatoren am wirksamsten, wenn es um die Bewegung der Luft geht. Sie können dank ihren breiten Rotorblättern mit einer niedrigen Drehzahl eine grosse Menge Luft in einem Raum verdrängen und dadurch effizient eine kühlende Wirkung für die Personen im Raum erzielen. In einigen Ländern, wie z.B. in den USA oder Indien, sind solche Deckenventilatoren sehr verbreitet.

Die Deckenhöhe ist nur z.T. massgebend. Der Ventilator sollte jedoch so hoch oben installiert werden, dass man ihn mit ausgestreckten Armen nicht berühren kann. Er kann aber in hohen Räumen (> 3m) ohne weiteres an einer Stange auf der «richtigen» Höhe platziert werden.

Deckenventilatoren können auch im Winter genutzt werden, um die warme Luft nach unten zu stossen. In Räumen mit einer Höhe von bis zu 2.6 Meter können Deckenventilatoren zur Wärmeverteilung rückwärts betrieben werden: der Luftstrom wird zur Decke geleitet und strömt über die Wände nach unten und zurück zum Ventilator. Im Aufenthaltsbereich ist die Luftgeschwindigkeit sehr gering und kaum spürbar. Dadurch entsteht im gesamten Raum eine angenehme Mischtemperatur. Im Sommer soll der Ventilator in normaler Drehrichtung betrieben werden, dadurch wird der Luftstrom direkt nach unten geleitet. Die Luftgeschwindigkeit im Aufenthaltsbereich wird höher und sorgt für Kühlung.



Abbildung 12: Bedienung von Deckenventilatoren in Sommer- und Winter-Modus.

Bilder: Fanimation, How to choose a Fan. <http://www.fanimation.com/how-choose-fan/>

In Räumen mit einer Deckenhöhe, die mehr als 2.6 Meter ist, kann die Anwendung des Gerätes in Uhrzeigersinn ohne Wirkung sein. Die Luft strömt über die Decke an den Wänden entlang Richtung Boden. Da Luft ungeführt schnell an Geschwindigkeit verliert, reicht die Bewegungsenergie nicht mehr aus, um die Luft zum Boden zu bringen. Sie strömt in der Mitte des Raumes zurück unter den Ventilator, wo ein Unterdruck herrscht. Der untere Drittel des Raumvolumens ist nicht betroffen, wo die Wärme benötigt wird. In diesem Fall soll der Ventilator das ganze Jahr in Sommer-Modus betrieben werden.

3.3.5 Nutzung des Ventilators

Nutzer/innen von Ventilatoren sollten diese so positionieren, wie es ihnen am angenehmsten ist. Einige Personen bevorzugen eine direkte Brise ins Gesicht, andere Personen dagegen eher nicht.

Diese Vorlieben entsprechen den Parametern der Theorie von O. Fanger und seinen PMV-Kurven (siehe S. 15). Die folgenden Tipps können nützlich sein, um den Ventilator optimal zu nutzen:

- Das Gerät sollte so platziert werden, damit der erzeugte Luftstrom ungehindert fließen kann.
- Die kältere Luft liegt am Boden während wärmere Luft zur Decke steigt. Für eine bessere Kühlung sollte der Ventilator auf dem Boden platziert werden, um die dort liegende kältere Luft nach oben zu bewegen.
- Am Abend oder früh am Vormittag, wenn die Luft draussen kühler ist, kann der Ventilator nach aussen gerichtet werden, damit er die warme Luft nach draussen bläst. Durch ein anderes offenes Fenster gelangt dann neue frische Luft in den Raum.

3.4 Vermeidung von Abwärme

Lampen und Geräte erzeugen Abwärme, die im Sommer unerwünscht ist. Um diese internen Wärmelasten zu reduzieren, lohnt es sich, nur energieeffiziente Geräte zuzukaufen und bei Nichtgebrauch Geräte und Licht abzuschalten. Zudem empfiehlt es sich, wärmeerzeugende Geräte räumlich von den Personen, die im Büro arbeiten, zu separieren (z.B. Drucker). Der Einsatz effizienter Geräte hat zwei Vorteile: einerseits verbrauchen sie weniger Strom, andererseits wird dadurch die innere Wärmelast reduziert.

Die Energieeffizienz von Bürogeräten hat sich in den letzten Jahren aufgrund besserer Technologien und Mindestanforderungen bezüglich des Stand-by-Verbrauchs stark verbessert. In vielen Büros werden jedoch immer noch alte Geräte eingesetzt, sodass hier nach wie vor ein grosses Potential zur Verminderung interner Abwärme besteht.

In Gewerbebetrieben werden häufig grössere Geräte eingesetzt oder Geräte, die als Hauptzweck Wärme abgeben, wie z.B. Heizungen, Ofen, Haarföhn. Hier kann mit energieeffizienten Geräten und mit einer gezielten Abschaltung bei Nichtgebrauch besonders viel innere Abwärme vermieden werden.

3.4.1 Empfehlungen zur Auswahl von energieeffizienten Geräten und Beleuchtung

Bei der Anschaffung von Geräten sollen energieeffiziente Geräte bevorzugt werden. Die Energieetikette gibt Auskunft zur Energieeffizienz des Produktes und berücksichtigt auch den Standby-Verbrauch. Geräte, für die noch keine Energieetikette zur Verfügung steht, beispielweise Drucker, Leuchten, Monitore, sollen die deklarierten Standby-Werte möglichst tief sein. Energieeffiziente Modelle sind auf www.topten.ch einfach zu finden.

Produktkategorie	Empfohlener Standby-Verbrauch
Drucker	Max. 1.5 W
Monitor	0.5 W (in Sleep- oder Aus-Mode)
Leuchte	Max 0.0 W Mit integriertem Dimmer: max. 1.0 W

Tabelle 5: Empfohlener Standby-Verbrauch für verschiedene Produktkategorien

3.4.2 Nutzerverhalten

Weitere Stromeinsparungen können vor allem durch ein besseres Nutzerverhalten erzielt werden. Da viele Bürogeräte einen grossen Teil der Zeit in Bereitschafts-, Schein-Aus- und Auszuständen sind, können Nutzer/innen insbesondere an dieser Stelle grosse Energieverluste vermeiden.

Allgemein gilt	<ul style="list-style-type: none"> • Standby Verluste durch Steckdosenleiste mit Abschaltfunktion vermeiden • bei Bedarf Zeitschaltuhren einsetzen • Bei Nichtgebrauch Geräte ausschalten • Energiesparmodus aktivieren
Computer	<ul style="list-style-type: none"> • Bildschirm automatisch nach wenigen Minuten deaktivieren (statt Bildschirmschoner) • Bildschirm beim Verlassen des Arbeitsplatzes ausschalten • Helligkeit des Bildschirms sofern möglich reduzieren
Drucker	<ul style="list-style-type: none"> • Einschalten erst wenn er gebraucht wird. • Verantwortlichkeiten für das Ausschalten klären (wer macht Drucker aus / Hinweisschilder)
Kaffeemaschine	<ul style="list-style-type: none"> • Energiesparmodus aktivieren und automatische Abschaltfunktion nicht deaktivieren (60% Stromersparnis)
Beleuchtung	<ul style="list-style-type: none"> • LED statt Halogen-Lampen verwenden (über 80% Strom- und Kostenersparnis über Lebensdauer) • Tageslicht nutzen

Tabelle 6: Massnahmen für die Vermeidung von Abwärme

3.5 Verhalten

Ergänzend zu baulichen, technischen und planerischen Massnahmen, gibt es organisatorisch-betriebliche sowie persönliche Massnahmen auf der Verhaltensebene, die helfen können, besser mit Sommerhitze umzugehen. Nachfolgend ein paar ausgewählte Beispiele:

3.5.1 Organisatorisch-betriebliche Massnahmen

Arbeitszeitmodelle und Arbeitsrhythmus anpassen

Während Hitzetagen oder -perioden besteht in gewissen Branchen die Möglichkeit, die Arbeitszeiten anzupassen. Die Anpassung der Arbeitszeiten kann saisonal oder kurzfristig/temporär vorgenommen werden. Entlastend für Arbeitende ist beispielsweise die Möglichkeit, in den frühen Morgenstunden oder bis später am Abend arbeiten zu können, die Ausnutzung von Gleitzeitregelungen, der Jahresarbeitszeitregelung, etc.

Ebenfalls entlastend ist die Anpassung des Arbeitsrhythmus, z.B. über die Einführung mehrerer Pausen täglich (z.B. Entwärmungspausen an kühleren Orten) oder längerer Mittagszeiten (z.B. Siesta), aber auch die Möglichkeit, gewisse Tätigkeiten an kühleren Orten ausführen zu können (z.B. Anpassung des Arbeitsortes und/oder der Arbeit).

Vorteile angepasster Arbeitszeiten und -rhythmen sind die Minimierung der Arbeitsausfälle und eine verminderte Abnahme der Leistungsfähigkeit. Massnahmen zur Arbeitszeitregelung während Hitzewellen erfordern eine Prüfung des Arbeitsgesetzes (ArG) sowie eine Anpassung der Rahmenbedingungen (BAG 2007).

Körperlichen Belastung anpassen

Die körperliche Belastung kann während Hitzeperioden auf verschiedene Arten minimiert werden, je nach Art der Arbeit. Möglichkeiten sind die Nutzung ergonomischer Prinzipien und mechanischer Hilfsmittel, die Verteilung der körperlichen Belastung auf mehrere Personen oder die Verlegung körperlich belastender Arbeiten auf die kühleren Stunden (BAG 2007).

Auf besondere Personengruppen achten

Während Hitzeperioden soll auf besonders verletzbare Personengruppen Rücksicht genommen werden. Dazu gehören zum Beispiel Schwangere, Stillende, Frauen an Steharbeitsplätzen, ältere und gesundheitlich Gefährdete.

Dress code lockern

Für Unternehmen mit «dress code» wird empfohlen, einen allfälligen Krawattenzwang auszusetzen und die Kleidervorschriften nach Möglichkeit der Hitze anzupassen (z.B. kurze Ärmel erlauben).

Informieren und Planen

Arbeitgeber/innen und Arbeitnehmer/innen sollten sich gegenseitig über mögliche Massnahmen zur Hitzeprävention informieren und deren Umsetzung gemeinsam planen. Dazu gehört beispielsweise.

- Planen, wann gelüftet wird (nachts oder am frühen Morgen), wer öffnet die Fenster, wer schliesst sie wann, etc. Einbezug der Mitarbeitenden, des Reinigungsteams, etc.
- In ungenutzten Räumen soll ein starker Sonnenschutz installiert und genutzt werden → bürointerne Regeln / Absprachen
- Informationen der Arbeitgeber/innen zu angepassten Arbeitszeitmodellen, Pausenregelungen, körperlicher Belastung, Dress-Code, etc., aber auch zu persönlichem Verhaltensmöglichkeiten

3.5.2 Persönliches Verhalten

Lockere, leichte Kleidung vorziehen

Bei Hitze ist locker sitzende Kleidung vorzuziehen, da die Luft darunter zirkulieren kann, die Sonnenstrahlung wird reflektiert. Die Kleider sind idealerweise aus leichten Baumwoll-, Woll-, Leinen- oder Seide-Stoffen.

Mit Wasser kühlen

Wasser kühlt. Nachfolgend ein paar praktische Tipps für den Arbeitsalltag:

- ab und zu kaltes Wasser über die Handgelenke laufen lassen
- feuchte Lappen auf Stirn, Wangen, Schläfen und Nacken legen
- kühles Wasser aus einer Sprühflasche, mit dem man sich die Arme einsprüht
- Wasserbecken unter dem Arbeitstisch, in welches man die nackten Füße stellt
- Springbrunnen im Raum installieren, idealerweise steht der Springbrunnen in der Nähe des Fensters

Genügend Trinken

Während sommerlichen Hitzeperioden sollten erwachsene Personen mindestens eineinhalb Liter pro Tag trinken (BAG 2018b). Zu wenig Flüssigkeit kann zu Kopfschmerzen, Übelkeit und Schwindel führen, aber auch zu Müdigkeit und verminderter Konzentration.

Ideale Getränke während Hitzeperioden sind Wasser, mit oder ohne Kohlensäure oder mit etwas Zitrone, ungezuckerte Tees, z.B. mit erfrischender Pfefferminze, und stark verdünnte Fruchtsäfte. Reduzieren sollte man nach Möglichkeit den Konsum von Alkohol, Kaffee und Schwarztee. Sie wirken harntreibend und entziehen so dem Körper zusätzlich Flüssigkeit. Wegen Schwitzen wird empfohlen Salz zu sich nehmen.

Leichtes Essen

Während sommerlichen Hitzeperioden sollten erfrischende und kühlende Speisen gegessen werden (BAG 2018b). Dazu gehören z.B. Gemüse und Früchte, leichte Milchprodukte wie Quarkspeisen oder Blatt- und Gemüsesalate mit fettarmem Dressing. Auch Pasta, Reis oder Kartoffeln sind leicht und bekömmlich.

Teppiche und andere schwere Textilien

Schwere Teppiche, Vorhänge und andere schwere Textilien sollten im Sommer nach Möglichkeit weggeräumt werden, damit die thermische Masse des Gebäudekörpers wirken kann (und nicht durch die Teppiche, Vorhänge, etc. isoliert wird).

3.6 Notwendigkeit einer Kühlung

In gewissen Situationen reichen die in den Kapiteln 3.1 bis 3.5 beschriebenen Sofortmassnahmen nicht, um Büro- und Gewerberäume während Hitzeperioden genügend zu kühlen und Leistungseinbussen bei der Arbeit zu verhindern.

Gemäss dem Bericht «Bauen wenn das Klima wärmer wird» (Brunner, Steinemann, Nipkow, 2007) kann die Prüfung der Notwendigkeit einer Kühlung nach SIA 382/1 mit den folgenden zwei Verfahren durchgeführt werden:

1. Prüfung anhand der internen Wärmequellen und der vorhandenen Möglichkeit der Fensterlüftung

Eine relativ einfache Beurteilung der Notwendigkeit einer Kühlung kann anhand der internen Wärmequellen und der (zusätzlich zur mechanischen Lüftung) vorhandenen Möglichkeiten der Fensterlüftung mit der nachfolgenden Tabelle vorgenommen werden.

Summe der internen Wärmequellen pro Tag in Wh/m ² .Tag						
< 80	80 - 120	120 - 160	160 - 200	200 - 240	> 240	
nicht notwendig		erwünscht		notwendig		Fensterlüftung Tag und Nacht möglich
nicht notwendig		erwünscht		notwendig		Fensterlüftung nur am Tag möglich
nicht notwendig	erwünscht		notwendig			ohne Fensterlüftung

Tabelle 7: Beurteilung der Notwendigkeit einer Kühlung je nach internen Wärmequellen und Fensterlüftung (Quelle: Brunner, Steinemann, Nipkow, 2007).

Angaben zu den internen Wärmequellen ergeben sich aus einer Erfassung der Personenbelegung und der Technisierung. Für eine erste Beurteilung können die Standard-Nutzungsbedingungen im SIA Merkblatt 2024 herangezogen werden. Für eine vertiefte Beurteilung empfiehlt sich die Verwendung projektspezifischer Daten.

2. Prüfung anhand der Raumlufthtemperaturen

Eine vertiefte Beurteilung der Notwendigkeit einer Kühlung kann mittels einer fachgerechten dynamischen Simulation (berechnete Raumlufthtemperaturen im 1 h-Schritt) oder mittels Messungen (gemessene Raumlufth- und Aussentemperaturen im 1 h-Schritt) erfolgen. Die Beurteilung erfolgt aufgrund der Anzahl Stundenwerte der Raumlufthtemperaturen, welche während der Nutzungszeit eines Jahres über der oberen Grenzkurve nach Abb. 11 liegen.

Anzahl Stunden während der Nutzungszeit mit Raumlufthtemperaturen über der oberen Grenzkurve nach Figur 6-1		
keine	bis 100 h/a	> 100 h/a
Kühlung nicht notwendig	Kühlung erwünscht	Kühlung notwendig

Tabelle 8: Beurteilung der Notwendigkeit einer Kühlung anhand der Anzahl Stunden mit Raumlufthtemperaturen über der Grenzkurve von Abbildung 11 (Quelle: Brunner, Steinemann, Nipkow, 2007).

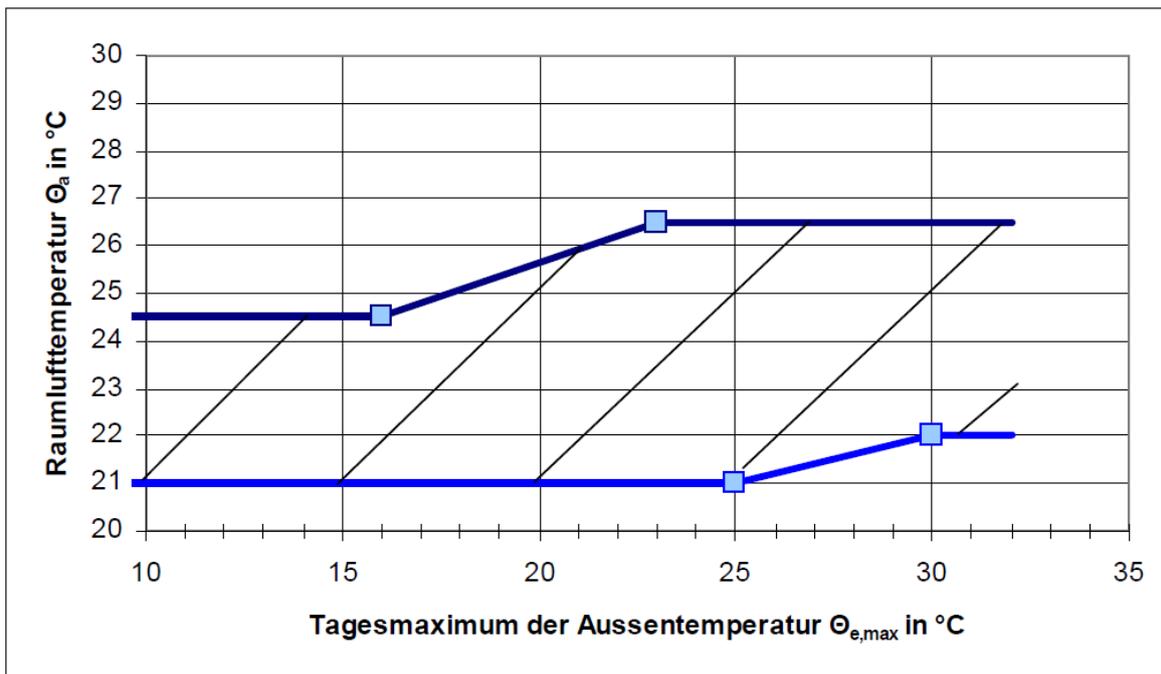


Abbildung 13: Komfortbereich der Raumlufttemperatur nach Tagesmaximum der Aussentemperatur (Quelle: SIA 382/1).

Sollte sich zeigen, dass eine Kühlung der Räume tatsächlich notwendig ist, kann in bestehenden Gebäuden eine möglichst energieeffizientes Klimagerät eingebaut werden (siehe Kapitel 3.7) oder – bei einer Gesamterneuerung – kann das Gebäude baulich klimagerecht optimiert werden (siehe Kapitel 3.8).

3.7 Klimageräte

Klimageräte erfreuen sich einer zunehmenden Beliebtheit, wie bereits einleitend beschrieben. Für viele Personen sind sie eine einfache Art, Büro- und Gewerberäume zu kühlen. Gleichzeitig brauchen sie sehr viel Strom, insbesondere da ein Grossteil der Geräte äusserst ineffizient arbeitet. Im Weiteren sind die meisten eingesetzten Kältemittel in der Luft stabile Kältemittel und stark klimaschädlich.

Bevor ein Klimagerät gekauft, installiert und betrieben wird, sollten deshalb die verschiedenen Gerätetypen genau studiert und die Vor- und Nachteile, auch im Vergleich mit anderen Kühlmöglichkeiten, evaluiert werden.

3.7.1 Klimageräte im Überblick: die Haupt-Typen

Split-Klimageräte

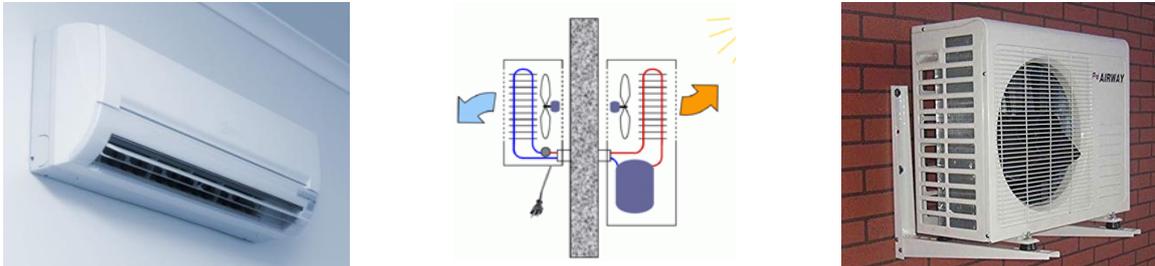


Abbildung 14: Split-Klimagerät (freebie.photography. Brunner, Steinemann, Nipkow (2008), Amazon.in)

Split-Klimageräte werden fest installiert, wobei der Kondensationsteil samt Kompressor ausserhalb des Raumes liegt und somit keine Abwärme und weniger Lärm des Klimagerätes in den Raum gelangt. Im Innenteil liegt einen Wärmetauscher und einen Ventilator, der Luft auf den kalten Wärmetauscher und durch den Filter bläst. Anders als bei Kompaktgeräten sind hier Innen- und Aussenteil nur mit einer Kältemittelleitung verbunden. Es gibt keinen Luftaustausch zwischen innen und aussen. Split-Geräte haben die höchste Energieeffizienz. Zwar sind die Split-Geräte beim Kauf teurer als Kompaktgeräte, dafür sind aber die Stromkosten in den vielen Betriebsjahren deutlich tiefer. Split-Geräte benötigen in der Regel eine Baubewilligung für die Ausseneinheit.

Für die Kühlung mehrerer Räume gibt es Multi-Split-Klimageräte. Mit einem Aussengerät werden mehrere Innengeräte mit Kälte versorgt. Diese Systeme wird meist weniger effizient als Einzel-Split-Geräte, Energie-Etikette und Deklaration beachten!

Die Inverter-Technologie

Der «Inverter» ist ein Frequenzumrichter zur Veränderung der Drehzahl des Elektromotors und damit des Kompressors, daraus ergibt sich eine kleinere und variable Kühlleistung. Die Unterschiede bezüglich Effizienz bei Invertern können sehr gross sein. Die Technologie ist heute schon allgegenwärtig: 2015 wurden fast 100% der verkauften Split-Klimageräte in Europa mit der Inverter-Technologie ausgerüstet (EU, 2018).

Konventionelle Klimageräte betreiben ihren Kompressor mit einer fixen Drehzahl und haben daher die Fähigkeit zur Steigerung oder Reduzierung ihrer Leistungsabgabe nicht. Die meiste Zeit wird jedoch nur eine Teil-Kühllast benötigt, wobei nur ein Bruchteil der Kühlleistungsabgabe zur Aufrechterhaltung komfortabler Temperaturen notwendig ist. Um ihre Leistungsabgabe zu regeln, schalten konventionelle Klimageräte ihren Kompressor einfach ein und aus. Wenn das Gerät eingeschaltet ist, läuft es nur auf dem höchsten Leistungsniveau. Dies führt zu unangenehmen Temperaturschwankungen, unnötiger Lärmbelastung und deutlichen Energieverlusten. Hingegen verändern Inverter-Geräte ihre Leistungsabgabe durch Drehzahlregelung gezielt, was zu einer enormen Verbesserung des Komforts und der Energieeffizienz führt.

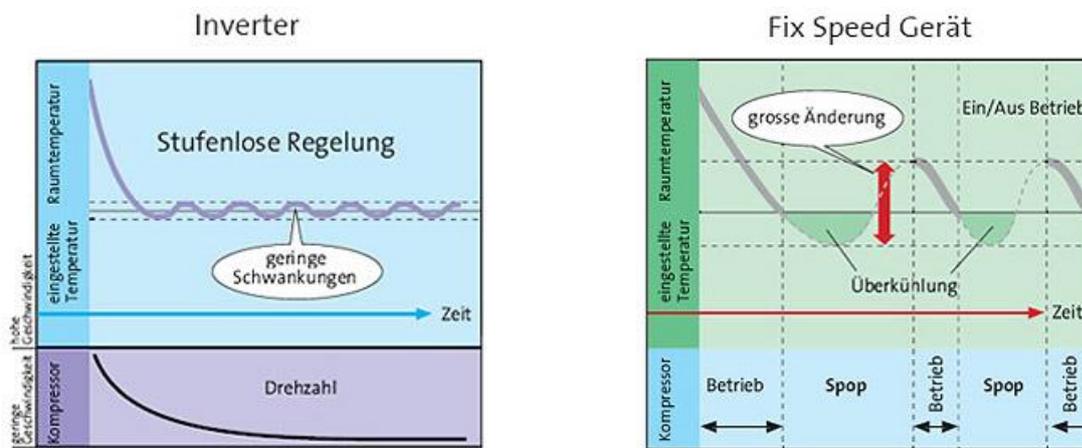


Abbildung 15: Inverter-Klimageräte (Toshiba).

Zweikanalklimageräte

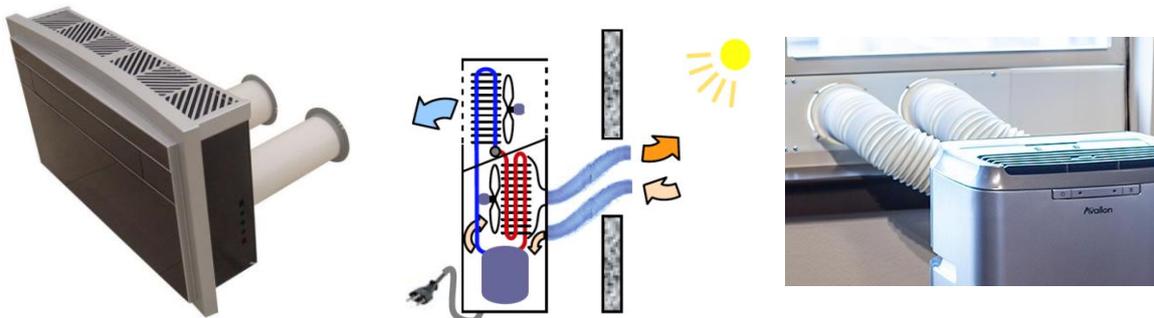


Abbildung 16: Zweikanalklimagerät (www.indiamart.com, Brunner, Steinemann, Nipkow (2008), <https://learn.allergyandair.com>)

Zweikanalklimageräte arbeiten mit zwei Schläuchen oder Rohren. Die erforderliche Geräte-Kühlluft wird durch einen Schlauch bzw. ein Rohr von draussen angesaugt, die warme Fortluft durch den

zweiten Schlauch bzw. Rohr wieder ins Freie geblasen. Zweikanalklimageräte sind eine gute Alternative, wenn keine Split-Geräte in Frage kommen: Sie können in Räumen mit geschlossenen Fenstern und Türen betrieben werden und haben dadurch deutlich weniger Kühl-Verluste als Einkanalklimageräte. Abwärme und Lärm des Kompressors fallen direkt im Innenraum an und führen zu Komforteinbussen. Wie Einkanalklimageräte können sie mobil sein, werden aber meist fest installiert.

Bei beiden Gerätetypen (Einkanal- und Zweikanalklimageräten) wird die Inverter-Technologie kaum eingesetzt, welche die Leistung des Gerätes anpasst, wenn es im Teillastbereich läuft (siehe Kasten nebenan).

Einkanalklimageräte / Kompaktgeräte

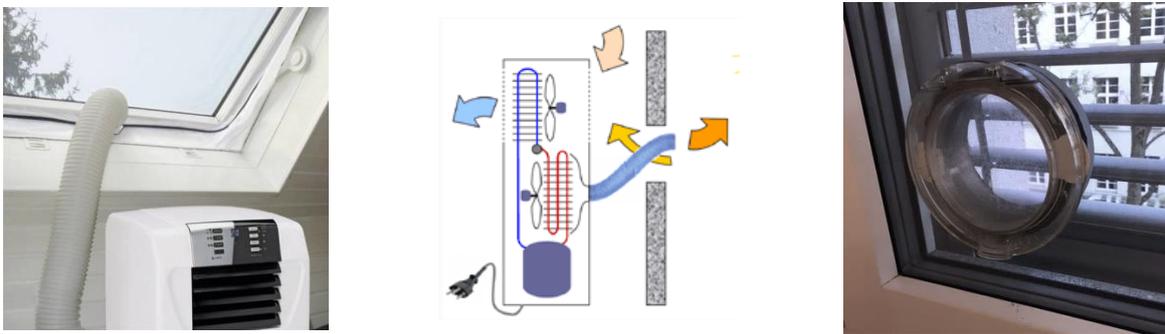


Abbildung 17: Einkanalklimagerät ([Conrad Electronics](#) und Brunner, Steinemann, Nipkow (2008), Bush Energie)

Einkanalklimagerät oder Kompaktgeräte werden oft auch Mono-Klimageräte genannt. Diese Geräte verfügen lediglich über einen Schlauch, über den die warme Abluft ins Freie geblasen wird. Diese Abluft muss im Raum wieder ersetzt werden. Dies geschieht in der Regel, indem warme Aussenluft durch Fenster und Türspalten eingesogen wird. Die Effizienz ist auch deswegen sehr gering.

Zudem ist das Problem zu lösen, wie der Abluftschlauch ins Freie geführt wird. Oft wird dazu einfach ein Türspalt oder ein gekipptes Fenster genutzt. Damit dringt soviel warme Luft in den Raum, dass kaum noch eine Kühlung erfolgen kann. Besser sind Schlauchadapter oder Bohrungen in die Wand (vgl. Bilder oben). Es ist auch möglich, eine Bohrung im Fensterglas anzubringen, um eine Öffnung für den Schlauch zu haben. Dieser Eingriff schadet aber dem Fenster und im Winter geht dabei Wärme verloren. Bei Bohrungen steigen die Installationskosten deutlich. Einkanalklimagerät werden aus diesen verschiedenen Gründen nicht empfohlen.

3.7.2 Das Klimagerät für das Heizen

Die meisten Klimageräte können auch mittels der integrierten Wärmepumpe heizen, durch Vertauschen (Umschaltung) von Verdampfer und Kompressor. In diesem Fall sind sie als «Reversible» bezeichnet. Nur eine Minderheit von Split-Klimageräten sind nicht reversibel. Achtung: vor allem bei älteren Klimageräten heizen mit Hilfe einer Elektro-Widerstandsheizung, was bei der Energie-Etikette klar zum Ausdruck kommt (G). 2015 enthielten 97% der verkauften Geräte eine Heizfunktion. Ein reversibles Klimagerät kann unter Umständen ein effizienter Ersatz für eine Elektroheizung sein.

Einige mobile Klimageräte bieten die Heizfunktion auch an (5% der verkauften Geräte im 2015) (EC, 2018). Die Wärme wird allerdings nicht mit dem Kompressor erzeugt, sondern durch einen elektrischen Widerstand. Die Geräte sind nicht effizienter als ein Elektroofen.

3.7.3 Richtlinien zu Klimageräten

Klimageräte bis zum 12 kW Kälteleistung fallen in den Anwendungsbereich der europäischen Verordnung EU 206/2012 und EU 626/2011 (Ecodesign bzw. Energieetikette).

Die Energieetikette informiert über die wichtigsten Eigenschaften von Klimageräten. Es bestehen viele Varianten von Energieetiketten abhängig von dem Typ des Gerätes und der Technologie. Nicht alle Etiketten können miteinander verglichen werden, was zu Verwirrung führen kann. Die Vergleichbarkeit von Modellen hängt von der Technologie ab, vgl. Tabelle 8.

Da Klimageräte überwiegend unter Teillastbedingungen betrieben werden, soll die Effizienzmessung auf ein jahreszeitbedingtes Messverfahren umgestellt werden. Das Folgende gilt für Split-Klimageräte, aber nicht für bei Einkanal- und Zweikanalgeräten. Deshalb ist die Effizienz der Split-Klimageräte mit dem SEER und SCOP bezeichnet, um die Jahrzeiten besser darzustellen. Die Einkanal- und Zweikanalgeräten verwenden die EER und COP Werte.

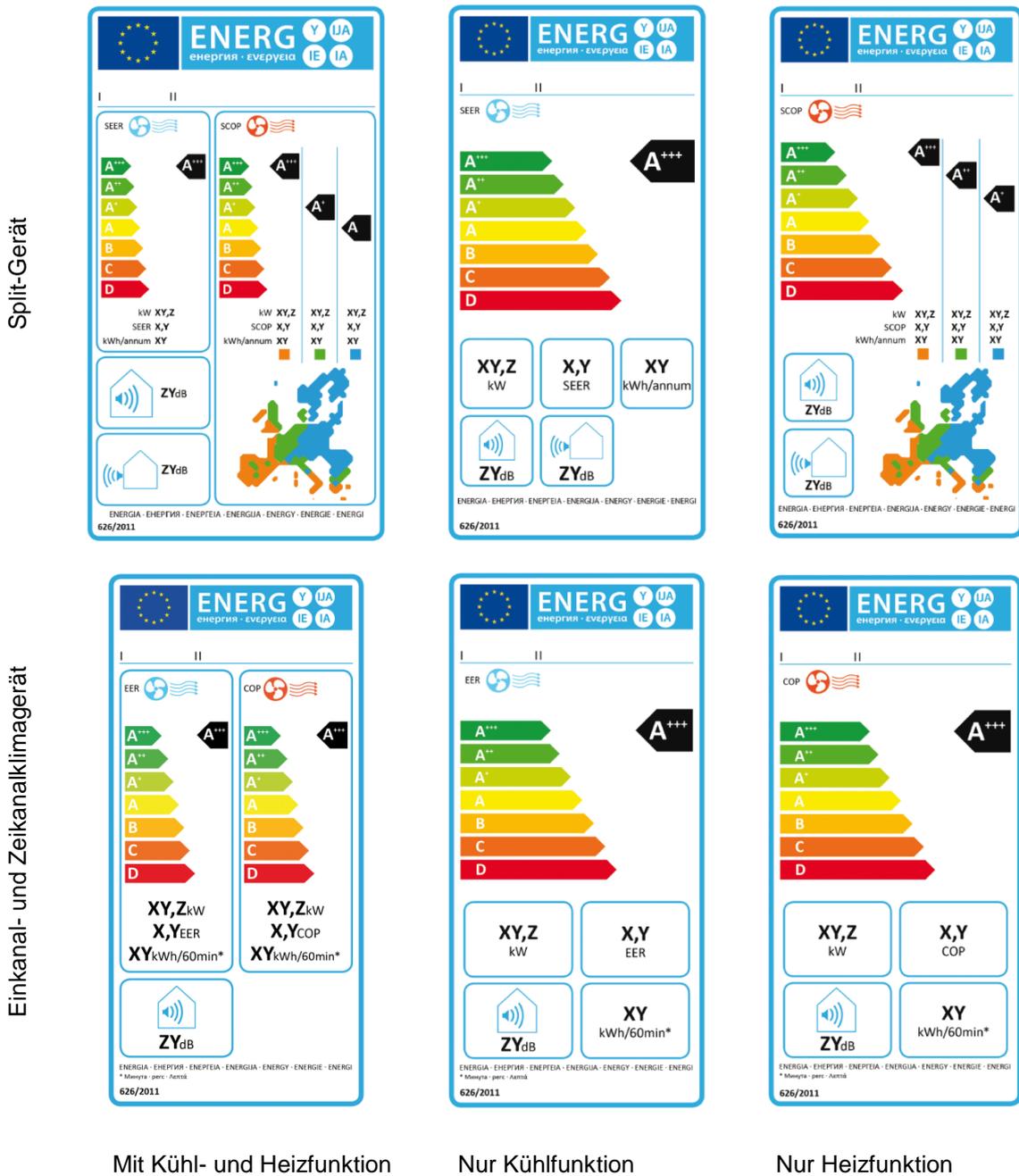


Abbildung 18: Mögliche Klimagerät-Energieetiquetten. Die Effizienz der Split-Geräte oben kann nicht mit der Effizienz der Einkanal- und Zweikanalklimageräte unten verglichen werden: Die Effizienz der Einkanalgeräte (A-Klasse, EER über 2.6) ist immer geringer, als die Effizienz der Split-Geräte (sogar gegenüber Split-Geräten der E-Klasse.)

Die beiden Energieetiquetten links zeigen die Geräteeigenschaften fürs Kühlen und Heizen, die mittleren nur fürs Kühlen. Die Energie-Etiquetten rechts informieren über das Heizen. Die Etiketten sind so zu interpretieren:

- A+++ steht für beste Energieeffizienz
- kW gibt die Kühl- resp. Heizleistung an
- EER oder SEER gibt das Verhältnis von Kühlleistung zu Stromaufnahme an

- Der COP oder SCOP gibt dieses Verhältnis beim Heizen an
- kWh/60min gibt den Stromverbrauch bei Voll-Last an
- Die dB-Zahl informiert über den Lärmpegel. Tatsächlich können die Geräusche sowohl im Innen- als auch im Aussenraum sehr lästig sein. Besonders die Einkanal- und Zweikanalgeräte können störend sein, da der Kompressor im Innenraum ist.

Da Klimageräte oft längere Betriebszeiten als gemäss Energie-Etiketten-Vorgabe haben, können der Energieverbrauch und die entsprechenden Kosten wesentlich höher sein.

3.7.4 Richtige Dimensionierung

Die eingesetzten Geräte sollen betreffend Leistung und Anzahl möglichst optimal auf den Kältebedarf der Räume abgestimmt werden. Es wird in Europa beobachtet, dass die meisten Klimageräte überdimensioniert sind (Europäische Kommission, 2018). Mobile Klimageräte sind allerdings tendenziell unterdimensioniert und erbringen nicht die benötigte Leistung, um den Raum kühl zu halten.

Die Nachteile eines überdimensionierten Klimageräts sind:

- Ein grösseres Gerät kostet mehr bei der Anschaffung.
- Das Gerät benötigt mehr Strom über die Lebensdauer und verursacht mehr Kosten.
- Ein grösseres Gerät ist lauter.
- Ein überdimensioniertes Gerät führt zu weniger Komfort, weil das Gerät die Luft schneller kühlt als es sie entfeuchten kann (DOE, 2018). Dadurch bildet sich kalte, feuchte Luft im Raum, welche bei den Nutzern ein unangenehmes nasskaltes Gefühl verursacht.

3.7.5 Anschaffung, Installation und Betrieb

Anschaffung, Installation und Betrieb von Klimageräten sind immer mit grossem Aufwand und Kosten verbunden. Vor der Anschaffung eines Klimagerätes lohnt es sich daher, alle Massnahmen und Tipps zur Hitzeprävention umzusetzen.

Die mobilen Geräte sind (trotz stolzer Kühlleistungsangaben) in der Praxis ineffizient. Aufgrund ihrer tiefen Preise werden sie oft als Sofortlösung gewählt. Ausserdem benötigen sie keine Baubewilligung und sind einfach einsetzbar.

Wenn der Bedarf für ein Klimagerät sorgfältig abgeklärt wurde, sind die effizienten und komfortableren Split-Geräte den mobilen Klein-Klimageräten vorzuziehen. Sogar die Effizienz eines Einkanalklimagerätes der A-Klasse (EER über 2.6) ist geringer als die Effizienz eines Split-Geräte der E-Klasse.

Der zusätzliche Vorteil eines effizienten Gerätes sind die Betriebskosten. Im Vergleich zu einem Gerät in der Energieetiketten-Klasse A spart man mit einem A+++ Gerät über 300 CHF während der Nutzungsdauer von 10 Jahren (Annahmen dazu: 500 Betriebsstunden pro Jahr, 20 Rp./kWh, 242 resp. 410 kWh pro Jahr für das A+++ resp. A Gerät).

Empfehlung:

- Aus Gründen des Komforts und der Leistung: Split- statt Einkanal- oder Zweikanal- Klimageräte bevorzugen
- Geräte mit einem hohen SEER bzw. EER für die Kühlfunktion bevorzugen
- Geräte mit einem hohen SCOP bzw. COP für die Heizfunktion bevorzugen
- Beste Geräte nach Topten-Kriterien wählen: siehe dazu auf www.topten.ch/klimageraete

Gerätetyp	Kriterium: Effizienzklasse Kühl-/Heizfunktion
Splitgerät < 4kW Kühlleistung	A+++ / A++
Splitgerät > 4kW Kühlleistung	A++ / A+
Multi-Splitgeräte für mehrere Räume	A++ / A+
Einkanalklimagerät	A++ / A+ (aktuell keine Modelle auf dem Markt)
Zweikanalklimagerät	A++ / A+ (aktuell keine Modelle auf dem Markt)

Tabelle 9: Topten Auswahlkriterien für Klimageräte

3.7.6 Optimale Nutzung von Klimageräten

Für klimatisierte Räume gelten alle Empfehlungen, welche zur Vermeidung von Klimageräten bereits gemacht wurden. Wichtig sind insbesondere guter Sonnenschutz, Lüftungsverhalten und Vermeidung von Abwärme von Beleuchtung und Geräten. Zusätzlich zu beachten ist:

- Fenster und Türen immer schliessen wenn klimatisiert wird und es aussen wärmer ist als innen. Dies tönt völlig naheliegend, in der Praxis werden aber Fenster und Türen viel zu häufig offen gelassen. Das reduziert die Kühlung und führt zu grossen unnötigen Stromkosten.
- Die Temperatur soll nicht zu kalt eingestellt werden. Bis zu 6° Celsius kälter als die Aussentemperatur genügt. Bei stärkerer Kühlung steigt das Risiko für Erkältungen.
- Klimageräte sollten gezielt ausgeschaltet werden, wenn sie nicht gebraucht werden, evtl. mit einer Zeitschaltuhr. Insbesondere sind nur jene Räume oder Bereiche zu kühlen wo effektiv eine Kühlung nötig ist und bei Abwesenheiten von einigen Stunden lohnt es sich die Klimatisierung zu stoppen.
- Der Luftaustritt der Klimageräte sollte nicht direkt auf Personen gerichtet sein, da die Behaglichkeit dadurch tiefer wird.
- Der Luftaustritt der Klimageräte sollte nicht auf ein Hindernis gerichtet werden bzw. der Luftstrom sollte nicht von einem Hindernis gestört werden, z.B. durch einen Schrank, Regale, Pflanzen.
- Klimageräte sind aus Gründen der Hygiene und Energieeffizienz regelmässig professionell zu warten.

3.7.7 Wartung

Ein Klimagerät ist regelmässig und nach Herstellerangaben zu warten. Die Vorteile einer ordnungsgemässen Wartung sind beträchtlich: Entsprechende Wartungs- und Instandhaltungspraktiken können die Leistungsreduzierung von bis zu 50 % vermeiden und die Nennleistung über die gesamte Lebensdauer beibehalten. Verschmutzte Wärmetauscher und Filter und geknickte Schläuche reduzieren vor allem die Energieeffizienz. Zum Beispiel empfiehlt es sich, die Filter regelmässig mit Seifenwasser zu waschen.

3.7.8 Kältemittel

Alle Klimageräte enthalten Kältemittel. Obwohl die neuen Kältemittel nicht mehr ozonschädlich sind, sind sie starke Treibhausgase. Die europäische Verordnung EU 517/2014 über fluoridierte Treibhausgase (HFKW) und ihre Verringerung setzt das Ziel, eine Senkung der Emissionen bis 2030 um bis zu zwei Drittel der Werte von 2010 kostenwirksam zu verwirklichen, da in vielen Sektoren erprobte und geprüfte Alternativen verfügbar sind.

Verbotene Produkte	Datum des Verbots
Bewegliche Raumklimageräte (hermetisch geschlossene Systeme, die der Endnutzer von einem Raum in einen anderen bringen kann), die HFKW mit einem GWP von 150 oder mehr enthalten	1. Januar 2020
Mono-Split-Klimageräte mit weniger als 3 kg fluorierter Treibhausgase, die fluoridierte Treibhausgase mit einem Treibhausgaspotential (GWP) von 750 oder mehr enthalten oder zu ihrem Funktionieren benötigen	1. Januar 2025

Tabelle 10: Geplante Verbote des Inverkehrbringens

In der Regel erfolgt die Dichtigkeitskontrolle bei Geräten und Anlagen mit mehr als 3 kg in der Luft stabile Kältemitteln bei jedem Eingriff in den Kältemittelkreislauf der Anlage, mindestens aber 2 Jahre nach Inbetriebnahme und anschliessend jährlich (3kg Kältemittel entspricht einem grossen Gerät).

Gängige Kältemittel sind aktuell R410A und R32, wobei die Tendenz in Zukunft in Richtung R32 geht. R32 weist ein geringeres Treibhauspotential auf, die Energieeffizienz ist dennoch hoch und die Anlagen mit R32 kommen mit geringeren Füllmengen aus.

3.7.9 Baubewilligung

In der Schweiz benötigt die Installation eines fix installierten Split-Klimageräts eine Baubewilligung. Die Bedingungen sind auf kantonaler Ebene bestimmt, aber viele Kantone haben die Anforderungen der Mustervorschriften der Kantone im Energiebereich (MuKE, Art. 1.21) angenommen (siehe Anhang 1, Art. 1.21).

In der Stadt Zürich zum Beispiel ist die Anzahl der Baugesuche von 2017 gegenüber 2018 um ein Viertel angestiegen (von 100 auf rund 130). Es wird geschätzt, dass ein Drittel der Klimageräte ohne

Baubewilligung installiert wird. Die Behörden erfahren von diesen Installationen in der Regel nur, wenn es Beschwerden gibt (oft wegen Lärm).

Die geplanten Anlagen sollen gemäss SIA Norm 382/1 die unten erwähnten Kriterien erfüllen:

- Automatisierten Sonnenschutz bei den relevanten Fassaden
- Es ist sicherzustellen, dass Räume nicht gleichzeitig geheizt und gekühlt werden
- Der vom Klima-Split-Gerät (Aussenteil/Umluftkühler) ausgehende Lärm muss soweit begrenzt werden, dass die gesetzlichen Lärmgrenzwerte eingehalten sind
- Dichtigkeit der Gebäudehülle
- Minimale Wärmespeicherfähigkeit von min. 30 Wh/m²·K
- Trennung unterschiedlicher Nutzungen
- Hygroskopische feuchtespeichernde Oberflächen bei Befeuchtung
- In Gebäuden anfallende Abwärmemengen, insbesondere jene aus Kälteerzeugung sowie aus gewerblichen und industriellen Prozessen, sind zu nutzen, soweit dies technisch und betrieblich möglich und wirtschaftlich tragbar ist (§ 30a BBV I)

Mobile Geräte brauchen keine Baubewilligung, was ein falscher Anreiz für Konsumenten/innen sein könnte.

3.8 Klimagerecht Bauen

Höhere Temperaturen, welche durch den Klimawandel und den Wärmeinseleffekt erzeugt werden, verursachen auch eine Erhöhung der Raumtemperaturen in Gebäuden. Die besonders nachts erwarteten höheren Temperaturen werden sich auf die nächtliche thermische Auskühlung bestehender und neuer Bauten negativ auswirken.

Bei Aussenlufttemperaturen am Tag von über 28°C und nachts über 20°C sind auch bei gutem Sonnenschutz und hoher thermischer Masse nicht mehr ohne weiteres behagliche Raumtemperaturen zu erzielen.

Das folgende Kapitel zeigt auf, welche baulichen Massnahmen bei Neubauten oder Komplettanierungen bei der Überwärmung von Innenräumen einen positiven Einfluss haben. Grosse Teile dieses Kapitels basieren auf den Berichten «Bauen, wenn das Klima wärmer wird – Empfehlung Nachhaltiges Bauen» und «Bauen, wenn das Klima wärmer wird – Schlussbericht» (Brunner, Nipkow, Steinemann, 2007 und 2008).

3.8.1 Gebäudetypologie

In der Schweiz ist die Gebäudeplanung traditionell stark vom Winter bzw. der Heizperiode geprägt. Dies hat sich auch in der Ausbildung, in Normen und Gesetzen niedergeschlagen.

Bei der Gebäudetypologie sind die folgenden Punkte zu beachten:

- Geeignete Grundrissformen und Raumgeometrien sind zu bevorzugen. Bei Raumtiefe von weniger als etwa 4m führen die externen Wärmelasten auch bei gutem Sonnenschutz häufig zu Komfortproblemen.

- Die Fenstergrösse bleibt eines der zentralen Risiken für die Überwärmung, insbesondere über Eck verglaste Räume und hohe Fensteranteile (z.B. unterhalb der Tischhöhe). Grosszügige Raumhöhen (>2.7m) sind anzustreben.
- Fenster und g-Wert: die Anforderungen an den g-Wert gelten in Abhängigkeit vom Glasanteil und der Orientierung der Fassade. Das gleiche gilt für Oblichter (je nach Glasanteil der Dachfläche). Der Sonnenschutz sollte nach Möglichkeit motorisiert sein und der Sonnenschutz von Oblichtern sollte immer separat gesteuert werden können.

3.8.2 Latentspeicher-Materialien

Die Tagesspitzen der Raumlufttemperatur infolge des Wärmeeintrages in einen Raum können unter anderem durch die thermisch aktive Gebäudemasse gedämpft werden. Freiliegende Boden-, Wand und Deckenflächen sowie Einrichtungsgegenstände werden durch die höhere Raumlufttemperatur erwärmt. Im Laufe eines Tages können so die ersten 1 bis 10 cm Materialdicke dieser Oberflächen erwärmt werden, die Wärme speichern und bei sinkenden Raumtemperaturen nachts (evtl. unterstützt durch verstärkte Nachtlüftung) wieder an den Raum abgegeben werden. Der Effekt wird quantitativ begrenzt durch die zur Verfügung stehenden thermisch freien Oberflächen, d.h. Flächen die nicht durch stark dämmende Schichten (Teppiche, Holz, heruntergehängte Decken, etc.) verdeckt sind und durch den geringen inneren Wärmeübergangskoeffizienten von natürlich zirkulierender Luft.

Konstruktionen mit genügender thermisch aktiver Masse können Temperatur- und Kühlbedarfs-Spitzen durch die Wärmespeicherfähigkeit glätten und den Komfort damit verbessern. Diese Anforderung ist z.B. erfüllt, wenn in einem Raum die Betondecke zu mindesten 80% frei ist.

3.8.3 Sonnenschutz

Sonnenschutz wird in wärmerem Klima für Bürobauten immer wichtiger, um die solare Aussenlast während der warmen Sommerperiode zu vermindern. Ein guter Sonnenschutz soll die beschriebenen Aspekte im Kapitel 3.1 berücksichtigen. In Neubauten oder bei einer Komplettsanierung können die Gebäude so konzipiert sein, dass die architektonischen Eigenschaften der Fassaden selber als Sonnenschutz wirken (geneigte Fassade, Vordächer, Doppelfassade, Pfeilernischen, Portikus...)

Dabei sollen der Tageslichteinfall und seine Verteilung im Raum nicht beschränkt werden sowie eine allfällige Nutzung der Globalstrahlung im Winter als Raumheizungsbeitrag nicht ausgeschlossen werden.

3.8.4 Sonnenschutzfenster und -gläser

Sonnenschutzglas ist ein besonderes Glas, das durch absorbierende und reflektierende Beschichtung verbesserte Sonnenschutzigenschaften aufweist.



Abbildung 15: Aufbau eines Sonnenschutz-Isolierglases auf Basis Silberbeschichtung (Schweizerischer Fachverband Fenster- und Fassadenbranche, www.fff.ch)

Die Energieetikette für Fenster informiert darüber, welche Fenstersysteme besonders gut geeignet sind, um Wärmeverluste so gering wie möglich zu halten. Sie berücksichtigt auch die Energiegewinne durch die Sonneneinstrahlung. Zum Beispiel sind bei Fenstern der besten Energieeffizienzklasse A die solaren Energiegewinne über die Heizperiode betrachtet grösser als die Energieverluste. Da die Energieetikette erstellt wird, um die Wärmegewinne zu bewerten, haben effiziente Fenster den Nachteil, dass sie im Sommer die Wärme innen halten und faktisch sogar den Raum heizen.

Im Gegensatz reduzieren Sonnenschutzfenster die erwünschten Wärmegewinne im Winter wegen der reflektierenden und absorbierenden Beschichtung

Es besteht ein Optimierungsbedarf zwischen Wärme- und Sonnenschutzglas für den Winter- und den Sommerbetrieb. Die Lösung kann durch einfache Berechnung (oder komplexe Simulationen) gefunden werden.

4 Schlussfolgerungen und Fazit

4.1 Schlussfolgerungen und Empfehlungen

Das Klima der Schweiz hat sich in den letzten Dekaden erwärmt und es wird erwartet, dass die Erwärmung weiter zunimmt. Damit werden auch Intensität, Häufigkeit und Dauer von Hitzewellen weiter zunehmen. Hitze tritt vor allem im Sommer in tiefen Lagen auf, hier wo ein Grossteil der Schweizer Bevölkerung lebt. In Agglomerationen und Städte wird die Hitze durch den Wärmeinseleffekt zusätzlich verstärkt. Im Arbeitsumfeld können Hitzebelastungen zu Leistungseinbussen führen und dadurch den Bedarf nach Kühlung erhöhen.

In den letzten Jahren haben in der Schweiz die Verkäufe von Klimageräten zugenommen. Klimageräte gelten zwar häufig als einfache Lösung, um Büro- und Gewerberäume zu kühlen. Gleichzeitig brauchen sie sehr viel Strom, insbesondere da ein Grossteil der Geräte äusserst ineffizient arbeitet. Im Weiteren sind die eingesetzten Kältemittel stark klimaschädlich.

Als primäre Sofortmassnahmen zur Kühlung von Büro- und Gewerberäumen sowie als Alternativen zu portablen Klimageräten empfehlen wir:

Empfehlungen zum Sonnenschutz

- *Tagsüber Sonnenschutz nutzen!* Es ist wichtig, den Sonnenschutz bereits am Morgen bei der ersten Einstrahlung zu aktivieren, bevor die Räume überhitzt sind und in der Mittagshitze kaum noch gekühlt werden können.
- *Aussenliegender Sonnenschutz ist am effizientesten!* Besonders geeignet sind aussenliegende Lamellenstoren, welche Tageslichtnutzung und Ausblick ins Freie ermöglichen. Aussenliegende Stoffstoren eignen sich sehr gut für Vitrinen und Schaufenster. Bei Dachfenstern ist Sonnenschutz besonders wichtig, auch hier nach Möglichkeit aussenliegend.
- Motorisierte Systeme mit automatischer Steuerung lohnen sich oft, da bei manueller Bedienung die Betätigung rasch vergessen werden kann.

Empfehlungen zu Lüften und Kühlen

Zum Thema «Lüften» gibt es allgemeine Regeln und Empfehlungen:

- *Nachts und morgens lüften!* Nachtlüften ist die effektivste Massnahme, um auch im Hochsommer noch frische, kühle Luft in die Räume zu bekommen. Nachtlüften soll rund zwei bis vier Stunden dauern und idealerweise bei Aussentemperaturen von <20°C durchgeführt werden. Querlüften ist effektiver als einseitiges Lüften.
- *Tagsüber nach Bedarf lüften!* Tagsüber lüften ist z.B. notwendig, wenn der Raum mit Geruchs- oder Schadstoffen belastet ist oder wenn die Luft nicht mehr frisch ist. Auch sonst kann das Bedürfnis nach frischer Luft oder einem kühlenden Luftzug entstehen.
- *Kühlenden Luftzug nutzen!* Durch einen Luftzug wird die Luft über der Haut ausgetauscht. Das erleichtert die Transpiration, mehr Verdunstungskälte entsteht, der Körper wird besser

gekühlt. Einen kühlenden Luftzug kann entweder durch geöffnete Fenster oder mittels eines Ventilators erzeugt werden.

- *Lüften planen!* Absprechen, wer die Fenster am Abend oder am Morgen früh öffnet und wann sie wieder geschlossen werden. Auch eine automatische Fensterlüftung kann während Hitzeperioden gute Dienste leisten.

Einzelraumlüftungsgeräte und *Komfortlüftungen* leisten keinen Beitrag zur Kühlung von Räumen, ausser wenn es draussen kühler ist als drinnen, beispielsweise nachts. Der Nutzen einer Nachtauskühlung über Fenster ist um ein Vielfaches grösser. Falls aber eine Fensterlüftung nicht möglich oder nicht erwünscht ist (z.B. wegen Lärm oder Allergie-Risiko), kann die Komfortlüftung so konzipiert werden, dass sie eine gewisse Kühlwirkung hat.

Bei *Erdsonden-Wärmepumpen* kann das Erdreich entlang der Sonde zur Kühlung eingesetzt werden. Dabei wird dem Raum die Wärme über die Register der Fussbodenheizung oder der Tabs (Thermoaktive Bauteilsysteme) entzogen und über einen Wärmetauscher an das Erdreich abgegeben.

Empfehlungen für Ventilatoren

- *Die Vorteile eines Ventilators nutzen!* Ein Ventilator bewegt mechanisch die Luft und verhindert damit die Schichtung der Luft im Raum. Die kalte Luft, die am Boden liegt, wird nach oben gestossen und mit der wärmeren vermischt. Zudem erzeugt ein Ventilator einen Luftstrom und bewirkt dadurch ein kühlendes Gefühl auf der Haut. Im Gegensatz zum Durchzug lässt sich so ein Gerät nach persönlichen Vorlieben dosieren und zielgerichtet einstellen. Ventilatoren sind günstig und brauchen viel weniger Strom als Klimageräte.
- *Beim Kauf eines Ventilators auf die Wirksamkeit achten!* Ein wirksamer Ventilator ist energieeffizient (gutes Serviceverhältnis). Die effizientesten Ventilatoren sind auf der Topten-Homepage aufgelistet www.topten.ch/ventilatoren. Ganz allgemein gilt, dass Deckenventilatoren die wirksamsten Ventilatorarten sind.
- *Bei der Nutzung den Ventilator richtig positionieren!* Der Ventilator soll so positioniert werden, dass die Nutzer/innen den Luftzug angenehm empfinden und er nicht nur eine Körperstelle anbläst und auskühlt. Für eine optimale Luftdurchmischung kann der Ventilator auf den Boden gestellt werden, um die dort liegende kältere Luft nach oben zu bewegen.

Empfehlungen für das Vermeiden interner Abwärme

- *Energieeffiziente Geräte anschaffen!* Energieeffiziente Geräte verursachen weniger interne Wärme. Die effizientesten Geräte sind auf der Seite www.topten.ch aufgelistet.
- *Auf die Energieetikette achten!* Die Energieetikette gibt Auskunft über die Energieeffizienz der Produkte und berücksichtigt auch den Standby-Verbrauch. Geräte, für die noch keine Energieetikette zur Verfügung steht, sollen tiefe Standby-Werte aufweisen.

Empfehlungen für Verhaltensmassnahmen auf organisatorisch-betrieblicher Ebene

- *Arbeitszeitmodelle anpassen.* Während Hitzeperioden kann es entlastend sein, wenn die Arbeit in den frühen Morgenstunden oder am späteren Abend verrichtet werden kann. Auch

in diesem Sinne ausgenutzt werden können die Gleitzeitregelung, die Jahresarbeitszeit, die Möglichkeit Überzeiten abzubauen, etc.

- *Arbeitsrhythmus anpassen.* Der Arbeitsrhythmus kann z.B. angepasst werden über die Einführung mehrerer Pausen täglich (z.B. Entwärmungspausen an kühleren Orten) und längerer Mittagszeiten (z.B. Siesta), oder die Möglichkeit, gewisse Tätigkeiten an kühleren Orten ausführen zu können.
- *Körperlichen Belastung reduzieren.* Bei gewissen Arbeiten kann die körperliche Belastung während Hitzeperioden minimiert werden, z.B. mittels Nutzung ergonomischer Prinzipien und mechanischer Hilfsmittel, die Verteilung der körperlichen Belastung auf mehrere Personen oder die Verlegung körperlich belastender Arbeiten auf die kühleren Stunden.
- *Dress code lockern.* Für Unternehmen mit «dress code» wird empfohlen, einen allfälligen Krawattenzwang auszusetzen und die Kleidervorschriften nach Möglichkeit der Hitze anzupassen (z.B. kurze Ärmel erlauben).
- *Informieren und Planen.* Arbeitgeber/innen und Arbeitnehmer/innen sollten sich gegenseitig über mögliche Massnahmen zur Hitzeprävention informieren und deren Umsetzung gemeinsam planen. Dazu gehört beispielweise die Planung, wer wann lüftet, Umgang mit ungenutzten Räumen (Sonnenschutz, Lüften, etc.), persönliches Verhalten, etc.

Empfehlungen für Verhaltensmassnahmen auf persönlicher Ebene

- *Lockere, leichte Kleidung vorziehen,* da die Luft darunter zirkulieren kann. Bevorzugte Kleider sind aus leichten Leinen-, Seide-, Baumwoll- oder Wollstoffen.
- *Mit Wasser kühlen,* z.B. ab und zu kaltes Wasser über die Handgelenke laufen lassen, kühles Wasser aus einer Sprühflasche auf Arme sprühen, Wasserbecken unter dem Arbeitstisch für nackten Füsse und Beine, oder Springbrunnen im Raum installieren.
- *Genügend Trinken.* Während sommerlichen Hitzeperioden sollten erwachsene Personen mindestens eineinhalb Liter pro Tag trinken. Ideale Getränke sind Wasser, ungezuckerte Tees und stark verdünnte Fruchtsäfte.
- *Leichtes Essen.* Während sommerlichen Hitzeperioden sollten erfrischende, leicht bekömmliche und kühlende Speisen gegessen werden.

Klimageräte – nur wenn nötig

Bevor trotzdem ein Klimagerät gekauft wird, sollten folgende Punkte überprüft werden:

- Wurden alle Sofortmassnahmen (siehe oben) ausgeschöpft?
- Vergleich Ventilator – Klimagerät: Was sind die Vor- und Nachteile? Wann soll welches Gerät beschafft werden?
- Welche baulichen Massnahmen sind möglich?

Fällt der Entscheid trotzdem zugunsten eines Klimagerätes, sind folgende Punkte zu beachten:

- *Bauformen*: Split-Klimagerät sind die wirksamsten Klimageräte. Sie werden fest installiert, wobei der Kondensationsteil samt Kompressor ausserhalb des Raumes liegt und somit keine Abwärme und weniger Lärm des Klimagerätes in den Raum gelangt.
- *Stromverbrauch*: Klimageräte verbrauchen viel Strom. Deswegen ist es wichtig, auf die Energieeffizienz des Gerätes zu achten.
- *Mobile Klimageräte sollten vermieden werden*. Sie sind ineffizient und liefern nicht die gewünschte Leistung.

Klimagerechtes Bauen

Bei Neubauten oder Komplettsanierungen haben baulichen Massnahmen bei der Überwärmung von Innenräumen einen positiven Einfluss:

- *Gebäudetypologie*. Die Gebäudeplanung in der Schweiz ist traditionell von der Heizperiode geprägt. Grundrissformen, Fenstergrössen und Raumhöhen sollten zukünftig auch im Hinblick auf das zunehmend wärmere Klima optimiert werden.
- *Latentspeicher Materialien*. Die thermische Gebäudemasse speichert die Wärme und gibt sie nachts wieder ab. Konstruktionen mit genügend thermisch aktiver Masse können Temperatur- und Kühlbedarfs-Spitzen durch die Wärmespeicherfähigkeit glätten und den Komfort dadurch verbessern. Diese Anforderung ist z.B. erfüllt, wenn in einem Raum die Betondecke zu mindesten 80% frei ist.
- *Sonnenschutz*. Sonnenschutz wird in wärmerem Klima für Bürobauten immer wichtiger, um die solare Aussenlast während der warmen Sommerperiode zu vermindern. Idealerweise wird er deshalb bei Neubauten oder Sanierungen umfassend geplant und umgesetzt. Auch können architektonische Fassadeneigenschaften als Sonnenschutz genutzt werden. Die Tageslichteinfall in den Raum soll dabei nicht beschränkt werden.
- *Sonnenschutzfenster*. Sonnenschutzfenster beschränken die Sonneneinstrahlungen, was bei Hitze erwünscht ist. Allerdings reduzieren sie die Wärmegewinne im Winter wegen der reflektierenden und absorbierenden Beschichtung. Eine Optimierung zwischen Wärme- und Sonnenschutzglas für den Winter- und den Sommerbetrieb ist anzustreben.

4.2 Fazit

Dieser Bericht zeigt auf, wie in Büro- und Gewerberäumen ein kühler Kopf bewahrt werden kann, nach Möglichkeit ohne Klimagerät. Die vielen Beispiele von Produkten, Systemen und Verhaltensmassnahmen zeigen, dass Alternativen in vielen Fällen möglich und effektiv sind. Bei klimatisierten Gebäuden helfen die aufgeführten Massnahmen den Stromverbrauch zu reduzieren. Das finale Ziel muss eine Optimierung zwischen thermischer Behaglichkeit, Energieverbrauch (Kühlung und Lüftung) sowie Investitions- und Betriebskosten sein. Der Trend hin zu mehr Klimageräten wird sich nicht aufhalten lassen. Durch den zunehmenden Klimawandel wird er laufend verstärkt.

5 Literatur

BAFU 2006: Wegleitung betreffend stationäre Anlagen und Geräte mit Kältemitteln. <https://www.bafu.admin.ch/bafu/de/home/themen/chemikalien/publikationen-studien/publikationen/wegleitung-stationaere-anlagen-geraete-kaeltemittel.html>

BAFU 2017: Klimabedingte Risiken und Chancen. Eine schweizweite Synthese. Bundesamt für Umwelt, Bern. Umwelt-Wissen Nr. 1706.

BAG 2018a: Korrektes Lüften und Heizen. Internetseite des Bundesamtes für Gesundheit. Stand 15. August 2018:

<https://www.bag.admin.ch/bag/de/home/themen/mensch-gesundheit/wohngifte/gesund-wohnen/korrektes-lueften-und-heizen.html>

BAG 2018b: Hitze. Internetseite des Bundesamtes für Gesundheit. Stand 13. September 2018:

<https://www.bag.admin.ch/bag/de/home/gesund-leben/umwelt-und-gesundheit/hitze.html>

BAG 2007: Arbeit bei Hitzeperioden in Gebäuden... Vorsicht! Informationen für Arbeitgeber und Arbeitnehmer. Bundesamt für Gesundheit. Juni 2007.

Beobachter 2018: Immer schön cool bleiben. Online-Publikation vom 4. Juli 2018:

<https://www.beobachter.ch/wohlfohlen-praevention/hitze-immer-schon-cool-bleiben>

BFE 2018a: Stand der Energie- und Klimapolitik in den Kantonen 2017. Bundesamt für Energie, Bern. Juli 2018.

BFE 2018b. SolarGap – Auswirkung von Sonnenschutzsystemen auf den Heizwärmebedarf von Gebäuden. Bundesamt für Energie, Bern Mai 2018.

<https://www.aramis.admin.ch/Default.aspx?DocumentID=46277&Load=true>

Brunner, Steinemann, Nipkow. 2008: Bauen, wenn das Klima wärmer wird – Empfehlung Nachhaltiges Bauen. Faktor Verlag.

Brunner, Steinemann, Nipkow. 2007: Bauen, wenn das Klima wärmer wird – Schlussbericht. Bezug:

www.energieforschung.ch.

Burke, T. et al. 2014: "Using Field-Metered Data to Quantify Annual Energy Use of Portable Air Conditioners," Lawrence Berkeley National Laboratory, Report No. LBNL-6868E-Rev (Dezember 2014). <https://publications.lbl.gov/islandora/object/ir%3A6868E-Rev>.

CasaFan Ventilatoren 2016: Deckenventilatoren – Sommerventilatoren C42.

Department of Energy (DOE) 2018: Energy Saver: Room Air Conditioners.

<https://www.energy.gov/energysaver/room-air-conditioners> (Abrufdatum 24.10.2018)

EnDK 2015: Mustervorschriften der Kantone im Energiebereich (MuKE), Ausgabe 2014. Verabschiedet von der EnDK-Plenarversammlung am 9. Januar 2015.

Energie Fachberater 2018: Richtig Lüften im Sommer. Online-Publikation vom 4. Juni 2018:

Internetseite: <http://www.energie-fachberater.de/news/richtig-lueften-im-sommer.php>

Energie.ch 2013: Klimageräte. <http://www.energie.ch/klimageraete>

Energieetikette Fenster 2018. Basisinformation. <http://www.fenster-energieetikette.ch>

EnergieSchweiz, 2016: Faktenblatt – Energieetikette für Raumklimageräte.

http://www.bfe.admin.ch/energieetikette/00887/00897/index.html?lang=de&dossier_id=05369

EnergyStar 2005: Right-sized air conditioners: mechanical equipment improvements.

https://www.energystar.gov/ia/home_improvement/home_sealing/RightSized_AirCondFS_2005.pdf

EnEV 2018: Verordnung über die Anforderungen an die Energieeffizienz serienmässig hergestellter Anlagen, Fahrzeuge und Geräte:

<https://www.admin.ch/opc/de/classified-compilation/20162950/index.html>

European Solar-Shading Organization 2015: Dachverband der europäischen Organisationen der Sonnenschutzindustrie. Sonnenschutz ist Technologie der Zukunft. www.smartsolarshading.com.

Europäische Kommission 2011: Verordnung (EU) Nr. 327/2011 der Kommission vom 30. März 2011 zur Durchführung der Richtlinie 2009/125/EG des Europäischen Parlaments und des Rates im Hinblick auf die Festlegung von Anforderungen an die umweltgerechte Gestaltung von Ventilatoren, die durch Motoren mit einer elektrischen Eingangsleistung zwischen 125 W und 500 kW angetrieben werden. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/?uri=CELEX:32011R0327>

Europäische Kommission 2014: Verordnung (EU) Nr. 517/2014 des europäischen Parlaments und des Rates vom 16. April 2014 über fluorierte Treibhausgase und zur Aufhebung der Verordnung (EG) Nr. 842/2006.

Europäische Kommission 2018: Review study of regulation 206/2012 and 626/2011: Air conditioners and comfort fans. <https://www.eco-airconditioners.eu>

IEA, International Energy Agency 2018: The Future of Cooling

MeteoSchweiz 2014: Hitze. Internetseite des Bundesamtes für Meteorologie und Klimatologie. Stand 01. Dezember 2014:

<https://www.meteoschweiz.admin.ch/home/wetter/gefahren/erlaeuterungen-der-gefahrenstufen/gefahrenstufen-hitze.html>

Minergie 2009: Standard Lüftungssysteme für Wohnbauten: Edition Minergie – die Schriftenreihe für Baufachleute. März 2009:

https://www.minergie.ch/media/broschuere_standard_lueftungssysteme_2009_neu_id.pdf

Minergie 2010: Sommerlicher Wärmeschutz für Wohnbauten: Edition Minergie – die Schriftenreihe für Baufachleute. Januar 2010:

https://www.minergie.ch/media/sommerlicher_waermeschutz_web_d_neu.pdf

Minergie 2014: Reglement Minergie-Modul Sonnenschutz.

https://www.minergie.ch/media/reglement_minergie-modul_sonnenschutz_v20141114a_d.pdf

Minergie 2016: Sibold C., Huber H.: Studienarbeit «Vollzug sommerlicher Wärmeschutz», April 2016

https://www.minergie.ch/media/sowsschlussbericht20160410_1_.pdf

Minergie 2018: Geschäftsbericht 2017. Verein Minergie. 2018.

NCCS (Hrsg.) 2018: CH2018 – Klimaszenarien für die Schweiz. National Centre for Climate Services, Zürich.

NZZ 2018: Wenn das Büro zur Sauna wird. Online-Publikation vom 04. August 2018: <https://www.nzz.ch/schweiz/wenn-das-buero-zur-sauna-wird-ld.1408273>

Scherrer S.C., Fischer E.M., Posselt R., Liniger M.A., Croci-Maspoli M., Knutti R. 2016: Emerging trends in heavy precipitation and hot temperature extremes in Switzerland. In: Journal of Geophysical Research – Atmosphere.

Schweizerischer Fachverband Fenster- und Fassadenbranche. Verglasung. www.fff.ch

Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein SIA, www.sia.ch

Schweizerische Meldestelle für Kälteanlagen und Wärmepumpen. Wartungsheft für Kälteanlagen und Wärmepumpen. <http://www.meldestelle-kaelte.ch>

Spiegel online 2018: Supersommer für die Kältebranche. Online-Publikation vom 10. August 2018: <http://www.spiegel.de/wirtschaft/unternehmen/sommerhitze-klimageraetehersteller-erwarten-rekordverkaeufe-a-1222506.html>

Spiegel online 2013: Hitze in Wohnung und Büro – Die richtige Kühltaktik. Online-Publikation vom 2. August 2013: <http://www.spiegel.de/gesundheit/diagnose/tipps-bei-hitze-so-kuehlt-man-buero-und-wohnung-im-sommer-a-914164.html>

Swiss Climate Change Scenarios CH2011. Veröffentlicht durch C2SM, MeteoSchweiz, ETH Zürich, NCCR Climate & OcCC. Zürich.

Swissinfo 2003: Run auf Klimageräte und Ventilatoren. Online-Publikation vom 11. August 2003: <https://www.swissinfo.ch/ger/run-auf-klimageraete-und-ventilatoren/3453712>

Topten 2018. Internet-Plattform, welche energieeffizienteste Produkte auszeichnet. Mit direktem Link zu Verkaufsstellen. www.topten.ch

Toshiba 2018: Zu heiss oder zu kalt? Wir optimieren Ihr Klima. <https://www.toshiba-klima.at/>

UNEP 2018: Report of the Technology and Economic Assessment Panel: Decision XXIX/10 Task Force Report on Issues related to Energy Efficiency while phasing down hydrofluorocarbons. September 2018.

Verband Schweiz. Anbieter von Sonnen- und Wetterschutz-Systemen VSR. <http://www.storen-vsr.ch/>

VSR 2018, Verband Schweiz. Anbieter von Sonnen- und Wetterschutz-Systemen: Liste der zertifizierten Systeme und Anbieter (Lamellenstoren, Rollläden, Fassadenmarkisen). <http://www.storen-vsr.ch/de/energie-und-umwelt/minergie-modul-sonnenschutz/liste-zertifizierte-systeme-und-anbieter>

Firmeninformationen

Diverse Firmen haben informative Ratgeber und zeigen eine grosse Vielfalt an Produkten. In diesem Bericht wurden Materialien folgender Firmen verwendet:

Griesser AG, Aadorf. Anbieter von Sonnenschutzlösungen. www.griesser.ch

OBI Bau- und Heimwerkermärkte Systemzentrale (Schweiz) GmbH, Schaffhausen. www.obich.ch

Schenker Storen AG, Schönenwerd. Anbieter von Sonnenschutzlösungen. www.storen.ch

Velux Schweiz AG, Trimbach. Anbieter von Dachfenstern und Sonnenschutzlösungen. www.velux.ch

6 Anhang 1: Umsetzung der MuKE n 2014 in den Kantonen zum Thema Kühlen

Kt.	Anforderungen und Nachweis winterlicher Wärmeschutz gemäss Art. 1.7 MuKE n 2014	Anforderungen und Nachweis sommerlicher Wärmeschutz gemäss Art. 1.8 MuKE n 2014	Befreiung/ Erleichterung gemäss Art. 1.9 MuKE n 2014	Bemerkungen
	z.B. Absichten, Abweichungen zu MuKE n 2014			
ZH	Ja, ohne inhaltliche Abweichung	Ja, ohne inhaltliche Abweichung	Ja, ohne inhaltliche Abweichung	Anforderungen gemäss MuKE n 2008
BE	Ja, ohne inhaltliche Abweichung	Ja, ohne inhaltliche Abweichung	Ja, jedoch mit inhaltlicher Abweichung	Abweichungen: Erleichterungen/Ausnahmen auch für selten benutzte Bauten und Fahrnisbauten
LU	Ja, jedoch mit inhaltlicher Abweichung	Ja, jedoch mit inhaltlicher Abweichung	Ja, jedoch mit inhaltlicher Abweichung	Umsetzung MuKE n 2014 per 01.01.19 geplant
UR	Ja, jedoch mit inhaltlicher Abweichung	Ja, ohne inhaltliche Abweichung	Ja, jedoch mit inhaltlicher Abweichung	Wärmeschutz mit Umsetzung MuKE n 2008 eingeführt; U-Werte entsprechen MuKE n 2008; diverse Abweichungen bei den Erleichterungen
SZ	Ja, jedoch mit inhaltlicher Abweichung	Nein	Ja, jedoch mit inhaltlicher Abweichung	
OW	Ja, ohne inhaltliche Abweichung	Ja, ohne inhaltliche Abweichung	Ja, ohne inhaltliche Abweichung	
NW	Nein	Nein	Ja, ohne inhaltliche Abweichung	Umsetzung MuKE n 2014 geplant auf 01.01.19
GL	Ja, ohne inhaltliche Abweichung	Ja, ohne inhaltliche Abweichung	Ja, ohne inhaltliche Abweichung	
ZG	Ja, ohne inhaltliche Abweichung	Ja, ohne inhaltliche Abweichung	Ja, ohne inhaltliche Abweichung	Die konkrete Umsetzung der MuKE n 2014 ist noch im Gange. Eine Aussage, welche Module wie umgesetzt werden, kann zum jetzigen Zeitpunkt noch nicht gemacht werden
FR	Oui, sans divergence dans le contenu	Oui, sans divergence dans le contenu	Oui, sans divergence dans le contenu	
SO	Ja, ohne inhaltliche Abweichung	Ja, ohne inhaltliche Abweichung	Ja, ohne inhaltliche Abweichung	
BS	Ja, ohne inhaltliche Abweichung	Ja, ohne inhaltliche Abweichung	Ja, ohne inhaltliche Abweichung	
BL	Ja, jedoch mit inhaltlicher Abweichung	Ja, jedoch mit inhaltlicher Abweichung	Ja, jedoch mit inhaltlicher Abweichung	
SH	Ja, ohne inhaltliche Abweichung	Ja, ohne inhaltliche Abweichung	Ja, ohne inhaltliche Abweichung	Einführung der MuKE n 2014 erst im 2020 vorgesehen. Die Antworten beziehen sich deshalb noch auf die MuKE n 2008
AR	Ja, jedoch mit inhaltlicher Abweichung	Ja, ohne inhaltliche Abweichung	Ja, ohne inhaltliche Abweichung	Der Kanton beabsichtigt, die MuKE n 2014 (Basismodul) per 2020 in die kantonale Energiegesetzgebung zu übernehmen. Zurzeit gelten die MuKE n 2008 als gesetzliche Grundlage
AI	Nein	Nein	Nein	Der Kanton AI hat das Energiegesetz bzw. die Verordnung noch nicht nach MuKE n 2014 angepasst, immer noch MuKE n 2008
SG	Ja, jedoch mit inhaltlicher Abweichung	Ja, ohne inhaltliche Abweichung	Ja, jedoch mit inhaltlicher Abweichung	Anforderungen gemäss MuKE n 2008
GR	Ja, jedoch mit inhaltlicher Abweichung	Ja, ohne inhaltliche Abweichung	Ja, ohne inhaltliche Abweichung	
AG	Ja, ohne inhaltliche Abweichung	Ja, ohne inhaltliche Abweichung	Ja, ohne inhaltliche Abweichung	
TG	Ja, jedoch mit inhaltlicher Abweichung	Ja, ohne inhaltliche Abweichung	Ja, jedoch mit inhaltlicher Abweichung	Einführung MuKE n 2014 ca. 2020
TI	Oui, mais avec divergence dans le contenu	Oui, mais avec divergence dans le contenu	Oui, mais avec divergence dans le contenu	I valori limiti dei coefficienti termici in materia di protezione termica invernale si riferiscono al MoPEC 2008. Deroghe maggiori
VD	Oui, sans divergence dans le contenu	Oui, sans divergence dans le contenu	Oui, mais avec divergence dans le contenu	Les divergences concernant l'allègement portent sur les installations provisoires
VS	Oui, sans divergence dans le contenu	Oui, sans divergence dans le contenu	Oui, mais avec divergence dans le contenu	
NE	Oui, sans divergence dans le contenu	Oui, sans divergence dans le contenu	Oui, mais avec divergence dans le contenu	
GE	Non	Non	Non	MoPEC 2014 sera applicable dès 2018 et des études sont en cours pour définir les modalités d'application
JU	Oui, mais avec divergence dans le contenu	Oui, mais avec divergence dans le contenu	Oui, mais avec divergence dans le contenu	
FL	Nein	Nein	Nein	

Gesetzgebung: Winterlicher und sommerlicher Wärmeschutz von Gebäuden, Stand Frühling 2018 (BFE 2018)

Kt	Wärmeverteilung und -abgabe gemäss Art. 1.17 MuKE 2014	Abwärmenutzung gemäss Art. 1.18 MuKE 2014	Lüftungstechnische Anlagen inkl. deren Wärmedämmung gemäss Art. 1.19/1.20 MuKE 2014	Kühlen, Be- und Entfeuchten gemäss Art. 1.21 MuKE 2014	Bemerkungen
					z.B. Absichten, Abweichungen zu MuKE 2014
ZH	Ja, ohne inhaltliche Abweichung	Ja, ohne inhaltliche Abweichung	Ja, ohne inhaltliche Abweichung	Ja, ohne inhaltliche Abweichung	
BE	Ja, ohne inhaltliche Abweichung	Ja, ohne inhaltliche Abweichung	Ja, ohne inhaltliche Abweichung	Ja, ohne inhaltliche Abweichung	
LU	Ja, jedoch mit inhaltlicher Abweichung	Ja, jedoch mit inhaltlicher Abweichung	Ja, jedoch mit inhaltlicher Abweichung	Ja, jedoch mit inhaltlicher Abweichung	Umsetzung MuKE 2014 per 01.01.19 geplant
UR	Ja, jedoch mit inhaltlicher Abweichung	Ja, ohne inhaltliche Abweichung	Ja, ohne inhaltliche Abweichung	Ja, ohne inhaltliche Abweichung	Referenzraumregulierung ist grundsätzlich zugelassen
SZ	Ja, ohne inhaltliche Abweichung	Ja, ohne inhaltliche Abweichung	Ja, ohne inhaltliche Abweichung	Ja, ohne inhaltliche Abweichung	
OW	Ja, ohne inhaltliche Abweichung	Ja, ohne inhaltliche Abweichung	Ja, ohne inhaltliche Abweichung	Ja, ohne inhaltliche Abweichung	
NW	Ja, ohne inhaltliche Abweichung	Ja, ohne inhaltliche Abweichung	Ja, ohne inhaltliche Abweichung	Ja, ohne inhaltliche Abweichung	Umsetzung MuKE 2014 geplant auf 01.01.19
GL	Ja, ohne inhaltliche Abweichung	Ja, ohne inhaltliche Abweichung	Ja, ohne inhaltliche Abweichung	Ja, ohne inhaltliche Abweichung	
ZG	Ja, ohne inhaltliche Abweichung	Ja, ohne inhaltliche Abweichung	Ja, ohne inhaltliche Abweichung	Ja, ohne inhaltliche Abweichung	Die konkrete Umsetzung der MuKE 2014 ist noch im Gange. Eine Aussage, welche Module wie umgesetzt werden, kann zum jetzigen Zeitpunkt noch nicht gemacht werden
FR	Oui, sans divergence dans le contenu	Oui, sans divergence dans le contenu	Oui, sans divergence dans le contenu	Oui, sans divergence dans le contenu	Obligation d'alimenter les installations de climatisation de confort par des énergies renouvelables produites si possible sur le site
SO	Ja, ohne inhaltliche Abweichung	Ja, ohne inhaltliche Abweichung	Ja, jedoch mit inhaltlicher Abweichung	Ja, ohne inhaltliche Abweichung	Die Norm SIA 380/1: 2009 ist noch gültig. Revision von Gesetz und Verordnung sind im Gange
BS	Ja, ohne inhaltliche Abweichung	Ja, ohne inhaltliche Abweichung	Ja, ohne inhaltliche Abweichung	Ja, ohne inhaltliche Abweichung	
BL	Ja, ohne inhaltliche Abweichung	Ja, ohne inhaltliche Abweichung	Ja, ohne inhaltliche Abweichung	Ja, jedoch mit inhaltlicher Abweichung	
SH	Ja, ohne inhaltliche Abweichung	Ja, ohne inhaltliche Abweichung	Ja, ohne inhaltliche Abweichung	Ja, ohne inhaltliche Abweichung	Einführung der MuKE 2014 erst im Jahr 2020 vorgesehen. Die Antworten beziehen sich deshalb noch auf die MuKE 2008
AR	Ja, ohne inhaltliche Abweichung	Ja, ohne inhaltliche Abweichung	Ja, ohne inhaltliche Abweichung	Ja, ohne inhaltliche Abweichung	Der Kanton beabsichtigt, die MuKE 2014 (Basismodul) per 2020 in die kantonale Energiegesetzgebung zu übernehmen. Zurzeit gelten die MuKE 2008 als gesetzliche Grundlage
AI	Ja, ohne inhaltliche Abweichung	Ja, ohne inhaltliche Abweichung	Ja, jedoch mit inhaltlicher Abweichung	Ja, ohne inhaltliche Abweichung	Der Kanton AI hat das Energiegesetz bzw. die Verordnung noch nicht nach MuKE 2014 angepasst, immer noch MuKE 2008

Gesetzgebung: Wärmeverteilung, Abwärmenutzung, Lüften, Kühlen, Be- und Entfeuchten. Stand Frühling 2018, (BFE 2017)

KL	Wärmeverteilung und -abgabe gemäss Art. 1.17 MuKE 2014	Abwärmennutzung gemäss Art. 1.18 MuKE 2014	Lüftungstechnische Anlagen inkl. deren Wärmedämmung gemäss Art. 1.19/1.20 MuKE 2014	Kühlen, Be- und Entfeuchten gemäss Art. 1.21 MuKE 2014	Bemerkungen
					z.B. Absichten, Abweichungen zu MuKE 2014
SG	Ja, jedoch mit inhaltlicher Abweichung	Ja, ohne inhaltliche Abweichung	Ja, ohne inhaltliche Abweichung	Ja, ohne inhaltliche Abweichung	Bestimmungen gemäss MuKE 2008
GR	Ja, ohne inhaltliche Abweichung	Ja, ohne inhaltliche Abweichung	Ja, ohne inhaltliche Abweichung	Ja, ohne inhaltliche Abweichung	
AG	Ja, ohne inhaltliche Abweichung	Ja, ohne inhaltliche Abweichung	Ja, ohne inhaltliche Abweichung	Ja, ohne inhaltliche Abweichung	
TG	Ja, ohne inhaltliche Abweichung	Ja, ohne inhaltliche Abweichung	Ja, ohne inhaltliche Abweichung	Ja, ohne inhaltliche Abweichung	
TI	Oui, sans divergence dans le contenu	Oui, sans divergence dans le contenu	Oui, sans divergence dans le contenu	Oui, sans divergence dans le contenu	Possibile deroga per impianti con potenza elettrica >7 W/m ² (edifici nuovi) o 12 W/m ² (risanati) se giustificati da posizione o utilizzazione particolare dell'edificio
VD	Oui, sans divergence dans le contenu	Oui, mais avec divergence dans le contenu	Oui, sans divergence dans le contenu	Oui, sans divergence dans le contenu	Nouvelles installations humid. et/ou refroid.: 100% énergie renouvelable obligatoire. Sinon, électricité pour appareils à produire obligatoirement sur site
VS	Oui, sans divergence dans le contenu	Oui, sans divergence dans le contenu	Oui, sans divergence dans le contenu	Oui, sans divergence dans le contenu	
NE	Oui, sans divergence dans le contenu	Oui, sans divergence dans le contenu	Oui, sans divergence dans le contenu	Oui, sans divergence dans le contenu	
GE	Non	Non	Non	Non	Des études sont en cours pour définir les modalités d'application du MoPEC 2014 par rapport au REEn. Dispositions cantonales depuis 2010 (REEn)
JU	Oui, mais avec divergence dans le contenu	Oui, mais avec divergence dans le contenu	Oui, mais avec divergence dans le contenu	Oui, mais avec divergence dans le contenu	
FL	Nein	Nein	Nein	Nein	