

K.i.d.Z

Kühl in die Zukunft

Studie zur sommerlichen Überwärmung in
Bildungseinrichtungen der Stadt Wien

Erstellt im Auftrag der Energieplanung der Stadt Wien
in Zusammenarbeit mit der Bereichsleitung für Bildungsinfrastruktur
durch aap.architekten ZT-GmbH und Schöberl & Pöll GmbH

Juli 2021



Impressum

Erstellt im Auftrag der
Energieplanung der Stadt Wien

Magistratsabteilung 20 –
Energieplanung

Rathausstraße 14-16, 1010 Wien

E-Mail: post@ma20.wien.gv.at

Web: www.energieplanung.wien.gv.at

Version 1.00

Wien, Juli 2021

Projektdurchführung und
Autoren / Autorinnen

aap.architekten ZT-GmbH

Albertplatz 1/6, 1080 Wien

E-Mail: architekten@aap.or.at

Web: www.aap.or.at

DI Martina Feirer

DI Alexandra Frankel

Arch. DI Franz Ryznar

Schöberl & Pöll GmbH

Lassallestraße 2/6-8, 1020 Wien

E-Mail: office@schoeberlpoell.at

Web: www.schoeberlpoell.at

DI Eva Doppelbauer

DI Martin Kappelmüller

Bmst. DI Helmut Schöberl

Layout

Anton Feirer

aap.architekten ZT-GmbH

Inhaltsverzeichnis

Folie 02 – Impressum, Auftraggeber

Folie 03 – Inhalte der Studie

Folie 04 – Einleitung / Ausgangssituation

Folie 12 – Referenzprojekte

Folie 13 – Fotos zur Besichtigung

Folie 16 – Auswertung Befragungen

Folie 21 – Problemstellung, Lösungsansätze

Folie 23 – Interne Lasten

Folie 24 – Personen

Folie 25 – Beleuchtung

Folie 26 – Geräte

Folie 27 – Haustechnische Anlagen

Folie 28 – Verschattung Fenster

Folie 29 – Innenverschattung

Folie 30 – Außenverschattung

Folie 34 – Verschattung bei Kastenfenster

Folie 35 – Verschattung im
Scheibenzwischenraum

Folie 36 – Verschattung durch bauliche
Maßnahmen

Folie 37 – Sonnenschutzglas, bedrucktes
Glas, foliertes Glas

Folie 38 – Lüftung

Folie 40 – Natürliche Lüftung

Folie 43 – Mechanische Lüftung

Folie 48 – Nachtlüftung

Folie 53 – Aktive Kühlung

Folie 54 – Zentrales System

Folie 57 – Dezentrale Systeme

Folie 58– Adaptionen der Gebäudehülle

Folie 59 – Verschattung der Außenbereiche, Begrünungen

Folie 61 – Gebäudenahe Flächen

Folie 65 – Gebäudeferne Flächen

Folie 66 – Dachbegrünungen

Folie 69 – Fassadenbegrünung

Folie 71 – Berechnungen Fallbeispiele

Folie 73 – Conclusio, Best Practice

Folie 87 – Glossar

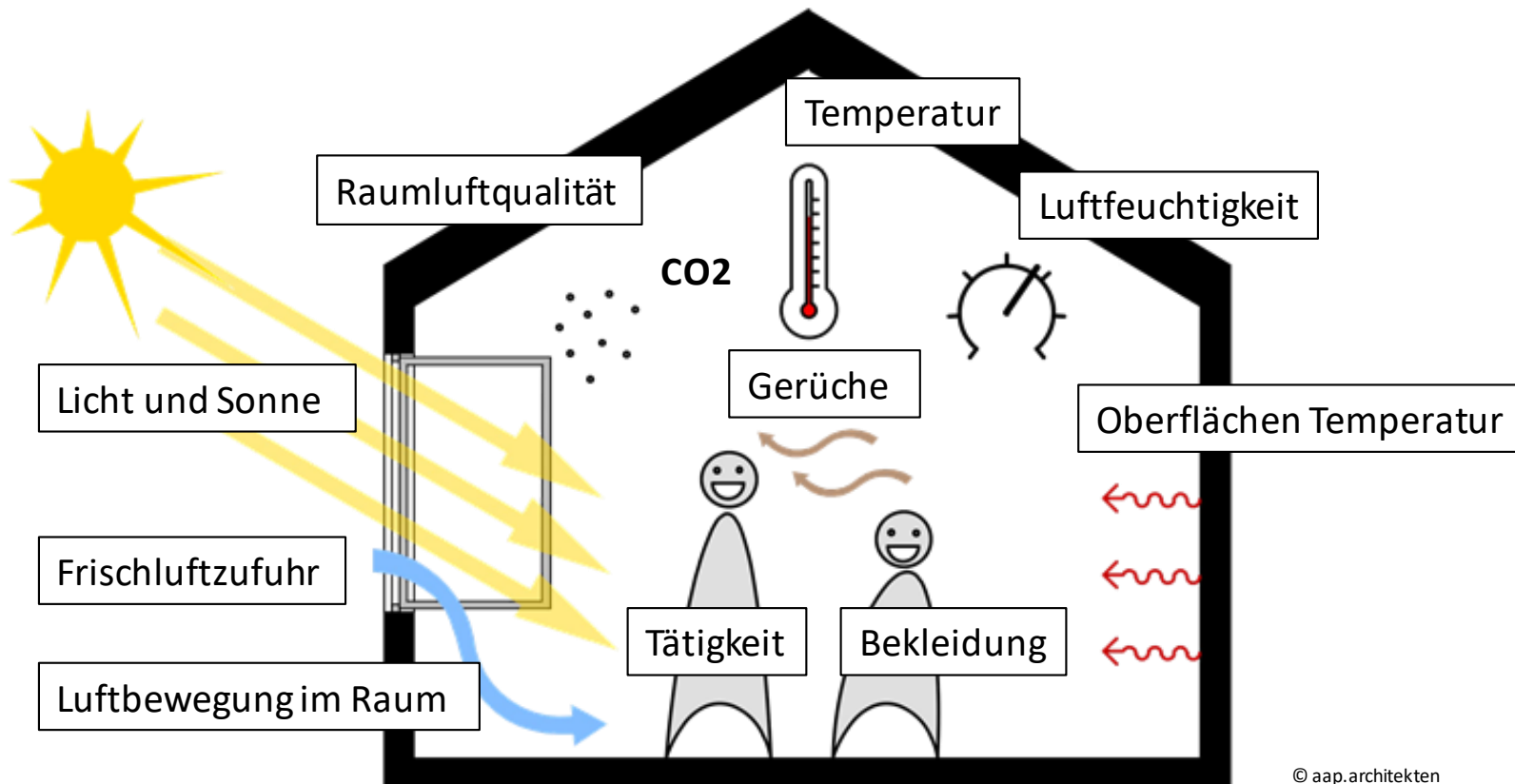
Folie 94 – Weiterführende Literatur

Folie 95 – Copyright

Ausgangssituation allgemein

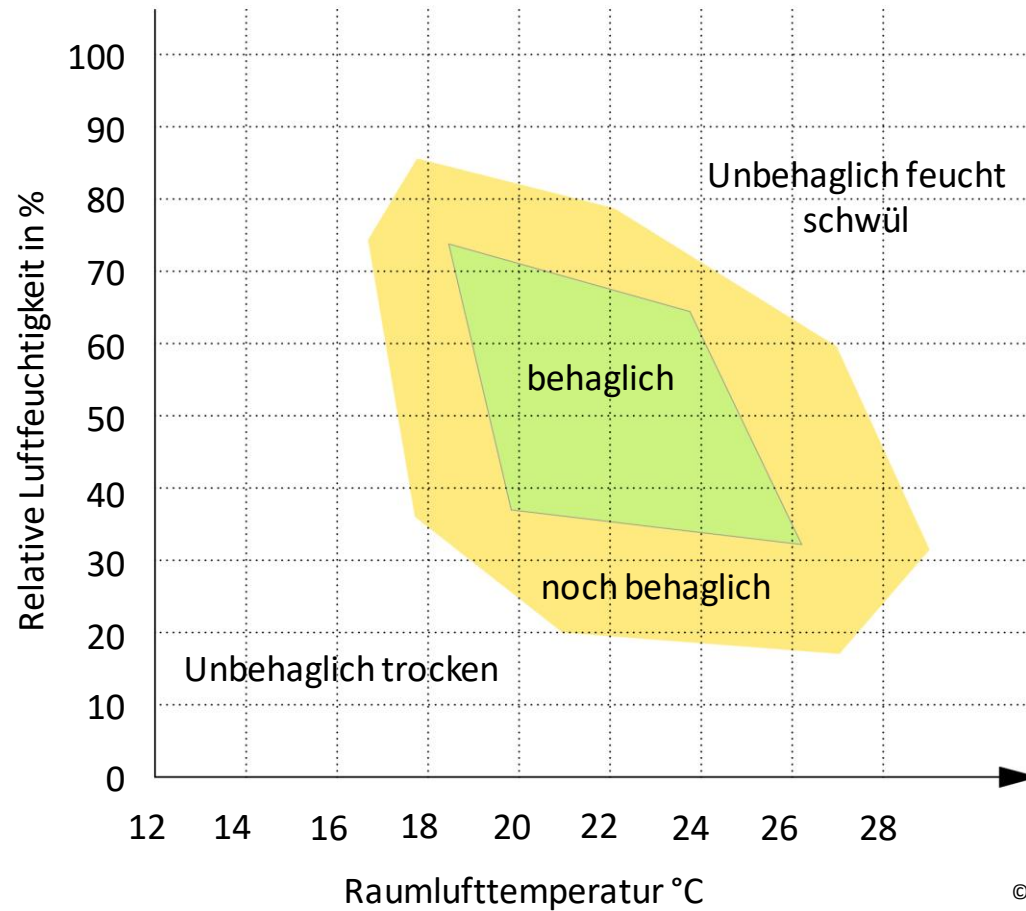
Ziel dieser Studie ist es, Möglichkeiten aufzuzeigen, wie trotz zunehmender Temperaturen im Sommer Behaglichkeit in Räumen ressourcenschonend sichergestellt werden kann.

Faktoren für Wohlbefinden sind:



© aap.architekten

Ausgangssituation - Behaglichkeit



© aap.architekten

Klimakrise in Wien – Hot in the City



© Pixabay

K.i.d.Z

Einleitung

**Klimakrise
in Wien**

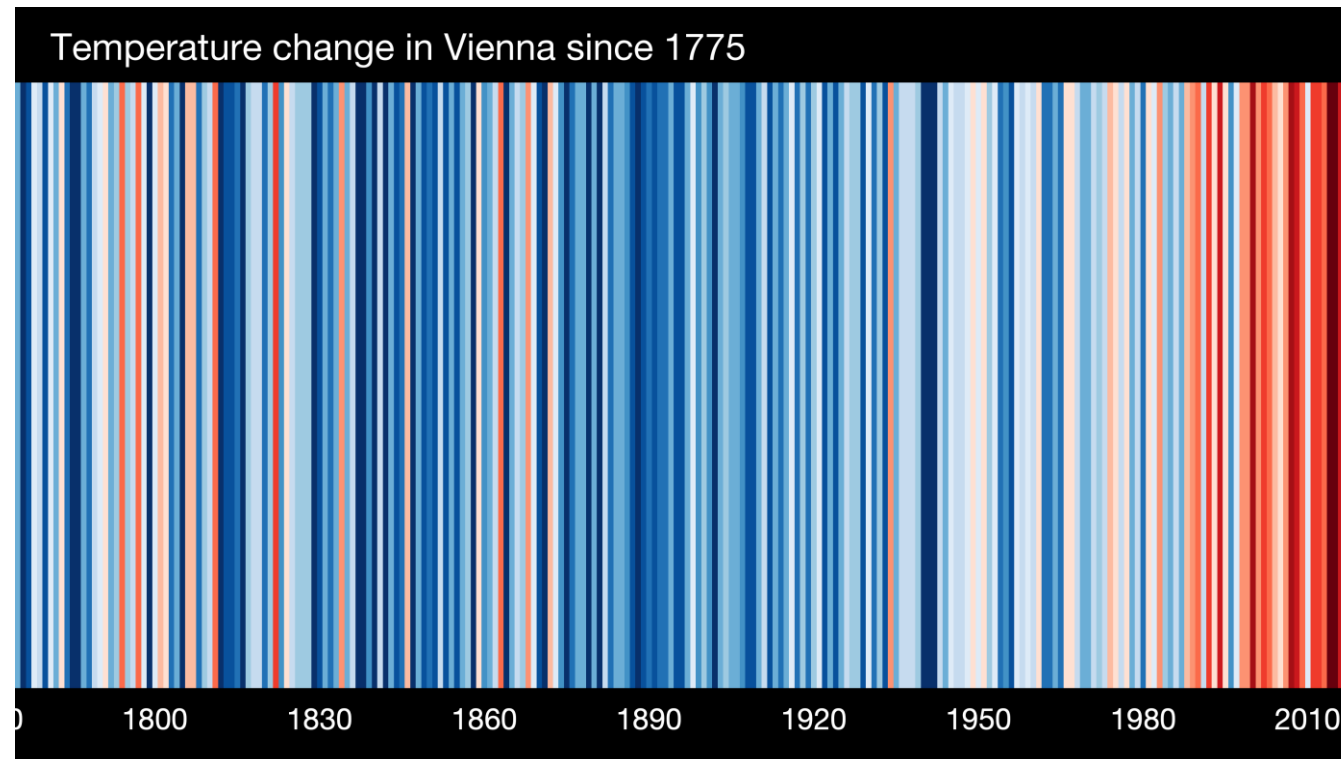
aaparchitekten 27.08.11
www.aap.at

Schöberl & Pöll GmbH
BAUPHYSIK und FORSCHUNG

 **Stadt
Wien** | Energieplanung

Neues Sommerklima mit Extremen

Die Sommertemperaturen steigen seit 1990 stark an
Heißeste Sommer vor 1990 sind heute Durchschnitt
Ausreißer nach oben werden immer extremer



© Professor Ed Hawkins (University of Reading) <https://showyourstripes.info/>

Farbcode: jährliche Durchschnittstemperatur zum langjährigen Mittel
Blauer Streifen kühler, roter Streifen wärmer
Intensität der Färbung je nach Stärke der Abweichung

- **Heiße Tage >30°C nehmen zu**
In den letzten Jahren Verdopplung der Hitzetage in Wien

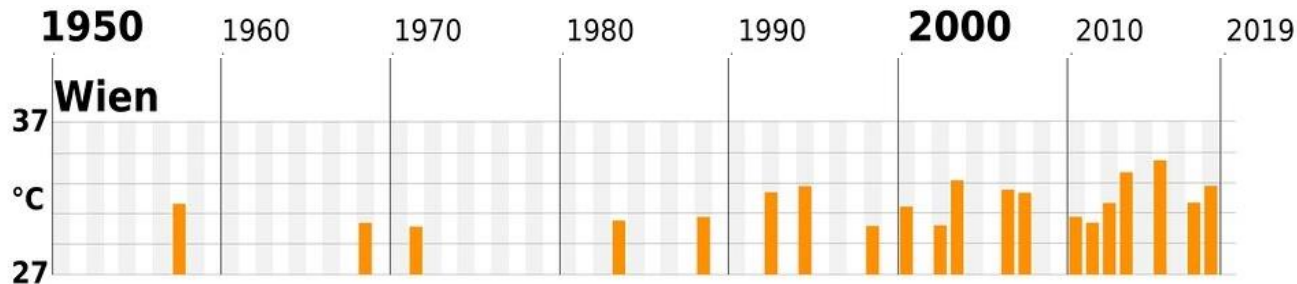
Zeitraum 1961-1990	1990-2019	Rekord 2015
10 Hitzetage pro Jahr	21 Hitzetage pro Jahr	42 Hitzetage

© ZAMG Wien

- **Hitzewellen werden häufiger**
Perioden von 14 Tagen >30°C waren früher selten, mittlerweile alle 2-4 Jahre

Markante Hitzewellen in Wien seit 1951

■ mittleres Tagesmaximum der jeweiligen Hitzewelle



© ZAMG Wien

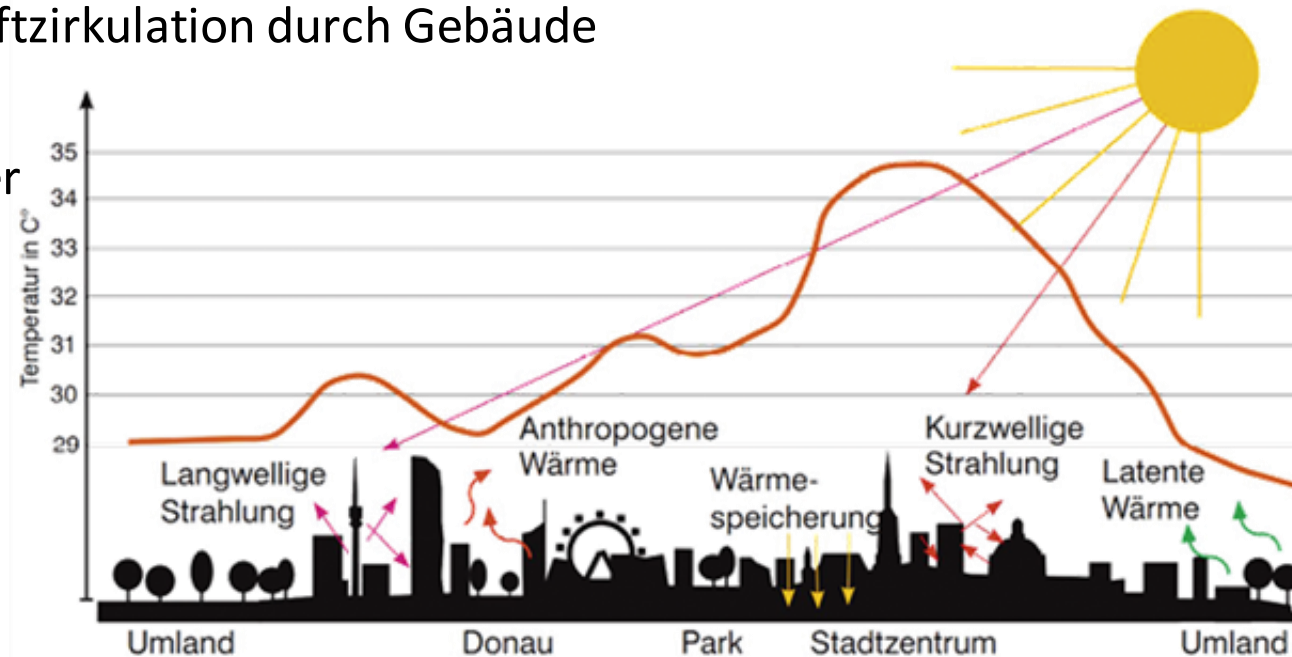
- **Zunahme von Tropennächten >20°C in Wien**
1971-2000: 1-2 Tropennächte pro Jahr
2018-2019: 41 Tropennächte pro Jahr in der Inneren Stadt

© ZAMG Wien

Urban Heat Islands – Städtische Hitzeinseln

Sind ein typisches Merkmal des Stadtklimas, verursacht durch unterschiedliche Faktoren. Städte sind im Allgemeinen wärmer als ihre Umgebung.

- Hohe Absorption der Sonnenstrahlung - Versiegelte Flächen, dunkle Oberflächen
- Wärmespeicherung - Gebäudemassen und versiegelte Oberflächen als Temperaturspeicher
- Geringe Verdunstungskühlung - Wenig Vegetation und Wasserflächen
- Reduzierte Abstrahlung langwelliger Strahlen - Durch engstehende Gebäude
- Reduzierte Luftzirkulation durch Gebäude
- Freisetzung anthropogener Wärme

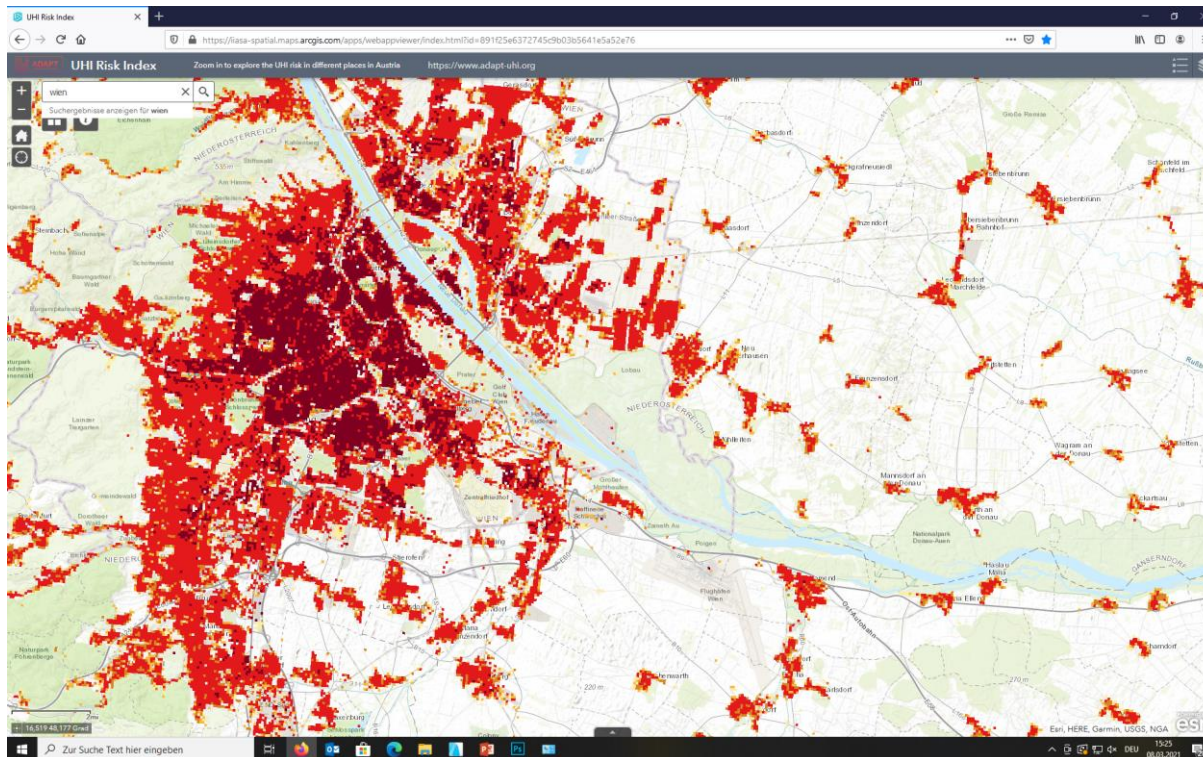


Urban Heat Islands – Lage im Stadtgebiet

Erforschung der UHI in Wien durch Projekt FOCUS-I

Karten zur Verteilung der Wärmeinseln abrufbar unter <https://www.adapt-uhi.org/>
Urban Heat Risk Index mit einer Auflösung von 100x100m

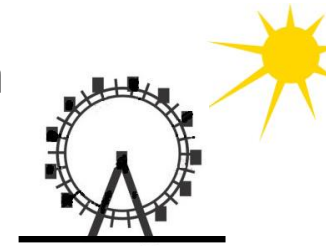
Unterschiedliche Wärmebelastung im Stadtgebiet



→ Lage des Objektes derzeit relevant für Ausnutzen der Nachtabkühlung
Zukünftige Entwicklung abhängig vom Fortschreiten der Klimakrise

Situation vieler Bildungseinrichtungen in Wien

Hitzeproblematik durch Klimakrise



Steigende Temperaturen

- Beeinträchtigungen der Nutzer*innen.

Lage im Stadtgebiet

- Reduzierte nächtliche Abkühlung in dicht verbauten Gebieten kann das Problem verschärfen

Nutzung in den Sommermonaten

- Steigendes Problem der sommerlichen Überhitzung durch ganzjährigen Betrieb von Kinderbetreuungseinrichtungen
- Immer öfter Nutzung von Schulgebäuden auch im Sommer
- Die Perioden mit Hitzebelastung reichen von Mai bis September

Verschärfungen durch:

- Nicht vorhandene Beschattungseinrichtungen
- Frischluftzufuhr muss über Fenster erfolgen
- Größe der Belichtungsflächen, die im Schulbau vorgegeben werden, hohe solare Einstrahlung (ÖISS Schulbaurichtlinien)
- Organisatorische oder gesetzliche Einschränkungen, die ein Öffnen der Fenster in kühleren Tageszeiten und das Benutzen von Beschattungseinrichtungen an Wochenenden erschweren oder verunmöglichen.
- Interne Wärmebelastung durch Geräte und Beleuchtung

Referenzprojekte

Besichtigung von Bildungseinrichtungen

- Vorauswahl der MA 10 und MA 56 von Einrichtungen mit Hitze-problemen
- März 2021: Besuch von 5 Kindergärten
 - Errichtet zwischen 1910 – 2008
 - Teilweise Erweiterungen 2001 - 2017
 - Außerhalb des Gürtels

10 Schulen

- Volksschulen, Mittelschulen und Sonderschulen
- 4 Schulen unter Denkmalschutz
- Errichtet zwischen 1901 – 2008
- 4 Schulen innerhalb und 6 Schulen außerhalb des Gürtels
- Interviews mit Leiter*innen oder/und Schulwart*innen



K.i.d.Z

Referenz-
projekte

Besichtigungen

aaparchitekten ^{27. Generation}
www.aap.at

Schöberl & Pöll GmbH
BAUPHYSIK und FORSCHUNG

Stadt Wien | Energieplanung

Besichtigungen



Ostseite
Beschattung Vorhänge

© aap.architekten



Ostseite
Teilweise beschattet

© aap.architekten



Südseite
OG ohne Beschattung, Vorplatz versiegelt

© aap.architekten



Ostseite
Innenjalousien und Vorhänge

© aap.architekten

K.i.d.Z

Besichtigungen

Beispiele



aaparchitekten ^{27.09.11}
www.aap.at

Schöberl & Pöll GmbH
BAUPHYSIK und FORSCHUNG

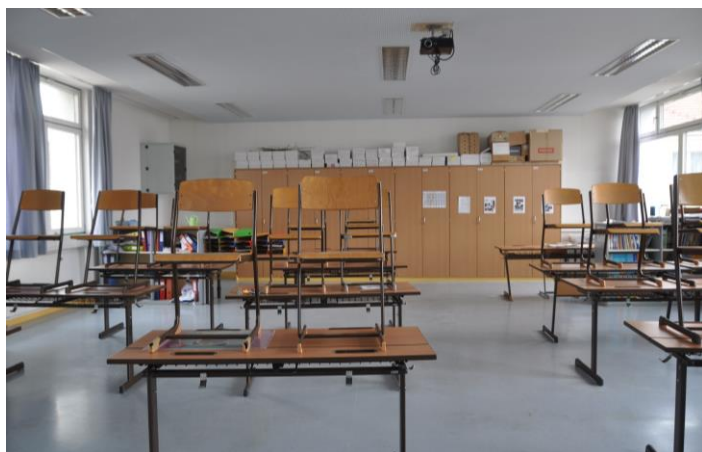
Stadt Wien | Energieplanung

Besichtigungen



Süd-Ostseite - Gang
Beschattung Außen textil / Windsensor
Brandrauchentlüftung öffnet nicht zum Lüften

© aap.architekten



Ost- und Westseite / Lernraum
Beschattung Vorhänge

© aap.architekten



Westseite - Lernraum
Textile Außenbeschattung / Folienbeklebung
Gemessen: 60°C (Schulwart)

© aap.architekten



Südseite - Turnsaal
Beschattung im Scheibenzwischenraum

© aap.architekten



Besichtigungen



Interne Lasten
Südseite – Aufwärmküche und Speisesaal
© aap.architekten



Interne Lasten
Süd-Westseite – Lernraum / Blendung
Außen Raffstores / Handbetrieb
© aap.architekten

Kippstellung -
Kein Lüftungsspalt
bei Pfostenriegel-
konstruktion



Lüften
Westseite / Lernraum
Lüftungsflügel mit Drehsperre
© aap.architekten



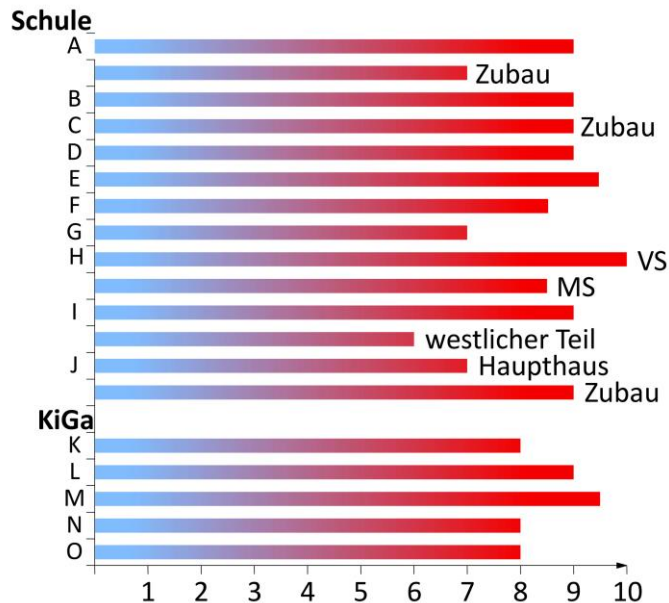
Freiraum
Innenhof versiegelt,
ohne beschattete Bereiche
© aap.architekten



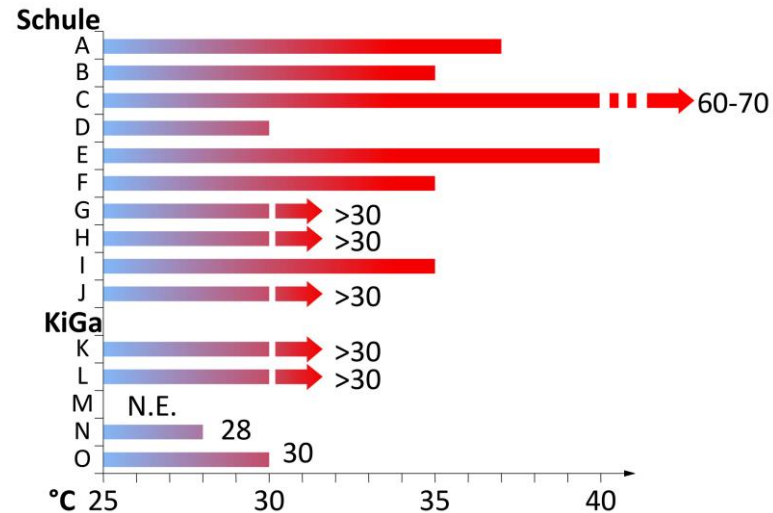
Auswertung Befragung

Beurteilung der Hitzeproblematik durch Nutzer*innen

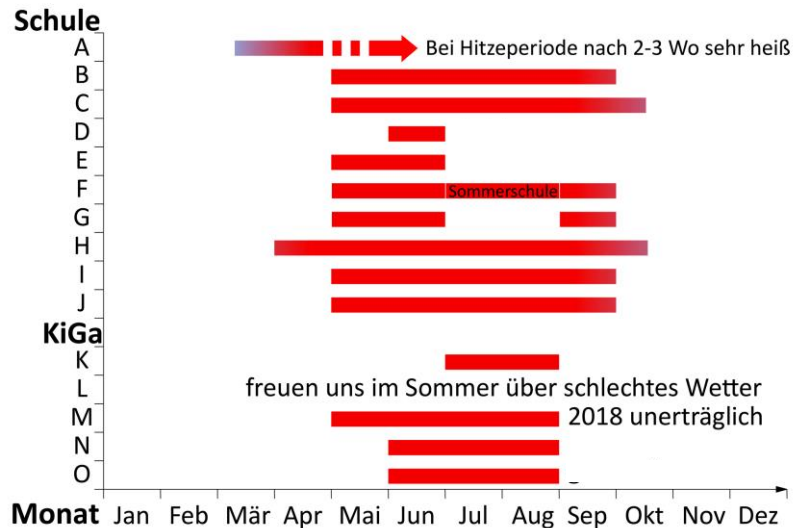
Wie stark ist das Hitzeproblem auf einer Skala von 1-10?



Wie hoch wird die Temperatur in den heißesten Räumen?



Wie lange dauern die unangenehmen Perioden?



Tritt das Problem am Vormittag oder am Nachmittag auf?

- Ganztägig
- Nur bei Halbtagschulen bleibt Nachmittag unerwähnt

Welche Bereiche sind von der Hitze besonders betroffen?

- Ost- und südseitige Bereiche
- Je höher das Geschoß desto höher die Belastung
- Bereiche mit großen Glasflächen
- Neuere Bauten tendenziell stärker betroffen als Altbauten

Ist die Hitze auch im Außenraum ein Problem?

- Befestigte, versiegelte Hofflächen heizen sich auf
- (Dach)Terrassen ohne Beschattung nicht nutzbar

Welche Maßnahmen werden gegen Überhitzung getroffen?

- Ab 7:00 Uhr werden Fenster geöffnet, ist aber schon zu spät
- Wenn Schulwart*in vor Ort wohnt schon ab 6:00 Uhr
- Beschattung (wenn vorhanden) wird runter gefahren

Wann und wie wird über Fenster gelüftet?

- Morgens zur „Abkühlung“, meist zu spät
- Fenster bleiben auch bei großer Hitze geöffnet
- Fenster nachts und am Wochenende öffnen ist organisatorisch schwierig und unsicher



© aap.architekten

Gibt es Probleme mit Beschattung?

- Außenliegende Raffstores
 - Selten vorhanden, kaum schienengeführt, kaum mit Windsensor
 - Großteils Handbetrieb, schwer bedienbar, reparaturanfällig
- Jalousien in Verbundfenster
 - Meist defekt (Seile gerissen)
 - Reparaturen aufwendig und kostenintensiv
- Fixe horizontale Lamellen
 - Zu geringe Auskragung
 - Zu großer Lamellenabstand
 - Westseitig, keine Beschattungsfunktion
- Innenjalousien, Verdunkelungsvorhänge
 - Wirkungslos gegen Überhitzung



Im letzten OG,
südseitig keine
Beschattung



Südseitig,
defekte Jalousien im
Verbundfenster



Westseitig,
Lamellenabstand
zu groß

© aap.architekten

Gibt es eine Lüftung, Kühlung?

- Keine Lüftung
- 1 Einrichtung mit Nachtkühlungssystem,
jedoch nur teilweise mit außenliegender Beschattung

Welche Informationen zur Überhitzung hätten Sie gerne?

- Was kann man machen?
- Welche Möglichkeiten gibt es?
- Problematik Lüften bei Hitze

Anmerkungen/Wünsche von den Nutzer*innen

- Reduzierung von versiegelten Flächen
- Beschattung durch Bäume
- Keine Räume mit wärmeabstrahlenden Geräten im Süden (Aufwärmküche)
- Automatische Fensterlüftung wäre gut

Problemstellungen und Lösungsansätze

Hitzeprobleme

entstehen durch:

- Hohe Belegungsdichte
- Hohe Wärmelast durch Geräte und Beleuchtung
- Intensive Sonneneinstrahlung
- Geringen Luftaustausch in kühlen Nachtstunden
- Wärmeeintrag durch opake Flächen
- Unverschattete Außenbereiche

Lösungsansätze

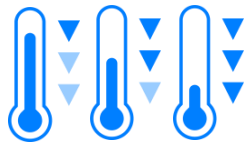
dafür sind:

- Organisatorische Maßnahmen
- Tausch von Geräten und Beleuchtung gegen effiziente Komponenten
- Verschattung von verglasten Fassadenbereichen
- Lüftung der Räume insbesondere in den Nachtstunden
- Aktive Kühlung der Räume
- Adaptionen Gebäudehülle
- Begrünung

Problemstellungen und Lösungsansätze

- Bewertung der Maßnahmen in Bezug auf Wirksamkeit, Kosten und Ökologie
- Empfehlungen für die Umsetzung von besonders effizienten und wirksamen Maßnahmen

Legende



Die Wirksamkeit der Maßnahmen wurde in drei Stufen bewertet (gering, mittel und hochwirksam). Basis dafür ist die Berechnung von Referenzräumen (Fallbeispiele).



Die finanzielle Einschätzung bei Komponenten bezieht sich auf Ergänzung des Bestandes durch Komponenten oder Aufpreis bei Austausch von Elementen im Sanierungsfall im Vergleich zu Standardausführungen.



Die ökologische Bewertung beschränkt sich auf die Betrachtung in Bezug auf den erforderlichen Materialeinsatz und die Nachhaltigkeit der verwendeten Materialien. Für Maßnahmen mit besonderem Einfluss auf Mikroklima und Biodiversität wurde ein zusätzliches Bonusblatt vergeben

Interne Lasten in Räumen

- Personen

Wärmeeintrag durch Personen abhängig von Belegung und Aktivität

- Beleuchtung

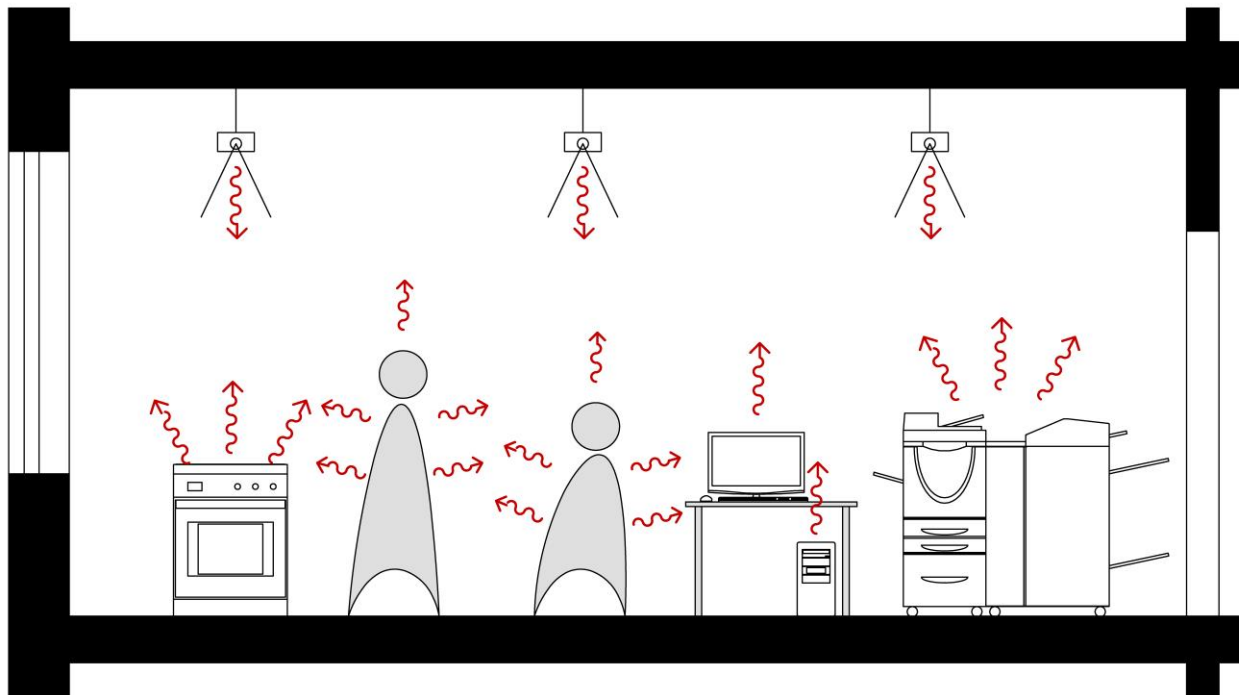
Wärmeeintrag durch Leuchtmittel

- Geräte

Wärmeeintrag durch Geräte
Hotspots: Computerklassen, Lehrerräume,
Hauswirtschaftsräume etc.

- Haustechnische Anlagen

Wärmeabgabe von Rohrleitungen, Steuerung
von Heizkörpern in der Übergangszeit



© aap.architekten

Personen

Organisatorische Maßnahmen

- **Kinderanzahl berücksichtigen**
Räume mit hoher Kinderzahl in beschattete Bereiche verlegen
- **Aktivität berücksichtigen**
Räume mit hoher Aktivität in beschattete Bereiche verlegen
- **Ausweichen**
in andere kühlere Gebäudebereiche (Aula, Gänge...)
- **Teilen**
Arbeiten in Kleingruppen
- **Aufenthalt im Freien**
Nützen von schattigen Außenbereichen
- **Tagestemperaturverlauf beachten**
Kognitiv fordernde Tätigkeiten dem Tagestemperaturverlauf anpassen



© aap.architekten

Raumtyp: 60 m ² 25 Schüler*innen 1-2 Lehrer*innen	Belegungs- dichte m ² · Per ⁻¹	Abwärme- leistungsdichte W · m ⁻²
Klassenraum 1 Person	60 m ² /Person	1 W/m ² (KIGA, VS)
Klassenraum halbe Belegung	4,4 m ² /Person	13,5 W/m ² (KIGA, VS)
Klassenraum volle Belegung	2,2 m ² /Person	27 W/m ² (KIGA, VS)
ÖNORM 8110-3: KIGA, VS: 60 W/Pers, Schulen: 80 W/Pers		

© Schöberl & Pöll GmbH



Beleuchtung



© aap.architekten



© aap.architekten

• Umstellung auf LED

Beleuchtung Unterrichtsraum 500 lx	
Leuchtenart	Abwärmeleistungsdichte $W \cdot m^{-2}$
Energiesparleuchten	6 – 7
LED 70-80 lm/Watt	6 - 7
LED 150 lm/Watt	3,3
Derzeit Lumen/Watt, ab Sept 2021 neues Labeling	

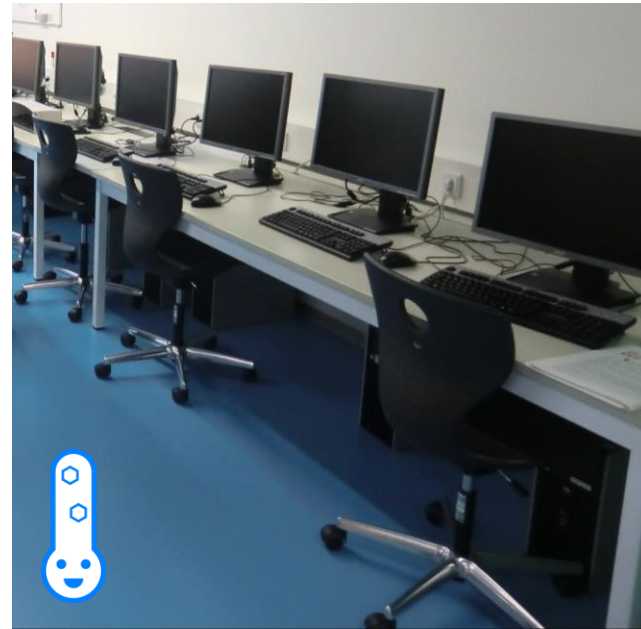
© Schöberl & Pöll GmbH

- Optimierte Tageslichtplanung
- Optimierter Blend- / Sonnenschutz
Kein Kunstlicht bei Beschattung
Tageslichtsteuerung
- Bewegungsmelder
in Verkehrs- und Sanitärbereichen
- Beleuchtungsstärke
ÖISS Empfehlung hinterfragen, im Regelfall überdimensioniert



Geräte

- **Energieeffiziente Geräte**
Bei Neuanschaffung auf Energieeffizienz achten, dadurch geringere Wärmeabstrahlung (Beamer, Kopierer, Bildschirme, PCs, Küchen- und Kleingeräte etc.)
- **Nutzungen verlegen**
Räume mit hoher Gerätebelegung in beschattete Bereiche verlegen (EDV-Räume, Küchen, Lehrerzimmer ...)
- **Bring your own device**
Verwendung von effizienten Laptops



© aap.architekten



© aap.architekten

Geräteverbrauch		
Gerät	Verbrauch effizient	Verbrauch Standard
Bildschirm 24"	8 W	30 W
PC	4 W	30-60 W
Laptop	3,5 W	20-30 W

© Schöberl & Pöll GmbH



Haustechnische Anlagen

- Dämmung der Warmwasserleitungen
Hochgedämmte Rohre Dämmdicke 6/3 des Rohrdurchmessers – Verringerung der Wärmeabgabe
- Steuerung Heizkörper
Heizkörper-Betrieb in ausreichend warmen Räumen vermeiden. Steuerung zonenweise nach Himmelsrichtung oder raumweise. Lage der Thermostate beachten!



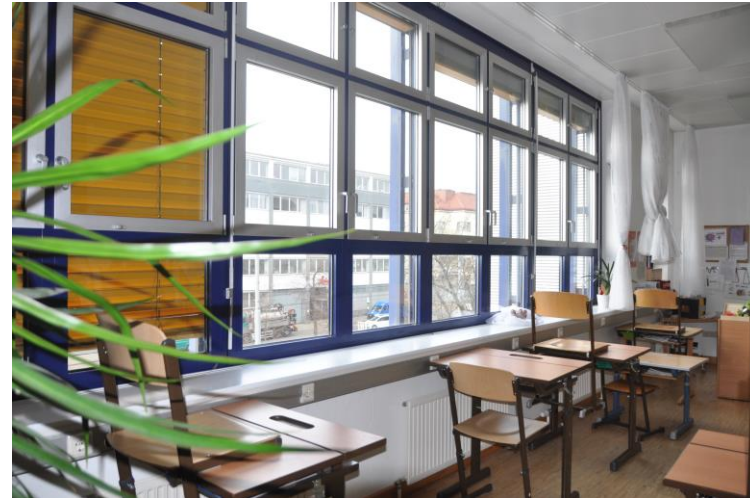
© aap.architekten



Verschattung der Fenster

Reduktion des Eintrags solarer Energie über transparente Flächen, behandelt werden folgende Arten:

- Innenverschattung
- Außenverschattung
- Außenverschattung im Denkmalschutz
- Verschattung im Zwischenraum bei Kastenfenstern
- Verschattung im Scheibenzwischenraum
- Verschattung durch bauliche Maßnahmen
- Sonnenschutzglas, bedrucktes Glas, foliertes Glas



© aap.architekten



© aap.architekten

Innenverschattung

Textile Beschattungen und Innenjalousien

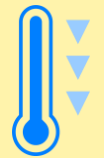
- Kaum Auswirkung auf die sommerliche Überwärmung
- Sinnvoll als Blendschutz oder Verdunkelung (z.B. EDV Räume)
- Auswirkung auf die Lichtfarbe im Raum bei färbigen Stoffen



© aap.architekten



© aap.architekten



Außenverschattung

Verschiedene Systeme -
Große Unterschiede in der
Wirksamkeit

- Angabe der Wirksamkeit durch g_{tot} -Wert (Gesamtenergiedurchlassgrad). Je niedriger der Wert umso besser die Beschattung.
- g_{tot} max. 0,15 gemäß Merkblatt MA 37
- Empfehlung: $g_{\text{tot}} = 0,10$



© aap.architekten

Wichtig bei Schulen & Kindergärten

- Hohe Windbeständigkeit wählen (Klasse 5-6 gemäß ÖNORM EN 13659)
- Automatische Steuerung der Verschattungseinrichtungen (Nachmittag, Wochenende)
- Einschränkung der Belichtung durch Sonnenschutz beachten, Systeme mit Lichtlenkung bevorzugen
- Ausführung schienengeführte Raffstores oder Textilverschattung mit Reißverschluss-System



© aap.architekten

Außenverschattung

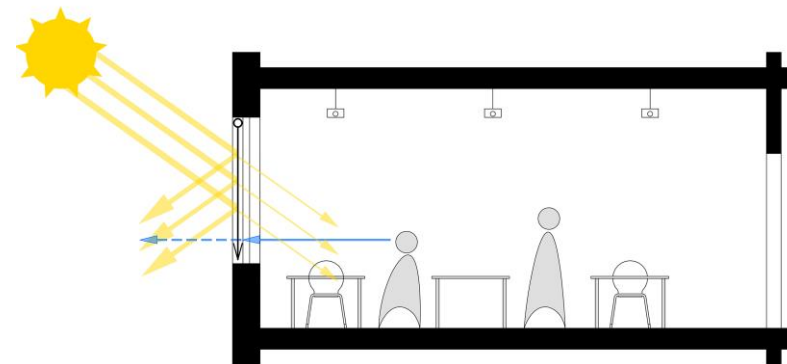
Empfohlene Systeme

• Screens

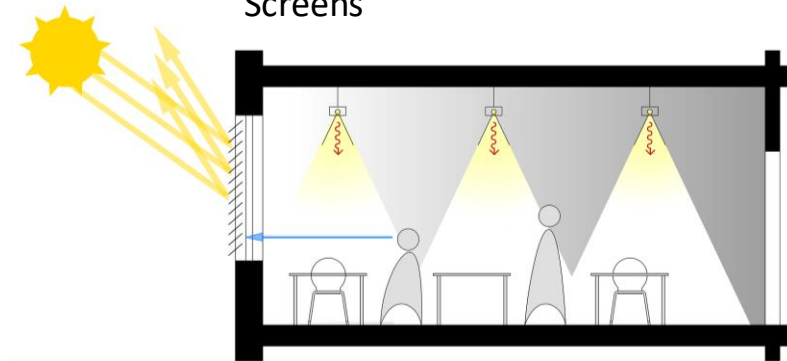
- Je nach Stoff Durchsicht teilweise möglich
- Je nach Stoff unterschiedliche Abschattungswirkung
- Auf ökologisches Material achten, kein PVC sondern PE wählen
- Reißverschluss-System wählen (windbeständig)

• Raffstores

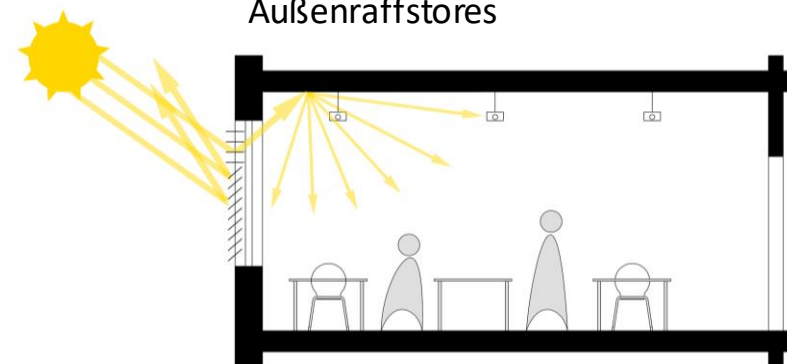
- bessere Abschattungswirkung als Screens
- Lichtlenkung möglich durch horizontal gestellte Lamellen oder Speziallamellen (Faltung, verspiegelt, Prismen) z.B. im oberen Drittel
- Schienengeführte Raffstores wählen
- Auf hohe Windbeständigkeit achten
- Durchsicht nur bei horizontal gestellten Lamellen



Screens



Außenraffstores



Außenraffstores mit Lichtlenkung

© aap.architekten

K.i.d.Z

Lösungsansatz

Verschattung



€ € € bis
€ € €



aaparchitekten TM
www.aap.at

Schöberl & Pöll GmbH
BAUPHYSIK und FORSCHUNG

Stadt Wien | Energieplanung

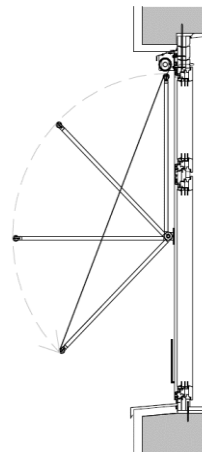
Außenverschattung

- Außenverschattung im Denkmalschutz / Ensembleschutz

Abprache mit der Behörde erforderlich

- Bundesdenkmalamt
- MA 19

Beispiele: Textiler Sonnenschutz auf Gründerzeitgebäuden (System abgestimmt mit Bundesdenkmalamt)



@ Trimmel Wall Architekten



© Schöberl & Pöll GmbH



© Wohnfonds Wien



Verschattung der Fenster

Windwiderstandsklassen

- Als Standard wird mind. Klasse 5 empfohlen
- Entspricht Winddruck von bis ca. 80 km/h
- kein großer Mehrkosten-Aufwand (je nach Hersteller 0-20%)
- kleinere Elementbreiten ermöglichen höheren Windwiderstand

Je nach örtlicher Gegebenheit, Elementbreite, Einbausituation etc. eventuell höhere Windklasse notwendig

Verschattung im Zwischenraum bei Kastenfenstern

- Hohe Wirksamkeit kann erreicht werden
 - Auf niedrigen g_{tot} - bzw. F_c -Wert (Abminderungsfaktor) achten
 - Automatische Steuerung bevorzugen
 - Abstimmung mit Denkmalschutz kann erforderlich sein
 - Öffenbarkeit von Oberlichtern soll sichergestellt sein.
- Sanierung der Fenster
 - Innere Flügel können mit Isolierverglasung ausgestattet werden, dann gleichwertig mit Außenverschattung



© Fa. Kranz

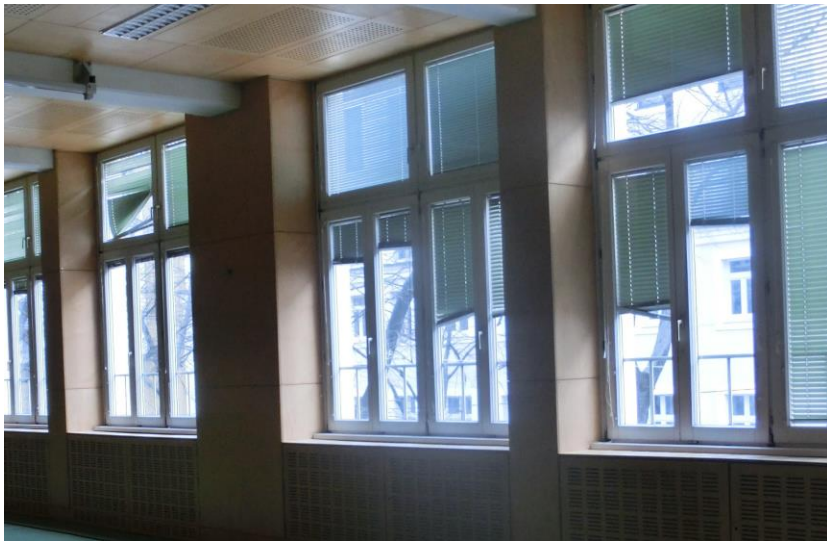


€ € € bis
€ € €



Verschattung im Scheibenzwischenraum

- Wirksamkeit in Abhängigkeit der Verglasung
 - Wenn innere Scheibe Isolierverglasung dann vergleichbar mit Außenverschattung
- Bedienbarkeit automatisiert
 - Sonst Fehlbedienung durch Nutzer*innen möglich
 - Weniger Reparaturen erforderlich (siehe Foto)



© aap.architekten



© Unilux



Verschattung durch bauliche Maßnahmen

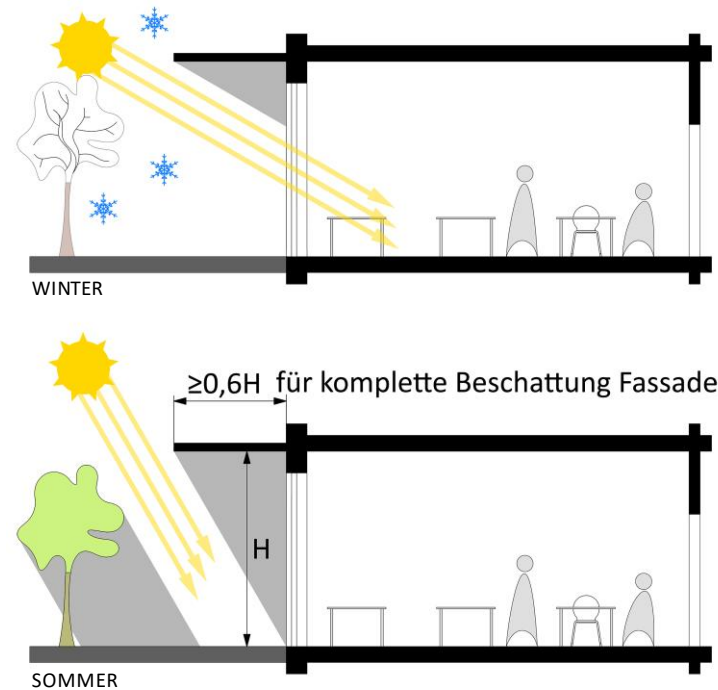
- Vordächer, Balkon, Laubengänge
 - Wirksam nur bei reiner Süd-Ausrichtung
 - Verschattung im Winter beachten, Verlust von solaren Gewinnen
 - Ausführung am besten in Kombination mit PV Modulen



© pixapay



© aap.architekten



© aap.architekten



€€€ bis
€€€



aaparchitekten TM GmbH
www.aap.at

Schöberl & Pöll GmbH
BAUPHYSIK und FORSCHUNG

Stadt Wien | Energieplanung

Sonnenschutzglas, bedrucktes Glas, foliertes Glas

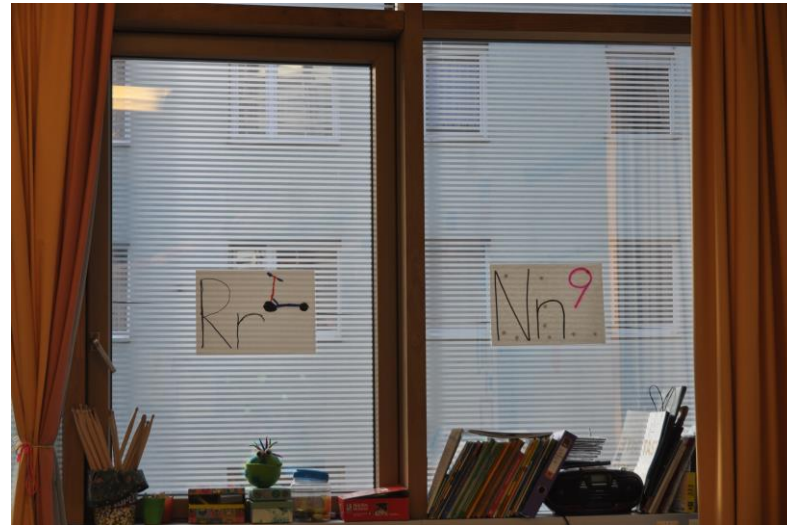
- Geringe Wirksamkeit
- Höherer Heizwärmebedarf im Winter
- Erhöhter Beleuchtungsbedarf
- Verdunkelungseffekt
- Reduktion der Durchsicht

Wichtig bei Schulen & Kindergärten

- Wird nicht empfohlen
- Nur wenn keine anderen Maßnahmen möglich, Einsatz nur in Allgemeinbereichen



© aap.architekten



© aap.architekten



Lüftung

Hygienischer Luftwechsel sicherzustellen mittels Abfuhr von

- Wärme
- Feuchtigkeit
- Gerüchen
- Schadstoffen
- Keimen und Viren
- CO₂

Mangelnde Frischluftzufuhr führt zu

- Müdigkeit
- Konzentrationsschwierigkeiten
- Befindlichkeitsstörungen
- erhöhtem Risiko zu erkranken

In Bestandsgebäuden kaum Lüftungsanlagen vorhanden

Frischluftzufuhr überwiegend mittels Fensterlüftung

In Bildungseinrichtungen oft eingeschränkt durch:

- In den Raum ragende Fensterflügel = Verletzungsgefahr
- Störende Luftbewegung im Raum
- Absturzgefahr von Kindern
- Problematik geöffneter Fenster in nutzungsfreien Zeiten
 - Regen- und Witterungsschutz
 - Einbruchsschutz

Lüftung

• Natürliche Lüftung

Durch Druckunterschied innen/außen
Kann durch Kaminwirkung verstärkt werden
Abkühlung durch Einströmen kühlerer Außenluft

- Fensterlüftung
- Öffnen von Oberlichtern und Lichtkuppeln
- Schachtlüftung

• Mechanische Lüftung

Einbringen von Luft in Innenräume unterstützt durch Ventilatoren

- Umluft = Bewegung der Luft im Inneren
- Zuluftsystem = Einbringen von Außenluft
- Beide Systeme können mit einer aktiven Kühlung der Luft verbunden sein
- Abluftsystem = Absaugung der Raumluft und Nachströmen über Zuluftöffnungen
- Optimal: Komfortlüftungsanlage mit Zu- und Abluft
- Einsatz für Nachtlüftung möglich



© aap.architekten

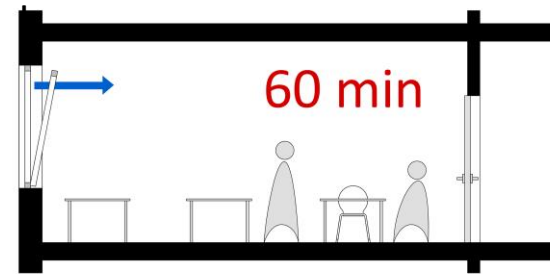
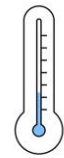


© aap.architekten

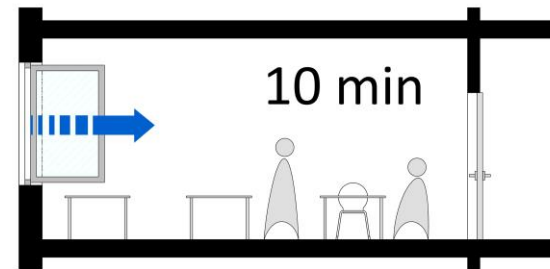
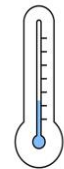
Natürliche Lüftung

- Fensterlüftung nur bei kühleren Außentemperaturen
 - Öffnen durch Nutzer*in manuell
 - Nach persönlichem Empfinden besser mittels Innen- Außenthermometer (Mini-Wetterstation)
 - Intervalle (z.B. alle 20 min)
 - Lüftungsampel
 - + „Freiheit der Nutzer*innen“
 - + Bezug zum Außenraum
 - Wärmeeintrag wenn außen wärmer
 - Unregelmäßige Lüftung
 - Öffnung nur wenn Nutzer*in anwesend
 - Eintrag von Lärm und Schadstoffen
 - Zugserscheinungen in Fensternähe
- Fensteröffner
 - Händische Schaltung
 - Automatisch angesteuert (CO₂, Zeit)
 - + Lüftung in Zeiten ohne Nutzung möglich
- Fensterlüfter in Rahmen
 - Dauerlüftung, meist nicht steuerbar

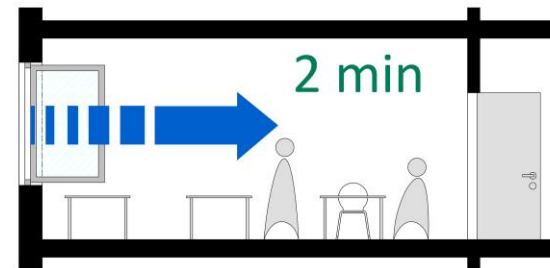
Ungefähre Dauer des Luftwechsels im Raum je nach Öffnung von Fenster und Türe



Fenster gekippt



Fenster ganz geöffnet



Fenster und Türe geöffnet



Natürliche Lüftung

• Öffnen von Oberlichtern

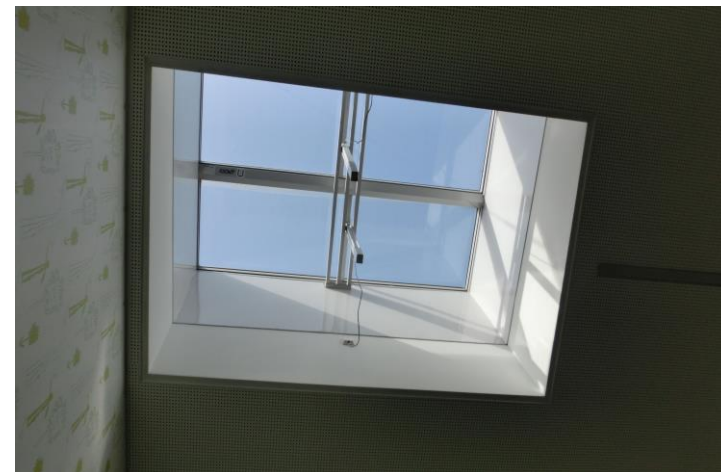
- Hochliegende Oberlichter und Lichtkuppeln meist nur in allgemeinen Bereichen wie Aula und Stiegenhäusern vorhanden
- + gute Lüftungswirkung (Kamineffekt)
- Regensensor oder Witterungsschutz nötig



© aap.architekten

• Automatische Steuerung anstreben

- CO₂ Sensoren
- Zeitschaltung
- Regensicherung
- Temporäre manuelle Übersteuerung ermöglichen
- + Öffnung in nutzungsfreien Zeiten möglich (Nachtlüftung)
- + Bei Sanierung mittels Funksteuerung möglich

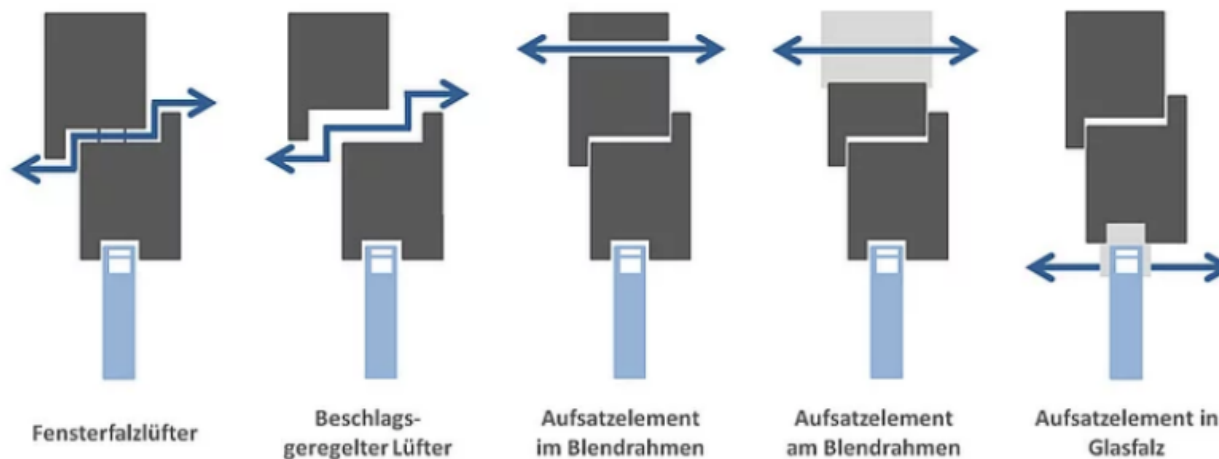


© aap.architekten



Natürliche Lüftung

- Fensterlüfter
- In Fensterrahmen oder Falz eingebaute Lüftungsöffnungen.
 - Meist nur einfache Regelung Auf/Zu
 - Durch beschränkte Querschnitte geringe Luftmenge, daher für Abkühlung von Räumen kein relevanter Beitrag
 - Unkontrollierte Lüftung auch bei heißen Temperaturen



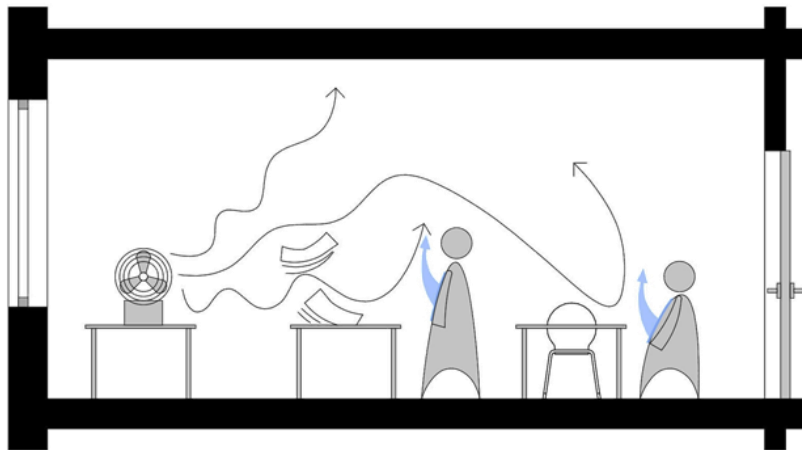
Schematische Darstellung unterschiedlicher Arten von Fensterlüftern (Grafik: energie-experten.org)



Mechanische Lüftung

Umluftsysteme

- Umwälzen der Luft im Raum, Raumluft wird nicht ersetzt
- Wenn nicht mit aktiver Kühlung kombiniert, geringer Kühleffekt durch verstärkte Verdunstung auf der Haut
- Bei geöffnetem Fenster Unterstützung der natürlichen Lüftung
- Verteilung von Keimen und Viren



© aap.architekten

• Ventilatoren

- Decken- oder Einzelventilatoren
 - + relativ kostengünstig
 - Luftverwirbelungen
 - Verletzungsgefahr durch rotierende Flügel
 - Stolpergefahr durch Stromkabel von Einzelventilatoren

• Luftreiniger

- Mobile oder stationäre Anlagen
- Dimensionierung abhängig von Einsatzbedingungen
- Kostengünstige Geräte sehr laut
- Es werden nicht alle Verunreinigungen entfernt (z.B. CO₂, chemische Belastungen, Staub, etc.)
- Ersetzt nicht die Frischluftzufuhr durch Fensterlüften
- Zu beachten ist:
 - Filterleistung, Filterentsorgung
 - Gerät darf im Betrieb keine Schadstoffe abgeben (Vorsicht bei Luftreiniger mit chem. Substanzen, Bioziden oder Ozon)
 - Schallemissionen
 - Wärmeabstrahlung (Interne Lasten)



Mechanische Lüftung

System mit Frischlufteinbringung (Komfortlüftungsanlage)

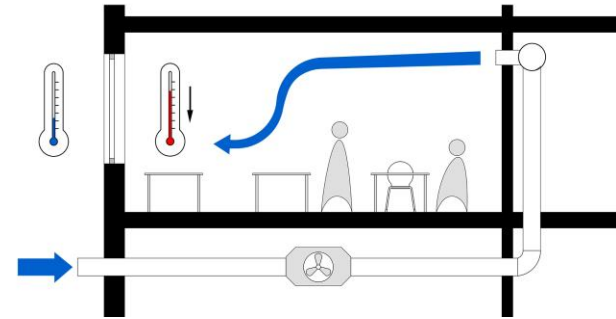
- + Zuluffführung bedarfsgesteuert möglich
- + Sicherstellung des erforderlichen Luftwechsels
- + Feuchterückgewinnung möglich
- + Wärme-/ Kälterückgewinnung
- + Sommerbypass

- Hohe Installationskosten
- Energiekosten
- Wartung erforderlich

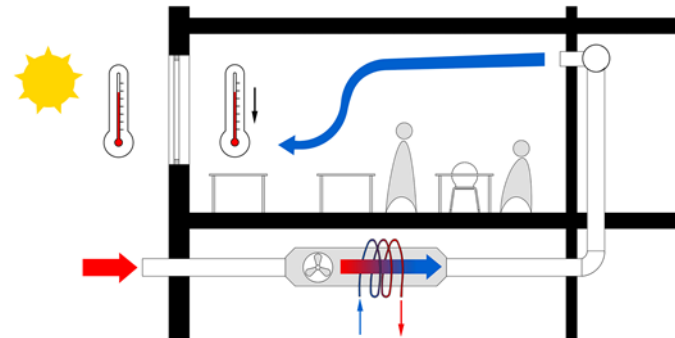
Eine dichte Gebäudehülle ist Voraussetzung

Zur Vermeidung von störenden Geräuschen und Zugserscheinungen:

- Geräte mit geringem Eigengeräuschpegel < 25 dB(A) (Quelle Passivhaus Institut)
- Auswahl entsprechender Rohrdurchmesser
- Luftgeschwindigkeit $\leq 1,5\text{m/s}$ am Auslass
- Einbau von Schalldämpfern



Lüftungssystem mit
Wärmerückgewinnung (WR)
wenn Außenluft kühler ->
Sommerbypass



Lüftungssystem mit
Wärmerückgewinnung (WR)
WR Nutzung der kühleren
Innenluft, optional mit aktiver
Kühlung kombinierbar

© aap.architekten

Mechanische Lüftung

- Lüftungsgerät zentral
Ein zentrales Gerät für mehrere Räume.
Aufstellung in gesondertem Haustechnikraum
oder auf dem Dach.
 - + Keine Geräuschbelästigung im Raum
 - + nur ein Gerät zu warten
 - Bei nachträglichem Einbau große Eingriffe im Gebäude erforderlich
 - Für Zentralgerät Aufstellungsraum erforderlich



© aap.architekten



© aap.architekten



€ € € bis
€ € €



aaparchitekten ^{27. Generation}
www.aap.at

Schöberl & Pöll GmbH
BAUPHYSIK und FORSCHUNG

Stadt Wien | Energieplanung

Mechanische Lüftung

- Lüftungsgeräte dezentral
 - Dezentrale Geräte für einzelne Räume oder Raumgruppen. Montage an der Außenwand direkt im Raum.
 - + Raumweise Steuerung
 - + Keine aufwendige Verrohrung
 - + Nachträglicher Einbau ohne große baulichen Eingriffe möglich
 - Schalltechnisch hochwertige Geräte erforderlich, um Störungen durch Geräusche zu vermeiden
 - Höherer Wartungsbedarf für mehrere Geräte



© aap.architekten



€ € € bis
€ € €



aaparchitekten ^{27. Generation}
www.aap.at

Schöberl & Pöll GmbH
BAUPHYSIK und FORSCHUNG

Stadt Wien | Energieplanung

Mechanische Lüftung

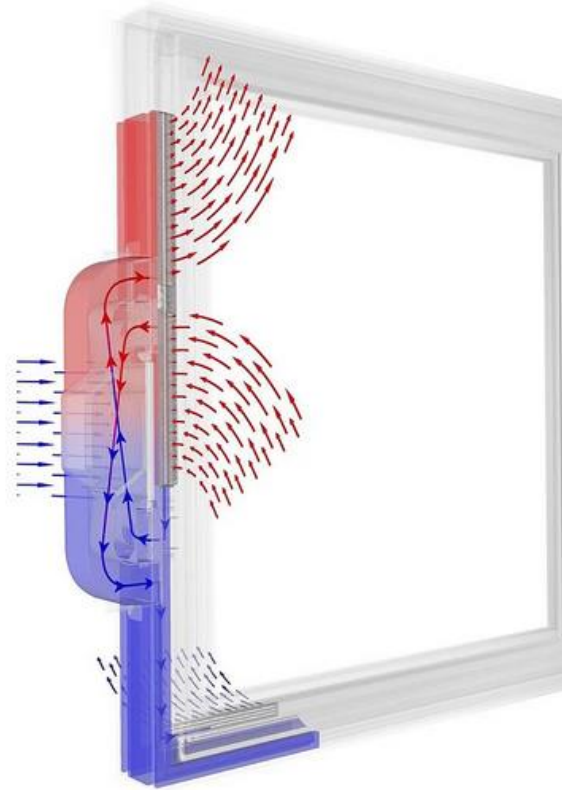
• Lüftung im Fenster

Dezentrale Geräte für einzelne Räume in Fensterelemente eingebaut

Geräte mit effizientem Wärmetauscher wählen!

- + einzelne Steuerung
- + In Kombination mit Fenstertausch wirtschaftliche Lösung
- Schalltechnisch hochwertige Geräte erforderlich, um Störungen durch Geräusche zu vermeiden
- Wartungsbedarf für mehrere Geräte

Verwendung nur im Sanierungsfall wenn der Einbau einer Lüftungsanlage nicht möglich ist!



© Internorm



Nachtlüftung

Abkühlung durch nächtliche
Einbringung der kühleren Außenluft

Effizienz abhängig von

- Anordnung der Öffnungen
- Größe der Öffnungen
- Temperaturdifferenz innen/außen (wenn die Nachtabkühlung schwach ist, ist auch Effekt der Nachtlüftung vermindert)
- Luftbewegung (Wind/Windstille)

Systeme für Nachtlüftung

- „Brandrauchentlüftungen“ nützen
- Fenster/Oberlichten/Lichtkuppeln statisch
- Fenster/Oberlichten/Lichtkuppeln mechanisch unterstützt
- Nachtlüftung über Lüftungsanlage
- Lüftung Gebäudekern (Stiegenhaus)

Speziell bei Schulen & Kindergärten

- Einbruch- und Witterungsschutz bedenken
- Arbeitsmaterialien täglich sichern (Wind/Durchzug)
- Organisatorische und ggf. gesetzliche Rahmenbedingungen schaffen

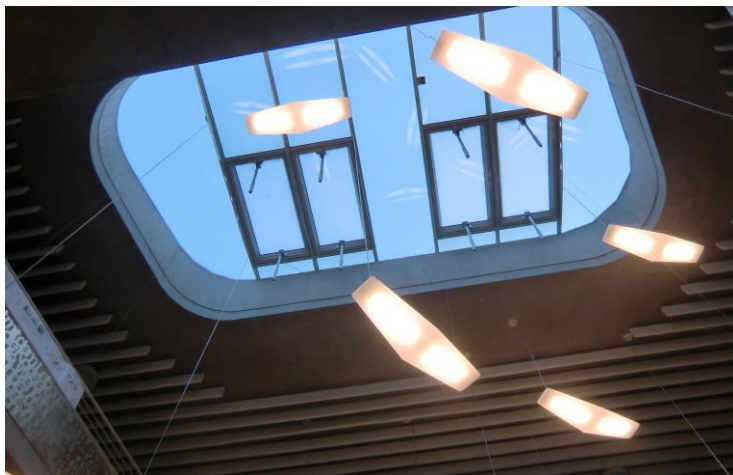


© aap.architekten

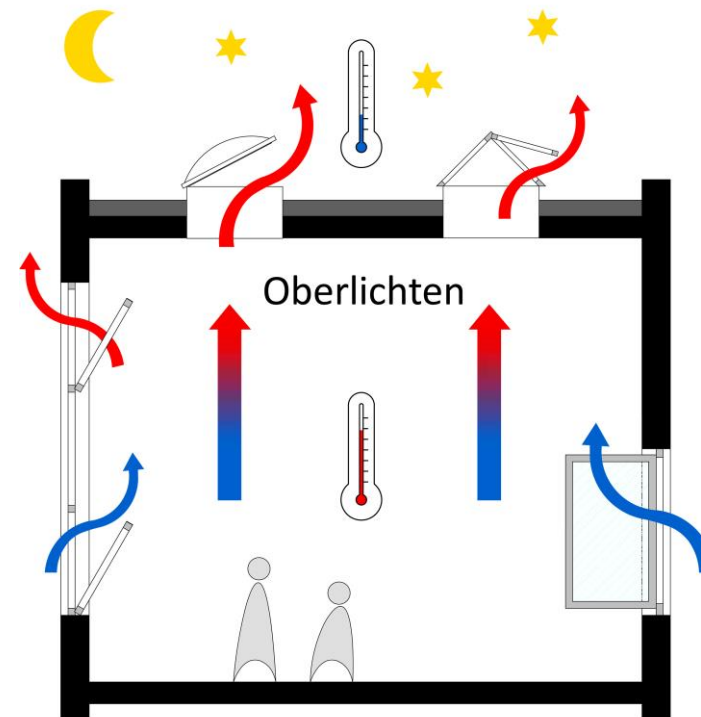
Nachtlüftung über Fenster / Oberlichten

Statische Nachtlüftung

- Lüftung über hohe Räume (Stiegenhaus, Aula)
- gesteuerte Öffnungen im unteren und oberen Bereich (z.B. Öffnung im Erdgeschoß und Steuerung der vorhandenen Brandrauchentlüftung im obersten Geschoß)
- Temperatursensoren, Regen- und Windwächter notwendig
- geringer Aufwand



© aap.architekten



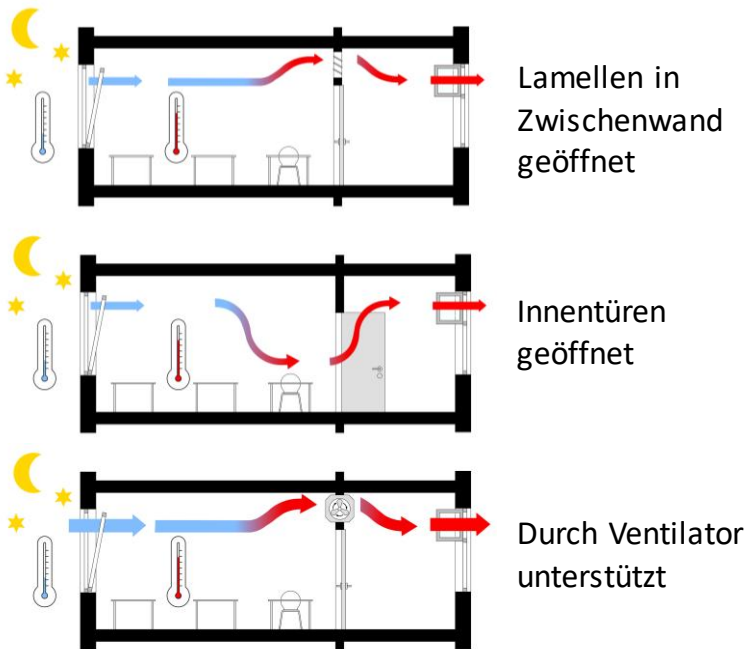
© aap.architekten



Nachlüftung über Fenster / Oberlichten

Querlüftung

- Öffnung einzelner Fenster in Klassenräumen
- Steuerung und Fenstersicherungen (Alarmanlage oder mechanische Sicherung)
- Querlüftung über Gangtüren (Türstopper) oder andere Öffnungen (z.B. Lamellen) möglich
- Brandschutzkonzepte beachten!
- relativ hoher Aufwand, mittlerer Nutzen

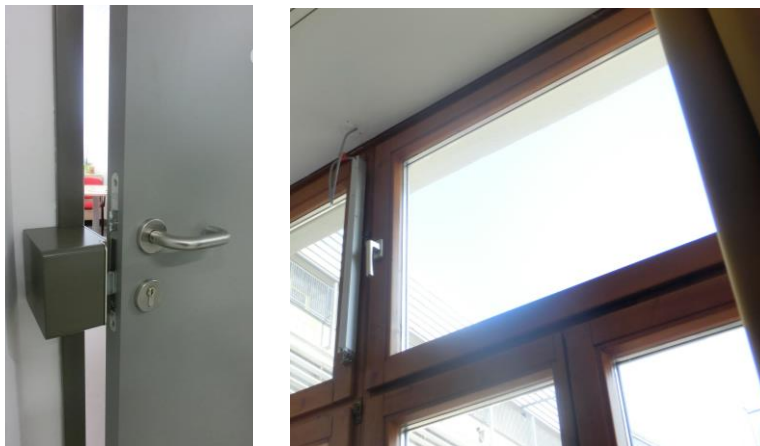


© aap.architekten



© Schöberl & Pöll GmbH

Abbildung: Lüftungs-Lamellen, z.B. zwischen Klassen und Gang, öffnen nachts automatisch (Querlüftung)



© aap.architekten

Abbildung: Türe geöffnet mit Öffnungsbegrenzer, z.B. zwischen Klassen und Gang, Oberlichten öffnen nachts automatisch (Querlüftung)



aaparchitekten ^{27.09.11}
 www.aap.at

Schöberl & Pöll GmbH
 BAUPHYSIK und FORSCHUNG

Stadt Wien | Energieplanung

Einbruchschutz bei Nachtlüftung über Fenster

- Fenstergitter
- Tageslichtrollladen
 - Lüftung über Zwischenräumen zwischen Lamellen
- Kippsicherung
- Alarmanlage
 - Vorgabe MA 68 (Rathauswache) = Fallensystem mit Bewegungsmelder
 - Achtung: Raumüberwachung durch Bewegungsmelder kann zu Fehlalarmen führen!
 - Besser ist Überwachung der öffnenbaren Flügel durch Kontakte - Alarm wird ausgelöst, wenn Fenster gewaltsam geöffnet wird
- Parallel-Abstell-Fenster
 - Fenster wird parallel nach innen verschoben, Spaltlüftung über 6 mm Spalt rundum, Einbruchschutz ähnlich wie im geschlossenen Zustand



© ABUS August Bremicker Söhne KG



© Valetta

Nachtlüftung mit Lüftungsanlage

- mit automatisch geregelttem Sommerbypass
- Wirkungsgrad bei mechanischer Nachtlüftung ident mit Kältemaschine (Quelle: Passivhaus Institut), aber schlechter als Nachtlüftung über Fenster/Oberlichten
- wenn Lüftungsanlage vorhanden, geringer Aufwand



© aap.architekten



Aktive Kühlung

Exponiert, verglast, dicht belegt

In besonders exponierten Räumen, Räumen mit großem Verglasungsanteil der Außenwände oder sehr hoher Personenzahl kann trotz Ausschöpfen der passiven Maßnahmen wie Verschattung oder Nachtlüftung ein Restkühlbedarf bestehen. Dieser kann mittels aktiver Kühlung abgedeckt werden.

Bei aktiver Kühlung wird mittels Kältemaschine dem Gebäude Wärme entzogen und nach Außen abgeführt.

Energieaufwand

Der Energieaufwand dafür ist je nach System relativ hoch.

Es ist darauf zu achten, dass die Energie zur Kühlung mit erneuerbaren Energien abgedeckt wird.

Deshalb gilt generell

- zuerst alle passiven Maßnahmen (Verschattung, Reduktion interner Lasten, organisatorische Maßnahmen, Nachtlüftung, Lüftung) ausschöpfen
- erst dann den verbleibenden, geringen Kühlbedarf mittels aktiver Kühlung decken

Systeme für aktive Kühlung

- Zentrales System
 - Fernkälte
 - Hocheffiziente Kältemaschine
 - Hybrid-System (Kältemaschine/Wärmepumpe/Fernwärme)
 - Wärmepumpe mit Geothermie/Grundwasser
- Dezentrales System

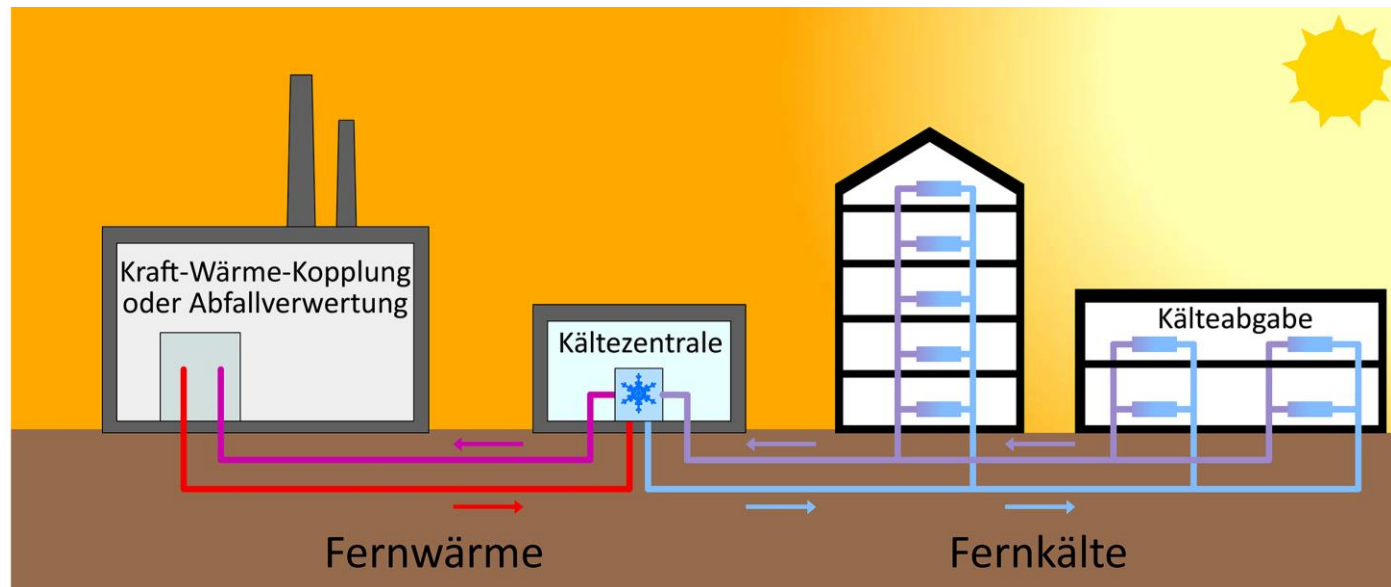
Zentrales System

- Fernkälte
 - Für Schulen/Kindergärten die bereits an das Fernkältenetz angeschlossen sind
- Höchst effiziente Kältemaschine
 - Kältemaschine und Photovoltaik-Anlage installieren
 - Kältemaschine läuft wenn PV-Anlage Strom produziert

Hybrid Kältemaschine mit Fernwärme

- Am Besten Rückkühler der Kältemaschine durch Wärmepumpe und Einspeisung durch den Vorlauf der Fernwärme ersetzen

Die Spreizung in der Bewertung von Kosten und Ökologie resultiert aus der Bandbreite zwischen der Mitnutzung eines bestehenden Fernwärmesystems durch Fernkälte und der Nachrüstung eines kompletten Systems im Bestand.



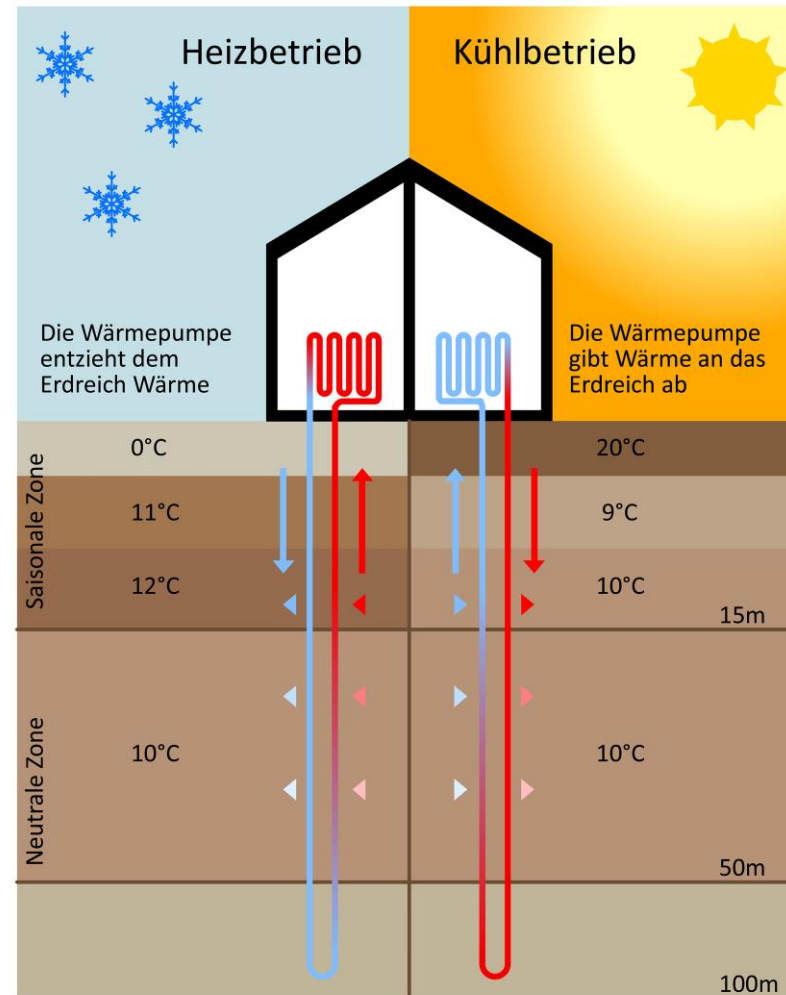
Zentrales System

Es ist darauf zu achten, dass die Energie zur Kühlung mit erneuerbaren Energien abgedeckt wird.

- **Wärmepumpe**
 - Dabei wird das Funktionsprinzip der Wärmepumpe – die Aufnahme von Wärme aus der Umwelt und die Abgabe an das zu beheizende Gebäude – umgedreht. Das Gebäude wird sozusagen zum Kühlschranks.
 - Free cooling oder Deckung Stromverbrauch idealerweise mittels Ertrag PV-Anlage
 - Mittels Geothermie oder Grundwasser

Wärmeabgabe ins Erdreich nur in Kombination Heizen mit Kühlen möglich. Auf eine ausgeglichene Energiebilanz im Erdkörper ist zu achten.

Die Spreizung in der Bewertung von Kosten und Ökologie resultiert aus der Bandbreite zwischen der Mitnutzung eines bestehenden Fernwärme-systems durch Fernkälte und der Nachrüstung eines kompletten Systems im Bestand



© aap.architekten



Einbringung der Kühlung

- Dämmung der Kälteleitungen deutlich höher als derzeitiger Standard
- Einbringung über Kühldecken
 - Behaglichkeit
 - durch Flächensystem höhere Vorlauftemperaturen möglich (=Energieeffizient)
- Steuerung
 - Kühldecke startet nur wenn Verschattung aktiviert und Fenster zu sind
- Nicht über Split-Geräte



© Schöberl & Pöll GmbH

Dezentrale Systeme

Split-Geräte

Innen- und Außengerät, verbunden über eine Kältemittelleitung
Kaltluft wird vom Innengerät in den Innenraum eingebracht

Vermeiden! Einsatz nur wenn alle passiven Maßnahmen ausgeschöpft wurden und wenn zentrale Kühlung absolut nicht möglich ist.

- Leitfaden „Schallschutz haustechnischer Anlagen mit Dauergeräuschen“ einhalten
- Genehmigung durch MA19 erforderlich
- Geräuschentwicklung der Außengeräte berücksichtigen (Anrainer, Nähe zu Lern- und Aufenthaltsräumen)
- Aufheizen des Außenraumes durch Wärmeabgabe im unmittelbaren Nahebereich des Gebäudes
- Energieeffizienz wird durch Seasonal Energy Efficiency Ratio (SEER) ausgedrückt.



© Pixabay



© Pixabay



Adaptionen Außenhülle

Dämmung

Reduktion des Wärmeeintrags über opake Flächen, durch Wärmedämmung der Gebäudehülle:

- Außenwände und Fenster
- Oberste Geschoßdecke / Dach

Die Ertüchtigung der Außenhülle kann sommerliche Überhitzung verbessern, besonders bei sehr schlecht gedämmten Gebäuden.

Verschattung und weitere Maßnahmen im Zuge der Sanierung mitdenken!



© Schöberl & Pöll GmbH

nachher



© Schöberl & Pöll GmbH

vorher

Reflexionsgrad

Anteil der auf eine Fläche fallenden Strahlung, der von einem Bauteil zurückgestrahlt wird.

Helle Farben reduzieren die Erwärmung von Flächen bzw. Bauteile durch einen höheren Reflexionsgrad.



Verschattung der Außenbereiche

- **Gebäudenahe Flächen**
Beschattung von Terrassen, Hofflächen, Dachterrassen
- **Gebäudeferne Flächen**
Beschattung von Spielplätzen, Sportbereichen
- **Beschattete Sitzgelegenheiten**
Sitzbereiche in unmittelbarer Gebäudenähe und im Freibereich



© pixapay

Aufenthaltsqualität

Steigerung durch Nutzung der Flächen an heißen Tagen mittels beschatteten Sitz und Spielmöglichkeiten

+ Mikroklima

Verbesserung durch Bepflanzung, Wasserflächen und Vermeidung von versiegelten Flächen

+ Witterungsschutz

Nutzungsmöglichkeit bei Regen und Schnee

+ Freiklassen

Erweitertes Raumangebot von Lernräumen

+ PV-Paneele

Nutzung von Beschattungselementen zur Erzeugung von erneuerbarer Energie

- Beschattung im Winter

Reduzierung der solaren Gewinne durch bauliche Elemente

- Hitzestau

Gefahr durch verminderte Luftzirkulation

Verbesserung des Mikroklimas

Oberflächen Aufhellung/Begrünung

+ Verminderung der Aufheizung von Oberflächen

+ Verminderung der nächtlichen Wärmeabstrahlung



© aap.architekten

- **Aufhellen von Oberflächen**

Helle Farben für Fassaden und Bodenflächen haben positive Auswirkung auf das Reflexionsvermögen und die aufgenommene Strahlungsenergie

- **Reduzierung versiegelter Flächen**

- Versiegelte Flächen können kein Wasser verdunsten und somit nicht zur Kühlung der Luft beitragen
- Versiegelte Flächen sind als Standort für Pflanzen ungeeignet und fallen somit als Wasserverdunster und Schattenspende weg

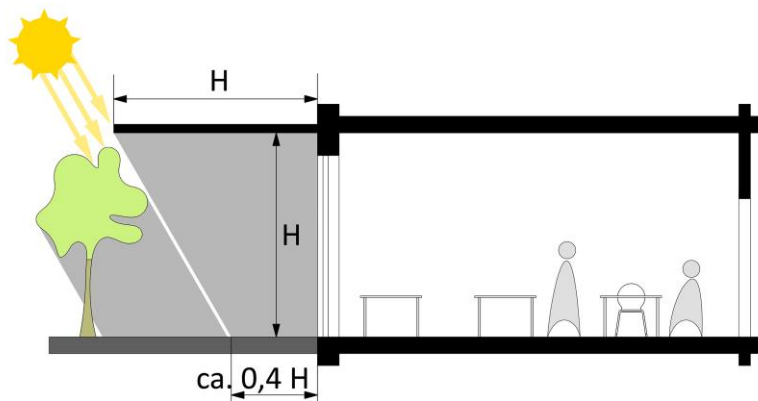
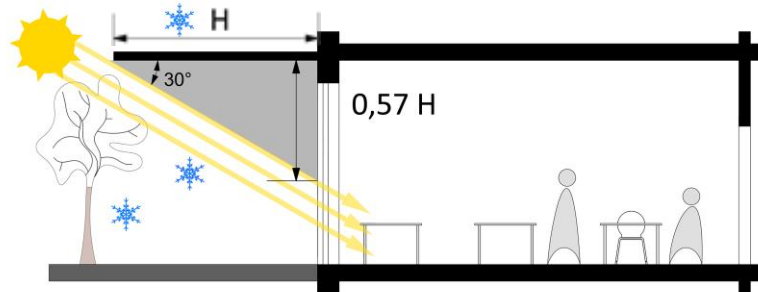
- **Dachbegrünung**

- Auswirkung auf Mikroklima, Luftfeuchtigkeit und Kühleffekt

Beschattung gebäudenaher Flächen

Fixe Beschattungselemente

- Vordächer, Überdachungen
- Pergola
- Auskragende Gebäudeteile

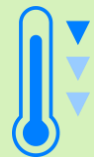


© aap.architekten

- Ausreichende Tiefe erforderlich um Sitzbereich zu beschatten
- Tiefe abhängig von Höhe
Unterkante Element
Ausreichende Beschattung nur bei hoch stehender Sonne im Sommer
- Abhängig von Himmelsrichtung
Südseitig bzw. Abweichung von ca. 20°



© aap.architekten



Beschattung von gebäudenahen Flächen

Fixe Beschattungselemente

Vordächer, Überdachungen

- Richtige Materialauswahl
 - Farbe und Oberflächenstruktur beeinflussen thermisches Verhalten
 - Glas als transmittierendes Material lässt nur die eintreffende nicht aber die ausgehende Strahlung durch – Gefahr von Treibhauseffekt
 - Transparente PV-Paneele, Synergie von Beschattung und Stromerzeugung nutzen

Pergola, Rankhilfen

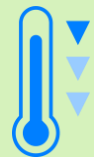
- Bepflanzung wählen, die Laub im Winter verliert, um die solaren Gewinne zu erhöhen
- Regelmäßiges Gießen oder automatische Bewässerung erforderlich

Auskragende Gebäudeteile

- Berücksichtigung bei Neubau
- Vorgestellte Balkone oder Terrassen als nachträglicher Zubau möglich, Brüstungen mittels PV-Paneele



© aap.architekten



Beschattung von gebäudenahen Flächen

Temporäre Beschattungselemente

• Sonnensegel

- + Kann größere Bereiche beschatten
- + Kann in größerer Höhe angebracht werden
- + Bei geeigneter Stoffwahl auch Regenschutz
- + Beschattung des Innenraumes im Sommer, Nutzung der solaren Gewinne im Winter
- Aufwendige Befestigungskonstruktion
- Nur bis zu Windgeschwindigkeiten von 40 km/h geeignet (Herstellergarantien)
- Bei manueller Bedienung aufwendig
- Kostenintensiv

• Markisen

- + Kann leicht aus- und wieder eingefahren werden (elektrisch oder manuell)
- + Beschattung des Innenraumes im Sommer, Nutzung der solaren Gewinne im Winter
- + Bei geeigneter Stoffwahl auch Regenschutz
- Größe beschränkt durch Auskragung
- Montage am Gebäude erforderlich
- Bei Wind nur bedingt nutzbar



© aap.architekten



Beschattung von gebäudenahen Flächen

Temporäre Beschattungselemente

- **Sonnenschirme**
 - + Verwendung an mehreren Standorten
 - + Keine Befestigung am Gebäude erforderlich
 - + Einfach bedienbar
 - + Kostengünstig
 - Nur begrenzte Schattenfläche
 - Schirm muss immer dem Sonnenstand angepasst werden
 - Verschieben des Schirms bei großen Schirmen aufwendig
 - Windanfällig, Verletzungsgefahr



© pixabay

Beschattung von gebäudefernen Flächen

Beschattung von Spiel- und Sportflächen, Sitzbereichen und Wegen

- Verminderung der Aufheizung von Oberflächen
- Reduzierung der Wärmeabgabe in der Nacht
- Nutzbare Flächen auch an heißen Tagen



© aap.architekten

Fixe Beschattungselemente

- Pergola, Pavillon
- Flugdächer mit PV-Paneelen
- Bäume

Temporäre Beschattungselemente

- Sonnensegel
- Sonnenschirme
- Mobile Freiraummöbel

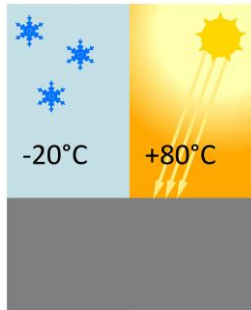


© aap.architekten

Dachbegrünungen

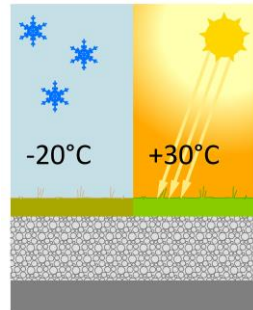
Thermische Belastung der Dachfläche

ohne
Begrünung



© aap.architekten

mit
Begrünung



Wasserkreislauf

ohne
Begrünung

geringe Verdunstung
5 - 20%



© aap.architekten

mit
Begrünung

hohe Verdunstung
50-99%



Auswirkung von Dachbegrünung auf die Umgebung

- **Mikroklima**

Verbesserung durch Ausgleich von Temperaturextremen

- **Erhöhung der Luftfeuchtigkeit**

- **Abkühlungs- und Befeuchtungseffekt**

abhängig von der Blattmasse pro m²

extensiv begrünte Dächer geben an einem Sommertag ca. 3 l/m² ab

intensiv begrünte Dächer geben an einem Sommertag ca. 30 l/m² ab

- **Kühleffekt**

vor allem in Räumen unterhalb oder angrenzend an begrünte Dächer

die Spitzentemperaturen können sich bis zu 5°C verringern (Baunetz Wissen)

Dachbegrünung - extensiv



© aap.architekten

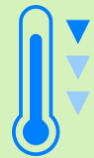
- **Ökologische Ausgleichsflächen**
Bienenweide am Dach
- **Beitrag zur Stadtklimatisierung**
Abhängig von Aufbau und Bepflanzung
- **Aufstellfläche für PV-Anlagen**
- **Positiver Effekt bei Starkregen**
Verzögerter Ablauf, verringert Belastung von Kanälen
- **Erscheinungsbild**
wie natürliche, ungenutzte Flächen

Bauliche Maßnahme

- Mindestens 19 cm Aufbauhöhe
- Moos-Sedum bis Gras-Kraut Begrünung
- Überprüfung des Bestandsdaches und der Statik erforderlich
- Bauliche Maßnahmen im Vorfeld der Begrünung sind erforderlich
- Anwuchsbewässerung erforderlich
- geringer Pflegebedarf, 1-2 Wartungsgänge pro Jahr



© aap.architekten



Dachbegrünung - intensiv



© aap.architekten

- **Zusätzliche Lern- und Freizeitangebote**
Freiklassen, Schulgarten
- **Vermeidung von Überhitzung**
zusätzlich zu anderen Maßnahmen, Kühlung durch Verdunstungsleistung der Pflanzen
- **Wärmeabsorption**
erhöht sich gegenüber extensiver Begrünung
- **Regenwasserrückhaltung**
erhöht sich gegenüber extensiver Begrünung
- **Regenwassernutzung**
erhöht sich gegenüber extensiver Begrünung



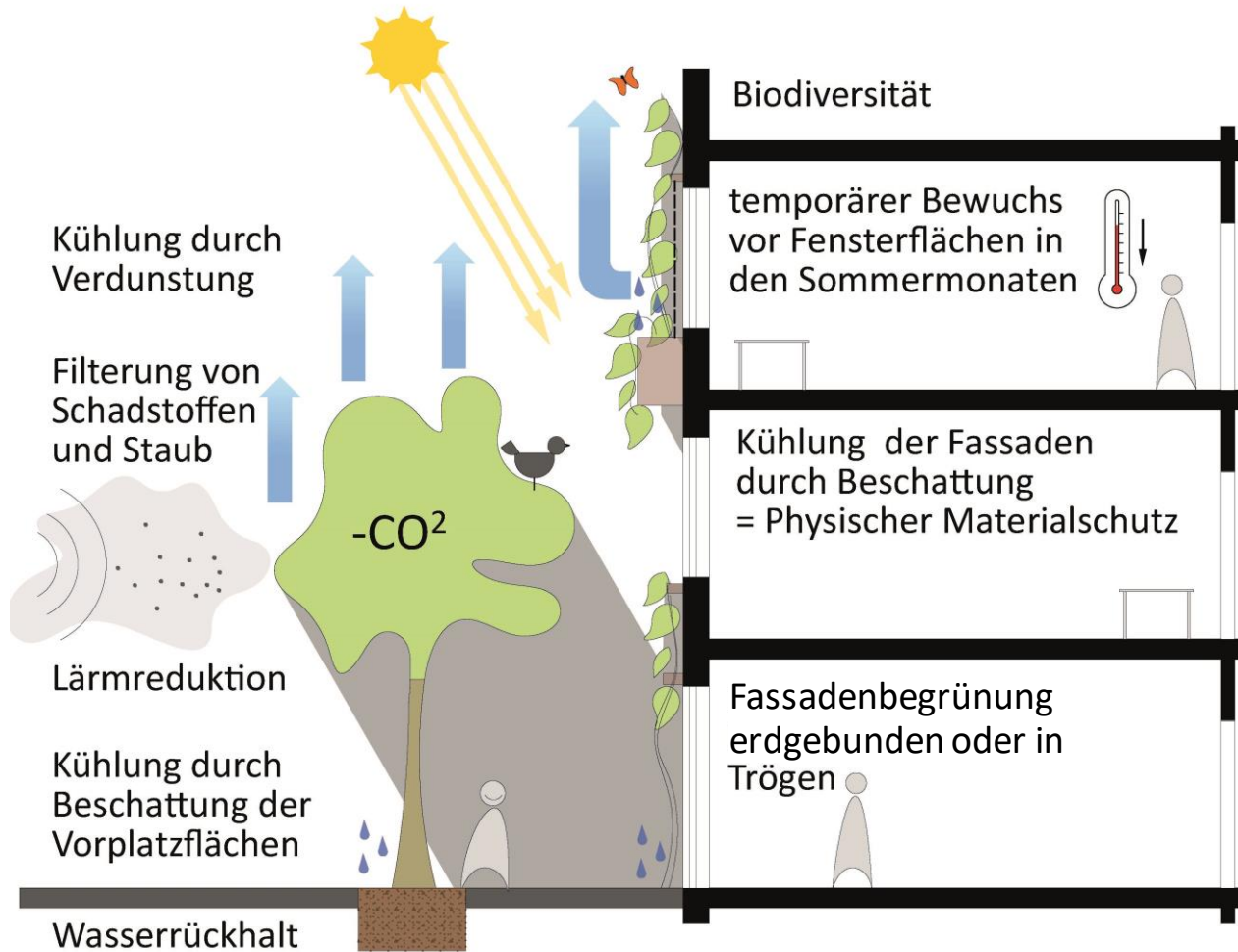
© aap.architekten

Bauliche Maßnahme

- statische Untersuchung zur Tragfähigkeit der Dächer
- Geländer, Stiegen erforderlich
- Erhöhter Bedarf an Gartenpflege (allenfalls sinnvolle Beschäftigung für Lern- und Freizeit)
- mind. 20 cm Substrat für Rasen und Bodendecker
- „Wuchshöhe/10=Einbaustärke Substrat bei Gehölzen



Fassadenbegrünungen



© aap.architekten

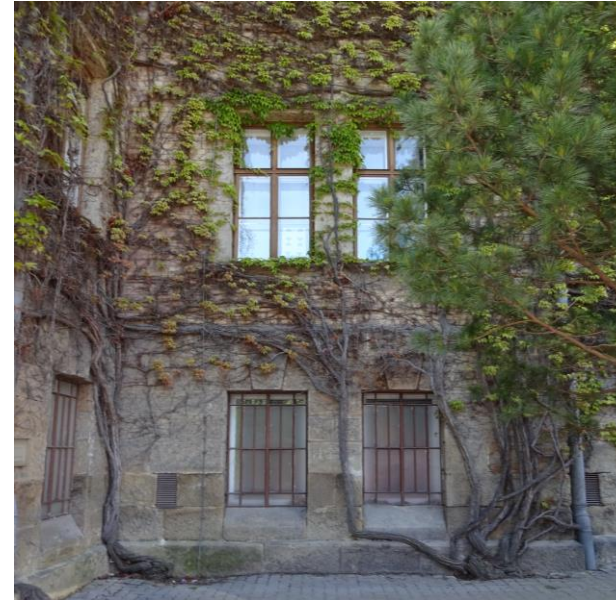
Fassadenbegrünungen

Bei begrünten Fassaden unterscheidet man entsprechend der Art und Ausführung

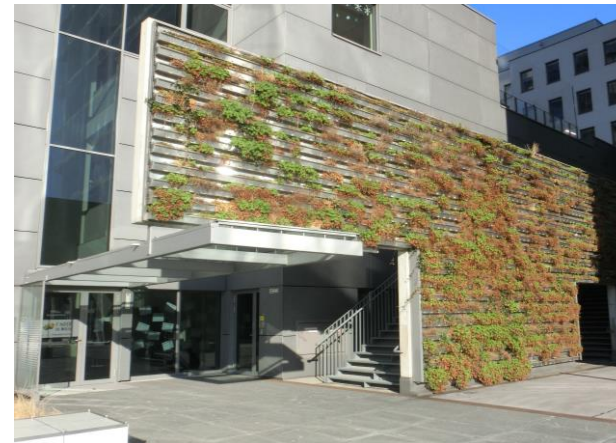
- Bodengebundene Begrünung
- Fassadengebundene Begrünung

Auswirkung von Fassadenbegrünung auf die Umgebung

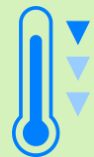
- **Mikroklima**
Abmilderung der Temperaturextreme im Jahresverlauf
- **Reduzierung der Fassadentemperatur**
Verringerung der Fassadenerwärmung durch die Vegetationsschicht (Blattwerk und Luftpolster)
- **Erhöhung der Luftfeuchtigkeit**
- **Positive Auswirkung auf Lufthygiene**
Herausfilterung von Luftschadstoffen durch die Bepflanzung



© aap.architekten



© aap.architekten



Berechnungen Fallbeispiele

Auswirkungen verschiedener Maßnahmen

- Fallbeispiel 1: Kindergarten, Gruppenraum

ca. 89 m², ca. 27 m² Fensterfläche, 28 Personen, Ausrichtung Fenster: O

- Fallbeispiel 2: Schule 1, Lernraum

ca. 64 m², ca. 14 m² Fensterfläche, 28 Personen, Ausrichtung Fenster: OSO

- Fallbeispiel 3: Schule 2, Lernraum

ca. 57 m², ca. 31 m² Fensterfläche, 24 Personen, Ausrichtung Fenster: S, WSW

Berechnungen Fallbeispiele - Auswirkungen verschiedener Maßnahmen

MASSNAHMEN	Fallbeispiel 1		Fallbeispiel 2		Fallbeispiel 3	
	Innen- temperatur (15.Juli) [°C]	Differenz- temperatur zur Variante ohne Maßnahmen [°C]	Innen- temperatur (15.Juli) [°C]	Differenz- temperatur zur Variante ohne Maßnahmen [°C]	Innen- temperatur (15.Juli) [°C]	Differenz- temperatur zur Variante ohne Maßnahmen [°C]
ohne Maßnahmen	45	-	41	-	52	-
Innenverschattung	-	-	-	-	-	-
Belegung: halbe Personenzahl	43	2	38	3	50	2
Sonnenschutzglas (g=0,30 dunkles Glas)	39	6	36	5	40	12
Vordach (Wirksamkeit orientierungsabhängig)	38	7	37	4	41	11
Außenverschattung (g _{tot} =0,10)	34	11	34	7	33	19
Nachtlüftung, Fenster geöffnet	33	12	32	9	38	14
Außenversch., Nachtlüftung Fenster geöffnet, Geräte u. Beleuchtung effizient*	26	19	28	13	29	23
* ähnliche Ergebnisse mit Lüftungsanlage	A+ sehr gut sommertauglich (beste Stufe)		B sommertauglich		B sommertauglich	
Außenversch., Nachtlüftung Fenster geöffnet, Geräte u. Beleuchtung effizient (15.Mai)	21	19	23	13	23	24
Außenversch., Nachtlüftung Fenster geöffnet, Geräte u. Beleuchtung effizient (15. Juni)	25	19	26	13	27	23
Außenversch., Nachtlüftung Fenster geöffnet, Geräte u. Beleuchtung effizient (15. Sept)	22	19	24	13	24	24

Fallbeispiele

FB1: Kindergarten, Gruppenraum:

ca. 89 m², ca. 27 m² Fensterfläche, 28 Personen, Ausrichtung Fenster: O

FB2: Schule 1, Lernraum:

ca. 64 m², ca. 14 m² Fensterfläche, 28 Personen, Ausrichtung Fenster: OSO

FB3: Schule 2, Lernraum:

ca. 57 m², ca. 31 m² Fensterfläche, 24 Personen, Ausrichtung Fenster: S, WSW

FB 2 und 3 haben zwischen knapp 90% und 100 % Fensteranteil an der Fassade

Rahmenbedingungen

15. Juli ist NAT 13 für Wien, gem. OIB:

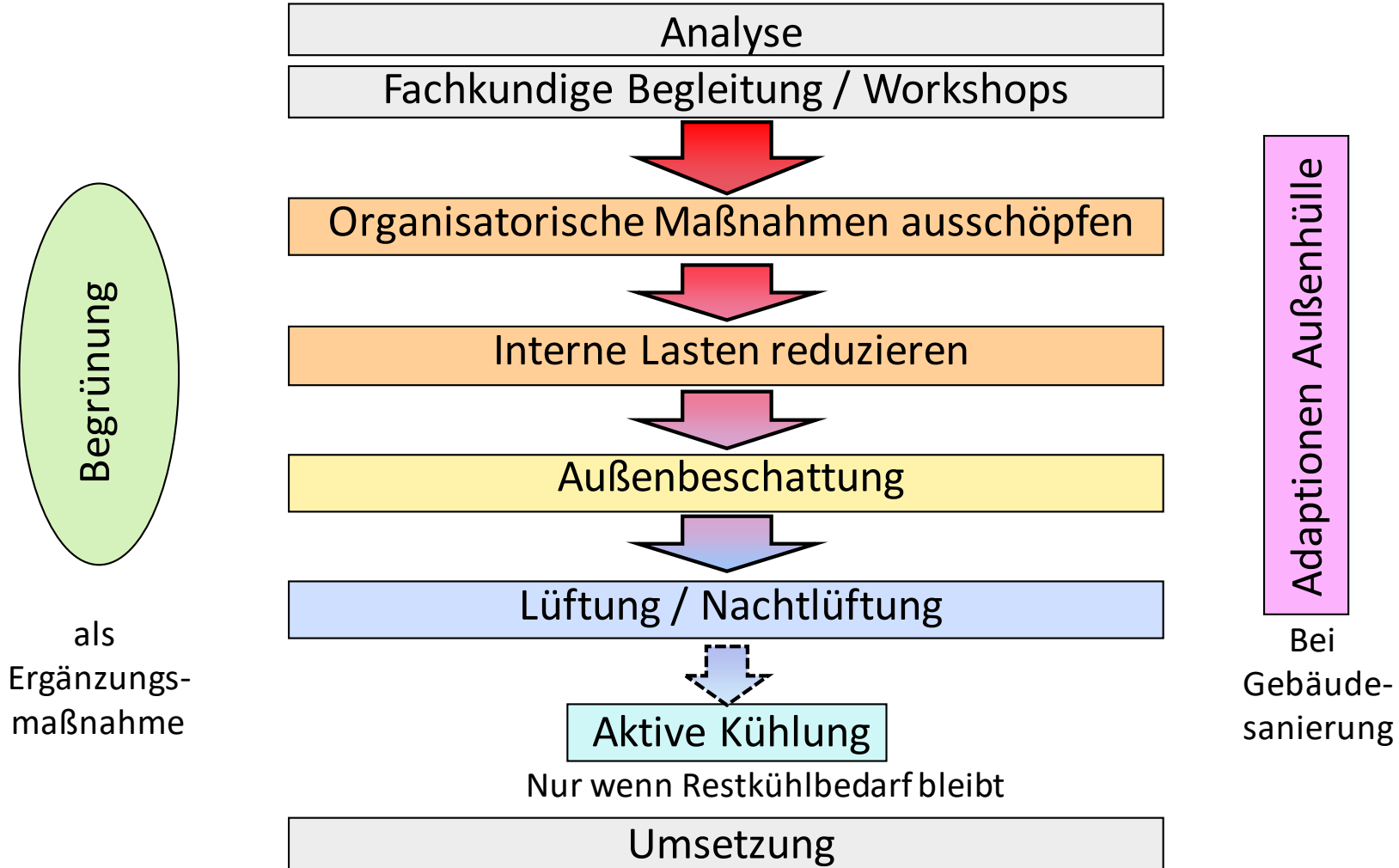
Außentemperatur mit einer durchschnittlichen Überschreitungshäufigkeit von 13 Tagen.

Berechnung mit Archiphysik 18.0.

Es wurde Fallbeispiele berechnet, bei denen im Sommer hohe Temperaturen bekannt sind.

Conclusio

Empfohlene Vorgehensweise bei Hitzeusername



Wichtig: Begleitung durch Architekt*innen und Fachplaner*innen

Empfohlene Maßnahmen

Analyse

Statuserhebung mit den Nutzer*innen: Wo wird es wann zu heiß

Begehung des Objektes mit Nutzer*innen und Fachplaner*innen

Bestandserhebung

- Orientierung (Himmelsrichtung)
- Lage im Gebäude (z.B. Erdgeschoß Einbruchsschutz)
- Raumgeometrie
- Fenstergröße/Wärmeeintrag
- Rechtliche Rahmenbedingungen (z.B. Denkmalschutz)
- Regelwerke hinterfragen (z.B. ÖISS)
- Bereits realisierte Maßnahmen
- Temperaturmessungen

Empfohlene Maßnahmen

Fachkundige Begleitung

Die Situationen, die zur Überhitzung von Bildungseinrichtungen und einzelner Raumgruppen führen, sind unterschiedlich. Maßnahmen sind daher vor Umsetzung standortspezifisch zu entwickeln.

- Fachkundige Analyse der Ausgangssituation
- Planung von Maßnahmen unter Beiziehung von Fachkundigen.
- Einschulung der Nutzer*innen zum wirksamen Umgang mit den getroffenen Maßnahmen



© aap.architekten

Empfohlene Maßnahmen

Workshops - Informationen

Alle Maßnahmen zur ressourcenschonenden Kühlung von Bildungsräumen bedürfen einer umfassenden Information der Betreiber*innen durch fachkundige Personen.

- Workshops für Entscheidungsträger*innen und Organisator*innen (z.B. Bezirksvertretungen, Fachabteilungen)
- Informationsveranstaltungen für Einrichtungsleiter*innen, Pädagog*innen, Gebäudetechniker*innen
- Workshops für Kinder und Jugendliche



© aap.architekten

Empfohlene Maßnahmen

Interne Lasten – Organisatorische Maßnahmen

- Gruppenteilungen
- Ausweichen in kühlere Gebäudeteile
- Verlegen des Unterrichtes in beschattete Außenbereiche
- Anpassen der geforderten kognitiven Leistung und von Aktivitäten an den Tagesverlauf

Interne Lasten – Beleuchtung/Ausstattung

- Leuchtentausch auf LED
- Tageslichtgesteuerte Beleuchtung und Einsatz von Bewegungsmeldern
- Einsatz von Beschattung mit Lichtlenkung
- Effiziente Geräte wählen = weniger Wärmeabgabe
- Nutzungen mit hoher Wärmeabgabe in beschattete Bereiche verlegen

Organisatorische Maßnahmen



Nutzer*innenverhalten © aap.architekten
Erweiterte Lernzonen in kühlere Bereiche



Nutzer*innenverhalten © aap.architekten
Ausweichen in kühlere Gangbereiche
(Brandschutz beachten!)



Auskragende Bauteile © aap.architekten
Nutzung der Terrasse als Freiklasse
Nutzung nahezu wetterunabhängig



Nutzer*innenverhalten © aap.architekten
Ausweichen in ungenutzte, kühlere Bereiche
Lese- und Lernzone unter Stiege



Interne Lasten



LED Beleuchtung und energieeffiziente Geräte

© aap.architekten



LED Beleuchtung und Tageslicht in Erschließungszonen

© aap.architekten



Hocheffiziente Dämmung von haustechnischen Leitungen

© aap.architekten



Empfohlene Maßnahmen

Außenbeschattung

Automatische Steuerung (Aktivierung je nach Sonneneinstrahlung, Temperaturfühler, Windwächter) vorsehen = Beschattung auch in betriebsfreien Zeiten. Übersteuerung muss möglich sein (Nutzer*innenakzeptanz).

- Schienengeführte Außenraffstores mit hoher Windbeständigkeit wählen
- Außenliegende textile Beschattung mit Reißverschluss-System, Stoffe mit hoher Beschattungswirkung wählen
- Im Denkmalschutz können Sonderlösungen erforderlich sein

Außenbeschattung



Beschattung gebäudenah
Markisen vor Lernräumen
Kein Verlust von solaren Gewinnen im Winter

© aap.architekten



Außenverschattung Fenster
Raffstores mit Lichtlenkung

© aap.architekten



Fixer Sonnenschutz
vor Fenstern im Gang

© aap.architekten

K.i.d.Z

Best practice
Beispiele



aaparchitekten ²⁷⁻⁰¹⁻⁰¹
www.aap.at

Schöberl & Pöll GmbH
BAUPHYSIK und FORSCHUNG

Stadt Wien | Energieplanung

Empfohlene Maßnahmen

Lüftung

- Natürliche Lüftung ohne zusätzliche Konditionierung der Außenluft nur wenn es Außen kühler ist. Bei längerer Durchspülung des Gebäudes mit kühler Außenluft gute Wirksamkeit. (z.B. Nachtlüftung)
Bei Öffnung durch Nutzer*in Einsatz von Miniwetterstationen zur Messung der Temperaturdifferenz vorsehen
Automatische Ansteuerung von Fensteroberlichtern und Lichtkuppeln
- Komfortlüftungen sichern die Raumluftqualität und bieten mit der Wärmerückgewinnung (Sommerbypass) die Möglichkeit die Zuluft etwas zu kühlen. Kombination mit zusätzlicher Konditionierung möglich.

Empfohlene Maßnahmen

Nachtlüftung

Lüftung des gesamten Gebäudes in den kühleren Nachtstunden
Automatisch gesteuerte Fensterflügel oder Oberlichter

- Nutzung der natürlichen Druckdifferenzen (Flügel unten/oben, Querlüftung)
- Zur Sicherstellung der Querlüftung Öffnungen in Trennwänden schaffen, wie z.B. offene Türen (sperrbare Beschläge für Spaltöffnung), Lüftungsöffnungen mit Verschlussmöglichkeit (z.B. Lamellen), wenn erforderlich Schalldämpfer einsetzen
- Temperaturgesteuert (Differenz Innen-Außen)
- Regen- und Windwächter
- Einbruchsschutz mit Reedkontakten an den offenbaren Flügeln oder über Einstiegsschutz (Gitter, Tageslicht-Rollläden)
- Bei Kombination mit Tageslichtrollläden Ansteuerung damit Lamellenzwischenräume geöffnet sind

Bei Komfortlüftungsanlage einfach durch Steuerung umsetzbar

Nachtlüftung



Oberlichten im Stiegenhauskern
angesteuert für Nachtlüftung © aap.architekten



Oberlichten in Aula
mit Motoröffner
angesteuert für Nachtlüftung © aap.architekten



Fensterlüften
Lamellen als Absturzsicherung,
Einbruchschutz, Lüften in der Nacht möglich © aap.architekten



Empfohlene Maßnahmen

Aktive Kühlung

Einsatz nur nach Ausschöpfen aller passiven Maßnahmen

- Zentrale Systeme mit Kälte aus Fernkälte oder Wärmepumpen mit Geothermie/Grundwasser oder hocheffizienter Kältemaschine mit Hybridsystem einsetzen.
- Einbringen der Kälte mittels Kühldecken
Durch großflächiges Einbringen nur geringe Temperaturunterschiede der Oberfläche zur Raumtemperatur erforderlich, keine Zugerscheinungen
- Hochgedämmte Kältemittelleitungen
- Kombination mit Energienutzung aus PV ist optimal
Hoher Energieertrag bei Energiebedarf für Kühlung
- Intelligente Steuerung: Kühlung nur bei geschlossenen und beschatteten Fenstern

Aktive Kühlung



Kühldecke

© Schöberl & Pöll GmbH



Steuerung

© Schöberl & Pöll GmbH



Rohrleitungs-dämmung

© Schöberl & Pöll GmbH



Photovoltaik

© Schöberl & Pöll GmbH



Empfohlene Maßnahmen

Begrünung

- Reduktion des Wärmeeintrages auf Fassaden- und Freiflächen durch Beschattungswirkung von Bäumen und Fassadenbegrünung
- Temporäre Verschattung von Verglasungen durch sommergrüne Bepflanzungen
- Durch Reduktion von versiegelten Bodenflächen geringere Oberflächentemperatur von Freiflächen
- Nutzung zusätzlicher Verdunstungskühle durch Einsatz von Wasserelementen (z.B. Teich oder Brunnen)
- Erhöhung der Aufenthaltsqualität im Freien als Ausweichfläche bei hohen Temperaturen im Gebäude

Freiflächen



Ausragender Bauteil
Vorplatz vor Schule + Kindergarten

© aap.architekten



Vordach / Pergola - gebäudenah
Lamellenkonstruktion vor Kindergarten

© aap.architekten



Vordach + Außenbeschattung +
Extensives Gründach mit PV-Modulen

© aap.architekten



Aufenthaltsbereich - gebäudefern
Beschatteter Sitzplatz / Weidenzelt

© aap.architekten

K.i.d.Z

Best practice
Beispiele



aaparchitekten ^{27.09.11}
www.aap.at

Schöberl & Pöll GmbH
BAUPHYSIK und FORSCHUNG

Stadt Wien | Energieplanung

Empfohlene Maßnahmen

Umsetzung

Auf Basis der Berechnungen zur Hitzereduktion Realisierung der empfohlenen Maßnahmen.

Monitoring vorher/nachher bei ausgewählten Mustersanierungen

Folgende Umsetzungsmöglichkeiten ergeben sich:

- Projekte des aktuellen SUSA (Schulsanierung)-Programmes
- Schulprojekte außerhalb des SUSA-Programmes
- Ausarbeitung von Lösungsvorschlägen von „Problem“-Schulen und „Problem“-Kindergärten (Liste Referenzprojekte von MA10 und MA56)
- Berücksichtigung bei allen Neubauten

Glossar

Absorption

Als Absorption bezeichnet man die Umwandlung von Strahlung in Wärme beim Auftreffen auf Oberflächen und beim Durchgang durch transparente oder transluzente Körper. So wird z.B. auf Kollektoren, Fassaden und Möbel auftreffende Sonnenstrahlung absorbiert. Ein Maß für die Absorption ist der Absorptionsgrad. Je dunkler eine Oberfläche ist, desto höher ist der Absorptionsgrad und desto mehr Strahlung wird absorbiert. (baunetz_wissen.de)

Albedo (lat. albus „weiß“)

ist ein Maß für das Rückstrahlvermögen, also die Reflexionsfähigkeit von unterschiedlichen Oberflächen. Sie ist eine Zahl zwischen 0 und 1 (das gesamte einfallende Licht wird reflektiert). Dunklere Oberflächen haben tendenziell eine geringere Reflexionsrate als hellere Oberflächen. Die gespeicherte Hitze erhöht zusätzlich die Oberflächentemperatur dieser Materialien. (UHI-Strategieplan Wien)

Anthropogene Wärme

Die Emission von menschlich produzierter Energie. Man unterscheidet zwischen den Emissionen von Gebäuden, den humanbioklimatologischen Emissionen und den Emissionen des Verkehrs. Diese Faktoren haben einen Einfluss auf die Energiebilanz und die damit verbundene städtische Wärmeinsel.

Bring your own device (BYOD)

BYOD/Bring Your Own Device ist ein Konzept, das Mitarbeiter*innen und Schüler*innen ermöglicht, ihre persönlichen Geräte (Laptops, Netbooks, Tablets, Smartphones, etc.) am Arbeitsplatz oder in der Bildungseinrichtung zu verwenden, um auf Informationen, Applikationen oder Services zuzugreifen. Schulstrategien für BYOD bedingen, dass die Geräte durch die Eltern oder andere Sponsoren gekauft werden. („BYOD Bring Your Own Device - Ein Leitfaden für die Schulleitung“ / European Schoolnet (EUN Partnership AISBL) Brüssel-Belgien)

Fc-Wert

beschreibt den Abminderungsfaktor einer Sonnenschutzvorrichtung. Der Abminderungsfaktor ist ein Zahlenwert zwischen Null und Eins, er steht auch in Abhängigkeit vom verwendeten Glas. Je geringer der Wert, umso größer ist die Abminderung der Sonneneinstrahlung durch den Sonnenschutz. („Sonnenschutz und Stadtbild“ / Ursula Schneider (pos sustainable architecture) / Stadt Wien – Architektur und Stadtgestaltung 2020)

Free Cooling

Free Cooling bezeichnet Kühlung ohne nennenswerten Aufwand an Betriebsenergie. Generell bedeutet das „free cooling“, dass man nicht Kälte mit einer Kältemaschine erzeugt („mechanische Kühlung“), sondern stattdessen kostenlose Kälte aus der Umgebung nutzt – beispielsweise aus der Umgebungsluft oder als kaltes Wasser aus einem Fluss. (energie-lexikon.info)

Glossar

g-Wert

Der Gesamtenergiedurchlassgrad, kurz g-Wert genannt, erfasst die Energiedurchlässigkeit eines transparenten Bauteils, wie etwa einer Verglasung. Er setzt sich zusammen aus der direkt durchgelassenen Sonnenstrahlung und der sekundären Wärmeabgabe, die vom Glas nach innen durch Abstrahlung und Konvektion erfolgt. Ein g-Wert von 1 entspräche einem Energiedurchlass (Wärmegehalt) von 100%. Bei einer modernen Dreifachverglasung liegt der g-Wert bei etwa 0,55. („Leitfaden Gebäudezertifizierung“ - Passivhaus Institut Darmstadt)

Gesamtenergiedurchlassgrad g_{tot}

Für den Nachweis und die Berechnung des sommerlichen Wärmeschutzes wird der Gesamtenergiedurchlassgrad g_{tot} als Produkt aus dem g-Wert des Glases und dem Abminderungsfaktor F_C des gewählten Sonnenschutzes ermittelt. (baunetz_wissen.de)

Gebäudedichtheit n50 / Blower Door-Test

Die Gebäudedichtheit ist Voraussetzung für die effiziente und zuverlässige Funktion der Lüftungsanlage. Die Luftdichtheit von Gebäuden wird mit einem Differenzdrucktest (Blower Door-Test) bestimmt.

Messreihe mit Unterdruck UND Überdruck: gemessen wird der Luftvolumenstrom der sich bei 50 Pascal Druckdifferenz zwischen Umgebung und Gebäudeinnerem einstellt. Teilt man diesen durch das Nettoraumluftvolumen, so ergibt sich die Luftwechselrate n bei 50 Pascal: der n50-Wert („Leitfaden Gebäudezertifizierung“ - Passivhaus Institut Darmstadt)

Hygienischer Luftwechsel

Der hygienische Luftwechsel bezeichnet den Luftaustausch, der aus hygienischen Gründen erfüllt sein muss. Lt. ÖNORM 8110-5 (2019) beträgt dieser in Bildungseinrichtungen: 1,15 1/h, die Raumluft muss also pro Stunde 1,15 Mal ausgetauscht werden.

Luftwechselrate 1/h

Gibt an, wie oft das im Gebäude vorhandene Luftvolumen in einer Stunde ausgetauscht wird. Bei Passivhaus-Wohngebäuden liegt der Wert in der Regel zwischen 0,3 und 0,5 1/h. („Leitfaden Gebäudezertifizierung“ - Passivhaus Institut Darmstadt)

NAT13

bezeichnet die Außentemperatur, die durchschnittlich an nur 13 Tagen pro Jahr überschritten wird für einen Bauplatz bestimmter Seehöhe in einer bestimmten Katastralgemeinde.

Pettenkofer Wert

Wenn ein CO₂-Wert von 0,1% in der Raumluft erreicht ist, gilt die Raumluft als „verbraucht“. Diese Grenze wird als Pettenkofer-Wert bezeichnet. Die Pettenkofer-Grenze ist ein Wert der sich auf die CO₂-Konzentration in der Raumluft bezieht. Wird dieser Wert überschritten, wird die Raumluft schlechter und es kommt zu Ermüdungserscheinungen der Raumnutzer*innen. In Innenräumen gilt der Wert von 1000 ppm (parts per million) als akzeptabel, 1500 ppm sollen an Arbeitsplätzen nicht überschritten werden. Bereits 1858 erkannte Max von Pettenkofer die Bedeutung des an sich ungiftigen menschlichen Atems für die Beurteilung der Raumluftqualität.

Glossar

Reflexionsvermögen/ Reflexionsgrad

Der Reflexionsgrad (ρ) besagt, wie viel Prozent des auf eine Fläche fallenden Lichtstroms zurückgestrahlt werden. Bei Spiegeln kann sich der Reflexionsgrad dem Wert 1 nähern, bei weißen Oberflächen liegt er zwischen 0,7 und 0,85, bei dunklen Oberflächen unter 0,1.
(<https://www.baunetzwissen.de/>)

Reißverschlussystem / Zipscreen

Ein Zipscreen ist eine Senkrechtmarkise mit Reißverschluss.
In der Windstabilität, Baubarkeitsgröße und dem optischen Erscheinungsbild liegen die wesentlichsten Unterschiede zu den üblichen Screens. Der Zipscreen ist in der Seitenschiene mit einem Reißverschluss versehen. Dieser sorgt, wie bei einem Zelteingang, für ein straffes und weniger windanfälligeres Tuch. Ein Zipscreen hält typenabhängig bis zu Windgeschwindigkeiten von 130 km/h stand.
(rollos.de)

SEER Wert

(Seasonal Energy Efficiency Ratio) – gibt die Leistungszahl des Geräts im Kühlbetrieb über die gesamte Kühlperiode an. Er wird berechnet als die Jahreskühlleistung dividiert durch den Jahresenergieverbrauch für den Kühlbetrieb.
(split-klimaanlagen.com)

Sommerbypass/Lüftung

An warmen Sommertagen kann die Erwärmung der Raumluft reduziert werden und einen Kühleffekt durch die kältere Zuluft ermöglichen werden, in dem das Lüftungsgerät mit einem Bypass als Umgehung des Wärmerückgewinnungs-Systems ausgestattet wird. Die kühlere Außenluft wird direkt über den Bypass in die Räume geleitet.

Eine andere Möglichkeit ist, dass die Regelung des Bypass in Abhängigkeit der Außenluft-Temperatur erfolgt. Im Sommer, wenn die Temperaturen hoch sind, wird die Außenluft im Wärmetauscher abgekühlt. Der Bypass öffnet, wenn die Temperatur innerhalb der eingestellten Grenzen liegt.

Thermische Behaglichkeit

Thermische Behaglichkeit ist ein subjektives Empfinden des Körpers und zeigt, ob sich ein Mensch in seiner Umgebung wohl fühlt oder nicht. Wichtig für die Behaglichkeit sind u.a. die Raumlufttemperatur, die Oberflächentemperatur der Bauteile und die Luftgeschwindigkeit.
(„Leitfaden Gebäudezertifizierung“ - Passivhaus Institut Darmstadt)

Glossar

PH Institut

Das Passivhaus Institut (PHI) ist ein unabhängiges Forschungsinstitut zur hocheffizienten Nutzung von Energie bei Gebäuden unter der wissenschaftlichen Leitung von Prof. Dr. Wolfgang Feist mit einem ständig wachsenden, interdisziplinären Team. Insbesondere die Entwicklung des Passivhaus-Konzepts wurde vom PHI maßgeblich gestaltet.
(„Leitfaden Gebäudezertifizierung“ - Passivhaus Institut Darmstadt)

UHI Risk Index

Mit dem UHI Risiko-Index werden lokale Hitzeinseln (Urban Heat Islands – UHI) auf Basis von Indikatoren modelliert. Indikatoren sind Meteorologie (gefühlte Temperatur), Landbedeckung (versiegelte Flächen, Waldflächen, Feuchtgebiete etc.), Siedlungsgebiete (Verschattung durch Gebäude, vertikale Gebäudefläche), Demographie (bevölkerte Fläche).
(ADAPT-Urban Heat Island)

Wärmerückgewinnung

Der Begriff Wärmerückgewinnung (WRG) steht für alle Verfahren, bei denen die thermische Energie eines den Prozess verlassenden Massenstromes erneut nutzbar gemacht wird. Das ist in erster Linie die Nutzung der Wärme der Abluft im Winter zur Erwärmung der Zuluft. WRG gilt als regenerative Energie.
(baunetz_wissen.de)

WK2/RC2

Durch unterschiedliche Angriffsszenarien werden die einbruchhemmenden Eigenschaften von Fenstern und Türen geprüft. Maßgebend sind hier nicht nur die zum Einbruch verwendeten Werkzeuge, sondern auch die Arbeitsweise und Intensität beim Vorgehen eines (potenziellen) Täters.
Der Grad des Widerstands von Türen und Fenstern wird nach DIN EN 1627 über sieben Widerstandsklassen (ehemals WK, heute RC für resistance class) definiert: RC 1 N, RC 2 N, RC 2 bis RC 6, wobei RC 6 für den höchsten Einbruchschutz steht. Die Widerstandsklassen RC 2 bis RC 6 entsprechen der früheren Bezeichnung WK 2 bis WK 6.
(baunetz_wissen.de)

RC2 (WK2)

Einbruchhemmende Elemente dieser Klasse erschweren den Einbruch mit einfachem Werkzeug. Während der manuellen Prüfung entsprechend DIN EN 1627 muss das Element mindestens 3 Minuten lang einem Einbruchversuch standhalten.
(einbruchschutz-fenster.de)

Rechtliche Grundlagen:

- OIB Richtlinien
- Arbeitnehmer Schutz Gesetz
- Normen
- ÖISS Schulbaurichtlinie

Weiterführende Literatur und Links

- „Technologieleitfaden Sonnenschutzsysteme“
Sonnenschutz! voraus Verschattungssysteme und Blendschutz richtig eingesetzt
Márton Varga (e7 Energie Markt Analyse GmbH), Johann Gerstmann (SLS Praun Gerstmann GmbH),
Christoph Kuh, Gerhard Hofer (e7 Energie Markt Analyse GmbH) / MA20 2013
<https://www.wien.gv.at/stadtentwicklung/energie/pdf/leitfaden-sonnenschutz.pdf>
- „Technologieleitfaden Sommerliche Überwärmung“
Vermeidung sommerlicher Überwärmung im Wohnbau
Martin Treberspurg (BOKU), Doris Österreicher (BOKU), Carmen Vicente Inigo (BOKU) / MA20 2017
<https://www.wien.gv.at/stadtentwicklung/energie/pdf/ueberwaermung.pdf>
- „Sonnenschutz und Stadtbild“
Sonnenschutzvarianten für historische Bauten Simulationen zur Innenraumtemperatur
Ursula Schneider (pos sustainable architecture) / Stadt Wien – Architektur und Stadtgestaltung 2020
<https://www.wien.gv.at/stadtentwicklung/architektur/gutachten/pdf/werkstattbericht-sonnenschutz.pdf>
- „Leitfaden Fassadenbegrünung“
MA 22 - Wiener Umweltschutzabteilung Bereich Räumliche Entwicklung und ÖkoKaufWien -
Arbeitsgruppe 25 Grün- und Freiräume
<https://www.wien.gv.at/umweltschutz/raum/fassadenbegruenung.html>
- „komfortlüftung.at – gesund & energieeffizient / Die unabhängige Plattform“ – <http://www.komfortlüftung.at/schulen-kindergaerten/>

Copyright und Haftung

- Auszugsweiser Abdruck ist nur mit Quellenangabe gestattet
- Alle sonstigen Rechte sind ohne schriftliche Zustimmung des Medieninhabers der Energieplanung der Stadt Wien, MA 20 unzulässig
- Es wird darauf verwiesen, dass alle Angaben in dieser Publikation trotz sorgfältiger Bearbeitung ohne Gewähr erfolgen und eine Haftung der MA 20 und der Autor*innen ausgeschlossen ist.
- Rechtausführungen stellen die unverbindliche Meinung der Autor*innen dar und können der Rechtsprechung der unabhängigen Gerichte keinesfalls vorgreifen

Rückmeldungen

- Rückmeldungen zur vorliegenden Publikation übermitteln Sie bitte an post@ma20.wien.gv.at