MINERGIE®



Ökobilanz von Lüftungssystemen

Gianrico Settembrini – Hochschule Luzern, Technik & Architektur

Mit Unterstützung von
energieschweiz
Unser Engagement: unsere Zukunft.

Das ideale Lüftungssystem?





Bild: Warenhaus „Scout“ in Perugia (IT), Foto: G. Settembrini 2020

MINERGIE®

Das ideale Lüftungssystem?
Kriterien für eine lösungsorientierte Architektur

Interaktion

Kultur

Flexibilität

Komfort

Sozialverträglichkeit

Raumprogramm

Städtebau

Lebenszyklus

Wirtschaft

Klima

Ökologie

Innovation

Gesetz

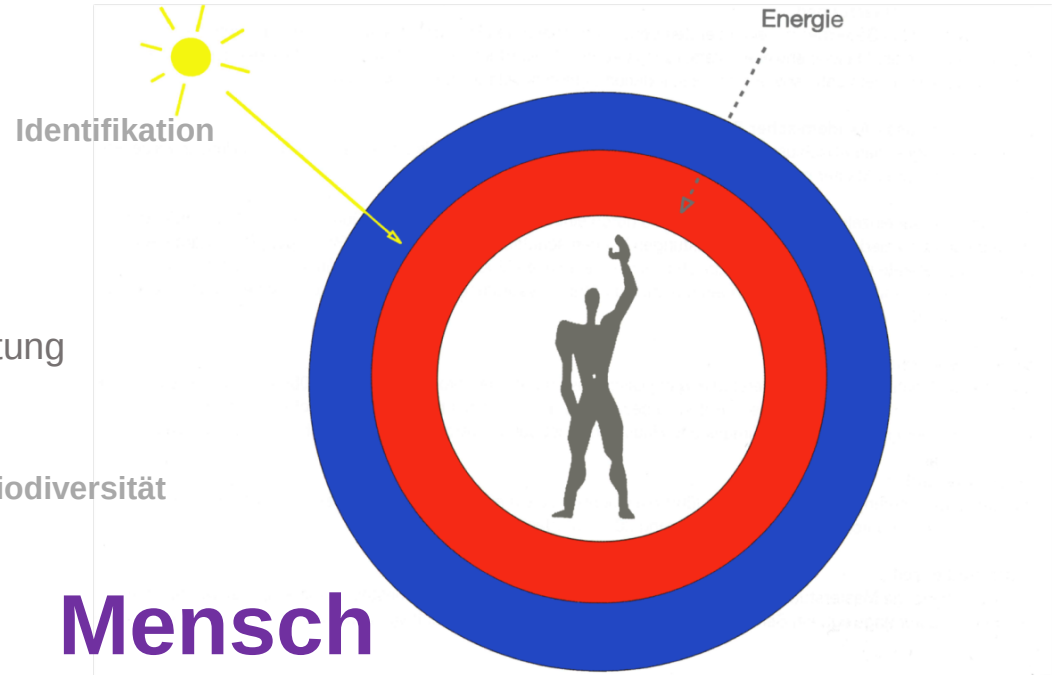
Kreativität



Gesellschaft

Energie

Betrieb
Erstellung
Mobilität



Raumplanung

Interdisziplinarität

Verdichtung

Ästhetik

Zukunftsfähigkeit

Biodiversität

Ressourceneffizienz

Mensch

MINERGIE®

Das ideale Lüftungssystem?
Einflussfaktoren bei der Entscheidungsfindung

«Behagliche Innen- und Freiräume ohne Schadstoffbelastungen und ein sicheres Umfeld tragen zur **sozialen und wirtschaftlichen Stabilität** bei» SIA 112/1 Nachhaltiges Bauen - Hochbau



Nutzerrelevante Parameter

Thermische Behaglichkeit

Raumtemperatur

Sommerlicher Wärmeschutz

Lärm

Akustik

Gesundheit

Benutzerverhalten

Sicherheit

Erwartungshaltung

Luftqualität

Raumluftfeuchte

Ökologie

Betriebs**energie**

Ökonomie

Instandhaltung / Hygiene

Robustheit

Wohnung / Gebäude

Baupraxis

Monitoring

Mensch

technische Parameter

MINERGIE®

Das ideale Lüftungssystem?
Ein Forschungsthema

Aktuelle Untersuchungen am Institut für Gebäudetechnik und Energie Hochschule Luzern – Technik & Architektur:

- **„Systemkennwerte Graue Energie Gebäudetechnik“ *SYGREN***

  Bundesamt für Energie BFE, Amt für Hochbauten Zürich AHB

- **„Gesamtheitlicher Vergleich von Lüftungskonzepten für Wohnungsbauten“**

  Bundesamt für Energie BFE (EnergieSchweiz), Amt für Hochbauten Zürich AHB, Minergie®, Konferenz Kantonaler Energiefachstellen EnFK

- **„Analyse von Low-Tech-Lüftungskonzepten “**

  Bundesamt für Energie BFE (EnergieSchweiz), Amt für Hochbauten Zürich AHB

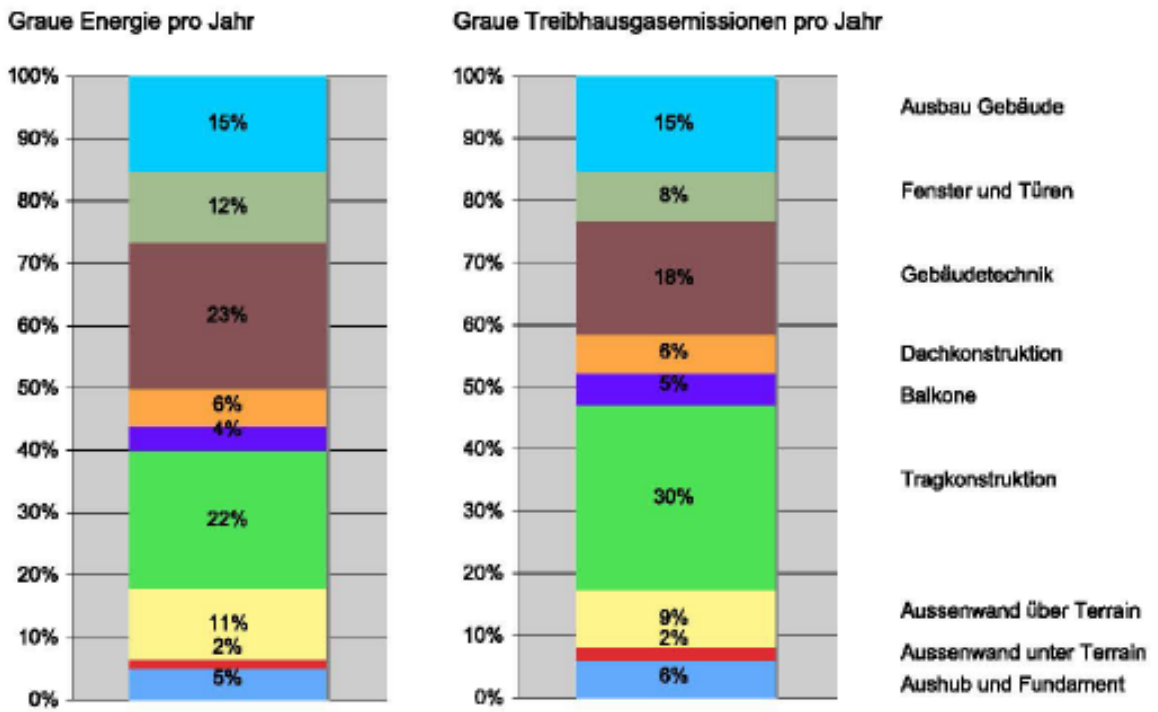
Ökobilanz von Gebäuden
Die Relevanz von Erstellung und Entsorgung

Die Umweltbelastung bei Gebäuden mit niedrigem Energiebedarf wird durch Erstellung und Entsorgung ähnlich stark beeinflusst wie durch die Nutzung selbst

Lalive d'Epinay, A. «Die Umweltverträglichkeit als eine Determinante des architektonischen Entwurfs, 2000

	Primärenergie nicht erneuerbar kWh/m²		Treibhausgas-emissionen kg/m²	
Wohnen	Neubau	Umbau	Neubau	Umbau
Richtwert Erstellung	30	20	9,0	5,0
Richtwert Betrieb	60	70	2,0	5,0
Richtwert Mobilität	30	30	5,0	5,0
Zielwert	120		16,0	15,0
Zusatzanforderung Erstellung + Betrieb	90		11,0	10,0

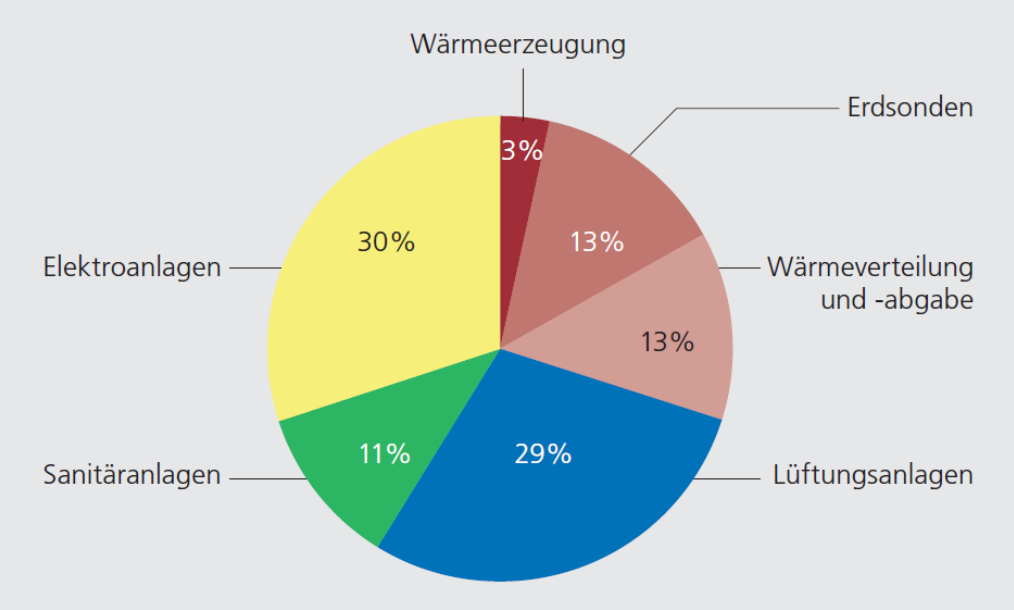
Zielwerte, Zusatzanforderung und orientierende Richtwerte für die Gebäudekategorie Wohnen bei Standardpersonenfläche, bezogen auf ein Jahr und Energiebezugsfläche AE; MB SIA 2040 SIA-Effizienzpfad Energie , 2017



Prozentuale Verteilung der Grauen Energie und der Grauen Treibhausgasemissionen nach Elementgruppen; MB SIA 2032 Graue Energie von Gebäuden , 2010

MINERGIE®

Ökobilanz von Gebäuden
Die Relevanz der Lüftungsanlage



Aufteilung der Grauen Energie der Gebäudetechnik auf die verschiedenen Systeme und Elementgruppen. Durchschnittliche Anteile gemäss Sachbilanzstudien; Gugerli H., Lenel S. et al., Gesund und ökologisch Bauen mit Minergie-Eco, 2015

Gebäudetechniksystem	Graue Energie total [MJ/m²$_{EBF}$]	Mittelwert [MJ/m²$_{EBF}$]	Amortisation gem. SIA 2032 [a][1]	Jährliche Graue Energie [MJ/m²$_{EBF}$]	Anteil an GT
Wärmeerzeugung	9–44	26	20	1.3	3%
Wärmeverteilung u. -abgabe	91–207	149	30	5	13%
Erdsonden	68–341	204	40	5.1	13%
Lüftungsanlagen	130–528	329	30	11	29%
Sanitäranlagen	75–179	127	30	4.2	11%
Elektroanlagen	194–490	342	30	11.4	30%
Total Gebäudetechnik	567–1'789			38	100%

Graue Energie (Herstellung und Entsorgung) von untersuchten Gebäudetechniksystemen. Daten von Klingler et al., Graue Energie von Sanitär- und Elektroanlagen, Sach- und Ökobilanzen von 12 Gebäuden (Wohnen und Büro), BFE, 2011; Ökobilanzdaten für Lüftungs- und Wärmeanlagen. Sach- und Ökobilanzen von 16 Gebäuden (Wohnen, Büro, Schulen und Altersheime), BFE 2014

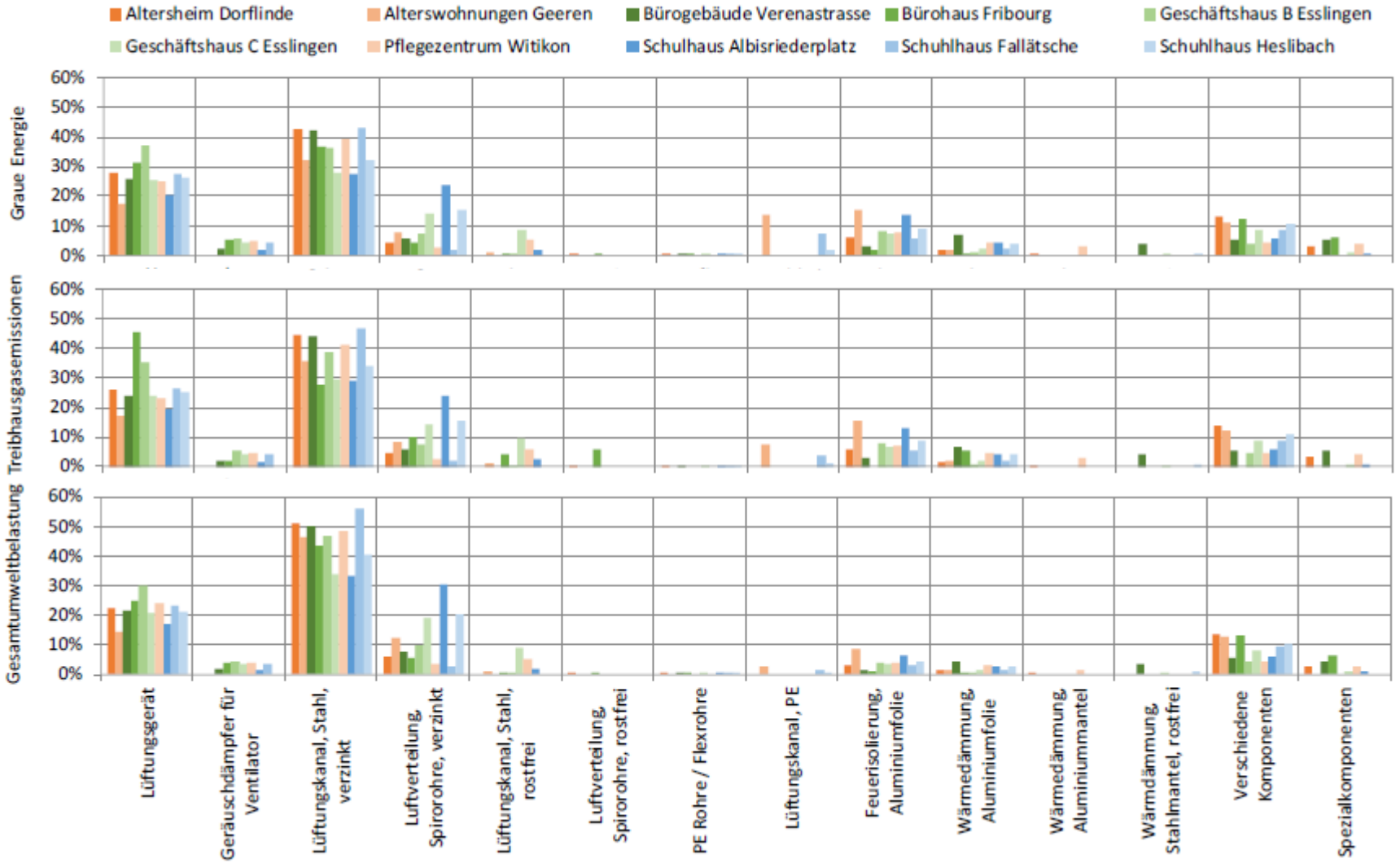
MINERGIE®

Ökobilanz von Lüftungsanlagen
Die Relevanz der Komponenten

10 Beispielgebäude
Anteil an Grauer Energie, Treibhausgasemissionen u. Gesamtumweltbelastung für verschiedene Komponenten der Lüftungsanlagen.

→ Verzinkte Lüftungskanäle **ca. 30-40%**

→ Lüftungsgeräte **ca. 20-30%**



Daten von Klingler et al., Ökobilanzdaten für Lüftungs- und Wärmeanlagen. Sach- und Ökobilanzen von 16 Gebäuden (Wohnen, Büro, Schulen und Altersheime), BFE 2014

MINERGIE®

Ökobilanz von Lüftungsanlagen
Optimierungsspielraum, Auswirkungen und Trade-Offs

Luftleitungen

Die Lüftungsverteilung ist für ca. 50-65% der Grauen Energie, der Treibhausgasemissionen und der Gesamtumweltbelastung der Lüftungsanlagen verantwortlich.

	Graue Energie		Treibhausgasemissionen		Gesamtumweltbelastung	
	Mittelwert	Std. Abw.	Mittelwert	Std. Abw.	Mittelwert	Std. Abw.
Lüftungsverteilung (exkl. Dämmung)	49%	4%	51%	3%	59%	4%
Lüftungsverteilung (inkl. Dämmung)	60%	8%	62%	6%	65%	6%

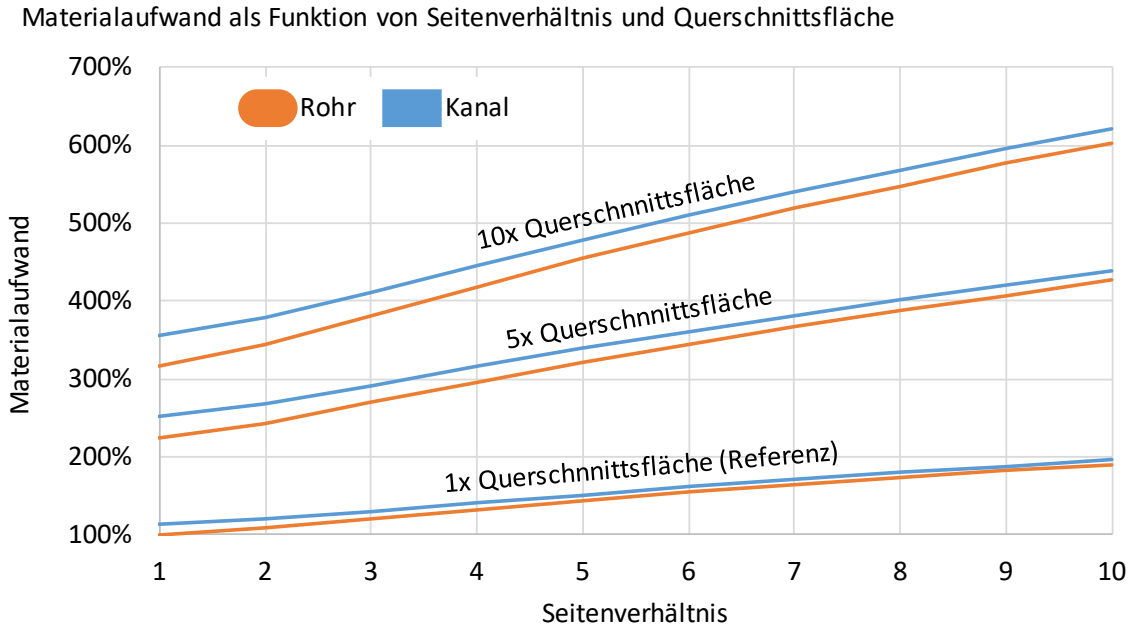
→ Wichtigkeit von Konzepten mit kurzen Leitungen, z.B. Verbundlüfter oder Luftzirkulation über offen Türen (gute Luftzirkulation in allen Räumen auch bei Low-Tech-Ansätzen)

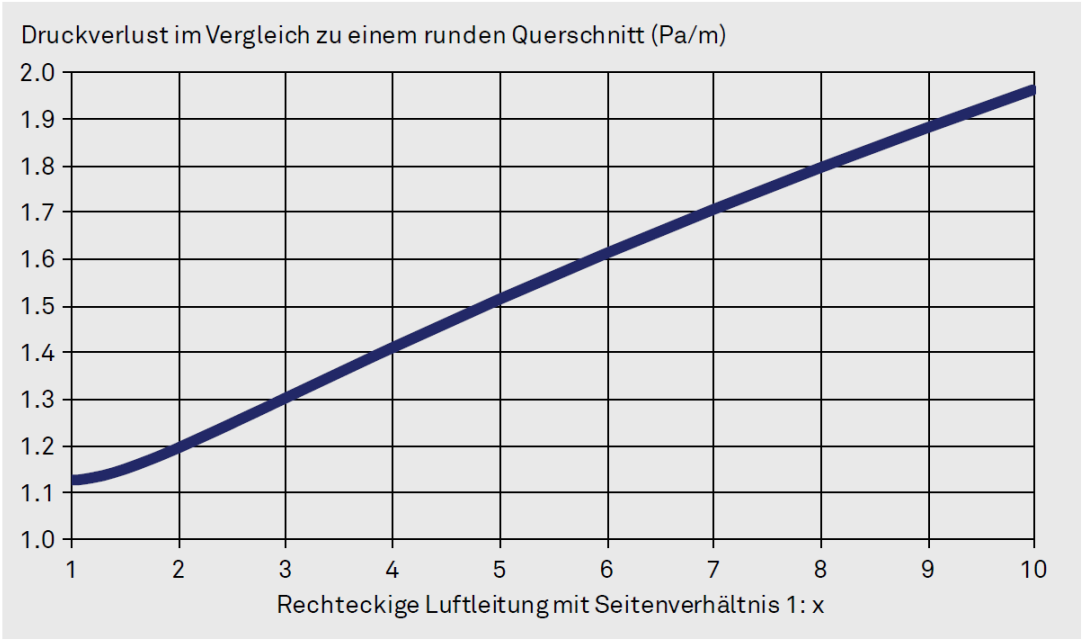
MINERGIE®

Ökobilanz von Lüftungsanlagen
Optimierungsspielraum, Auswirkungen und Trade-Offs

Luftleitungen

Der Zusammenhang zwischen Gesamtlänge, Formgebung und Querschnittsfläche





Ökobilanz von Lüftungsanlagen
Optimierungsspielraum, Auswirkungen und Trade-Offs

Luftleitungen

Der Zusammenhang zwischen Gesamtlänge, Formgebung und Querschnittsfläche

Länge Luftleitungsnetz	Graue Energie Luftleitung	Druckverlust	Betriebsenergie
↘	↘	↘	↘

Seitenverhältnis	Graue Energie Luftleitung	*Graue Energie Betondecke*	Platzbedarf in der Vertikalen	Druckverlust	Betriebsenergie
↘	↘	*Von Konzept und Statik (Beton- und Armierungsanteil) bedingt*	↗	↘	↘

Querschnitts-fläche	Graue Energie Luftleitung	*Graue Energie Betondecke*	Luftgeschw. u. Druckverlust	Betriebsenergie	Behaglichkeit
↘	↘	*Von Konzept und Statik (Beton- und Armierungsanteil) bedingt*	↗	↗	↘

MINERGIE®

Ökobilanz von Lüftungsanlagen
Beispiele für den umfassenden Vergleich von Lüftungssystemen

Variante:	Vorteile	Nachteile
Geräte in Wohnung, AUL / FOL an Fassade	Kurze Leitungslängen dadurch geringe Druckverluste, geringer Aufwand Graue Energie und Investitionskosten	Raumbedarf und Schallemissionen des Gerätes in Wohnung; Wohnungszugang für Wartung nötig; Standort AUL-Fassung u.U. ungünstig bez. Luftqualität / Temperaturen; Gefahr für Kurzschluss zw. FOL und AUL.
Gräte in Wohnung, AUL ab Fassade FOL über Dach	Kurze Leitungslängen für AUL dadurch für diesen Teil geringe Druckverluste, geringer Aufwand Graue Energie und Investitionskosten	Raumbedarf und Schallemissionen des Gerätes in Wohnung; Wohnungszugang für Wartung nötig; Standort AUL-Fassung u.U. ungünstig bez. Luftqualität / Temperaturen; Verrohrung und Steigzone für FOL-Leitungen nötig (Platz, Kosten, Graue Energie); Wärmeverluste durch FOL innerh. therm. Gebäudehülle
In Wohnung, AUL / FOL über Steigzone	Standort AUL-Fassung kann günstig gewählt werden (Wartung, Aussenluftqualität und -temperaturen)	Raumbedarf und Schallemissionen des Gerätes in Wohnung; Wohnungszugang für Wartung nötig; Verrohrung und Steigzone für AUL und FOL-Leitungen nötig (Platz, Kosten, Graue Energie); Wärmeverluste durch FOL innerh. therm. Gebäudehülle; Reduktion WRG durch Wärmeeintrag in AUL in therm. Gebäudehülle
Geräte zentral im UG, ZUL / ABL über Steigzone	Standort AUL-Fassung kann günstig gewählt werden (Wartung, Aussenluftqualität und -temperaturen); Gerätewartung vereinfacht da zentral im UG.	Verrohrung und Steigzone für ZUL und ABL-Leitungen nötig (Platz, Kosten, Graue Energie); AUL / FOL Leitungen im UG erfordelrich (Kosten, Graue Energie). Wärmeverluste durch FOL wenn innerh. therm. Gebäudehülle; leichte Reduktion WRG durch Wärmeeintrag in AUL in therm. Gebäudehülle
Geräte zentral im DG, ZUL / ABL über Steigzone	Standort AUL-Fassung kann (mit Einschräkungen) günstig gewählt werden (Wartung, Aussenluftqualität und -temperaturen); Gerätewartung vereinfacht da zentral (jedoch guter Zugang erforderlich)	Verrohrung und Steigzone für ZUL und ABL-Leitungen nötig (Platz, Kosten, Graue Energie); Geräteabhängig frostsichere Aufstellung des Gerätes erforderlich (ev. baul. Massnahmen nötig); Kurzschluss zw. FOL und AUL muss vermieden werden!

Vor-/Nachteile von Lösungsvarianten zum Aufstellungsstandort der Geräte bei Wohnungsanlagen (provisorisch)
Auszug „Gesamtheitlicher Vergleich von Lüftungskonzepten für Wohnungsbauten“ Primas et al., HSLU, BFE, AHB, EnFK, Minergie®, Zwischenbericht Dez. 2019

MINERGIE®

Ökobilanz von Lüftungsanlagen
Beispiele für den umfassenden Vergleich von Lüftungssystemen

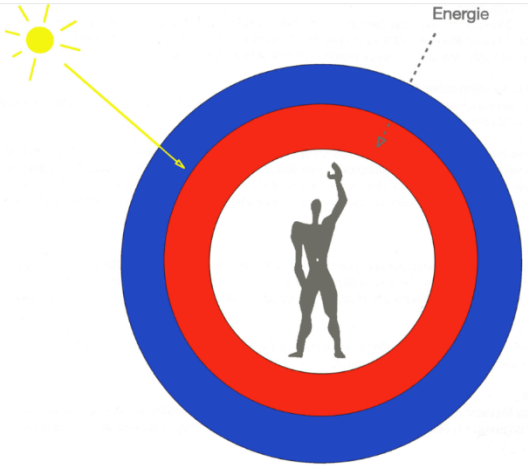
Variante / Einflussfaktor	In Wohnung, AUL / FOL an Fassade	In Wohnung, AUL ab Fassade FOL über Dach	In Wohnung, AUL / FOL über Steigzone	Geräte zentral im UG, ZUL / ABL über Steigzone	Geräte zentral im DG, ZUL / ABL über Steigzone	Kennwert (100%)
Betriebsenergie Strom	60% (tief) Bereich: 50-70%	80% (tief-mittel) Bereich: 70-100%	100% (mittel) Bereich: 90...120%	120% (hoch) Bereich: 100...140%	100% (mittel) Bereich: 90...120%	2 $kWh_{el}/m^2 A_e$
Betriebsenergie Wärme	90% (tief) Bereich: 80-100%	100% (mittel) Bereich: 90...110%	105% (mittel) Bereich: 95...115%	95% (tief-mittel) Bereich: 85-105%	95% (tief-mittel) Bereich: 85-105%	10 $kWh_{th}/m^2 A_e$
Ökologie (Graue Energie Herstellung + Entsorgung ohne Betriebsenergie)	60% (tief) Bereich: 50-70%	80% (tief-mittel) Bereich: 70-100%	100% (mittel) Bereich: 90...120%	120% (hoch) Bereich: 100...140%	100% (mittel) Bereich: 90...120%	120 $MJ_{eq}/m^2 A_e$
Ökonomie; Investitionskosten (excl. Baukosten Schächte, Raumbedarf)	80% (tief-mittel) Bereich: 60-100%	90% (tief-mittel) Bereich: 70-110%	100% (mittel) Bereich: 80...120%	120% (hoch) Bereich: 100...140%	100% (mittel) Bereich: 80...120%	150 $CHF/m^2 A_e$
Gesundheit	ungeeignet wenn AUL an stark belastetem Standort gefasst.	ungeeignet wenn AUL an stark belastetem Standort gefasst.			Kurzschlussgefahr AUL / FOL zu beachten!	
Akustik	Aufstellung in Räumen mit geringer Lärmempfindlichk. L_{WA} gem. prEN 13142:2018 Klasse 1 oder besser	Aufstellung in Räumen mit geringer Lärmempfindlichk. L_{WA} gem. prEN 13142:2018 Klasse 1 oder besser	Aufstellung in Räumen mit geringer Lärmempfindlichk. L_{WA} gem. prEN 13142:2018 Klasse 1 oder besser			
Instandhaltung/Hygiene	Gute Zugänglichkeit für Service zu beachten (Freiraum, Kondensatabl.)	Gute Zugänglichkeit für Service zu beachten (Freiraum, Kondensatabl.)	Gute Zugänglichkeit für Service zu beachten (Freiraum, Kondensatabl.)		Zugänglichkeit für Service ohne Einsatz von PSA zu gewährleisten	

Bewertung von Lösungsvarianten zum Aufstellungsstandort der Geräte bei Wohnungsanlagen (in Bearbeitung)
Auszug „Gesamtheitlicher Vergleich von Lüftungskonzepten für Wohnungsbauten“ Primas et al., HSLU, BFE, AHB, EnFK, Minergie®, Zwischenbericht Dez. 2019

MINERGIE®

Das ideale Lüftungssystem?





Nutzerrelevante Parameter

Thermische Behaglichkeit

Raumtemperatur

Sommerlicher Wärmeschutz

Lärm

Akustik

Gesundheit

Benutzerverhalten

Sicherheit

Erwartungshaltung

Luftqualität

Raumluftfeuchte

Ökologie

Betriebs**energie**

Ökonomie

Instandhaltung / Hygiene

Robustheit

Baupraxis

Wohnung / Gebäude

Monitoring

Mensch

technische Parameter

MINERGIE®

Fragen und Diskussion
Danksagung





Bild rechts:
„Durchzug“ eine Installation von Roman Signer im Bahnhof Aarau, 2016.
© Videostill Simone Morger / Aargauer Zeitung

Finanzierung der verschiedenen Forschungsprojekte

Bundesamt für Energie BFE, Amt für Hochbauten Zürich AHB, Minergie®, Konferenz Kantonaler Energiefachstellen EnFK

Autorenschaft HSLU

Davide Bionda, Silvia Domingo, Ingrid Hincapié, Heinrich Huber, Alex Primas, Gianrico Settembrini, Andrii Zakovorotnyi, Stephan Zuber

Begleitung

Rolf Moser, Heinrich Gugerli, Kathrin Pfäffli, Annick Lalive d’Epinay, Adrian Grossenbacher, Franz Sprecher, Christoph Gmür, Martin Imholz, Robert Minovsky, Robert Witte, Alfonso De Stefani

MINERGIE®

MINERGIE®

Für eine nachhaltige Energiezukunft mit viel Lebensqualität

